



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la
Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL

AUTORES:

Kubiak Katarzyna Monika (ORCID 0000-0002-6095-6448)

Vega Jaime Lidia (ORCID 0000-0002-2559-7291)

ASESOR:

Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto (0000-0002-6559-0334)

LINEA DE INVESTIGACION

Diseño Sísmico y Estructural

CALLAO – PERU

2021

Dedicatoria

El proyecto de tesis va dedicado a mi esposo por su apoyo invaluable y comprensible y a mis hijos por ser la razón de seguir adelante con mi formación profesional y personal.

Katarzyna Monika Kubiak

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a mis padres que apoyaron mi formación profesional con mucha seguridad, a mi esposo y mis hijos por alentarme día a día en el cumplimiento de mis metas y desarrollo personal

Lidia Vega Jaime

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo por habernos permitido fortalecer nuestros conocimientos y así lograr el desarrollo profesionales, también va dedicado al Mg. Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal, por compartir sus saberes y conocimiento, guiándonos a la conclusión de la tesis de investigación, brindándonos siempre seguridad y confianza en nosotras mismas.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| <i>Carátula</i> | 1 |
| <i>Dedicatoria</i> | 2 |
| <i>Agradecimiento</i> | 3 |
| <i>Indice</i> | 4 |
| <i>Índice de tablas</i> | 9 |
| <i>Índice de figuras</i> | 11 |
| <i>Resumen</i> | 13 |
| <i>Abstrac</i> | 14 |
| I. INTRODUCCION | 15 |
| <i>Realidad problematica</i> | 15 |
| <i>Formulación del probema</i> | 16 |
| <i>Problema General</i> | 17 |
| <i>Problema Específico</i> | 18 |
| <i>Justificación</i> | 18 |
| <i>Social</i> | 18 |
| <i>Economico</i> | 19 |
| <i>Técnico - Científico</i> | 19 |
| <i>Objetivo</i> | 19 |
| <i>Objetivo general</i> | 19 |
| <i>Objetivo específico</i> | 20 |
| <i>Hipótesis</i> | 20 |
| <i>Hipótesis General</i> | 20 |
| <i>Hipótesis Específica</i> | 20 |
| II. MARCO TEORICO | 21 |
| <i>Antecedentes Internacionales</i> | 21 |
| <i>Antecedente Nacionales</i> | 25 |
| <i>Antecedentes Locales</i> | 28 |
| <i>Teorías relacionadas al tema de investigación</i> | 28 |
| <i>Variable independiente</i> | 28 |
| <i>Evaluación estructural</i> | 28 |
| <i>Análisis estructural</i> | 28 |
| <i>Análisis mediante modelos matemáticos</i> | 30 |

| | |
|--|----|
| <i>Estático no lineal</i> | 31 |
| <i>Análisis dinámico</i> | 31 |
| <i>Analisis dinamico modal espectral</i> | 31 |
| <i>Variable dependiente</i> | 31 |
| <i>Riesgo</i> | 31 |
| <i>Riesgo sísmico</i> | 32 |
| <i>Riesgo sísmico específico “S”</i> | 32 |
| <i>Peligro sísmico</i> | 34 |
| <i>Peligro sismico probabilistico</i> | 34 |
| <i>Peligro sismico deterministico</i> | 34 |
| <i>La vulnerabilidad en edificios</i> | 35 |
| <i>Vulnerabilidad observada</i> | 35 |
| <i>Vulnerabilidad calculada</i> | 35 |
| <i>Vulnerabilidad estructural</i> | 36 |
| <i>Vulnerabilidad no estructural</i> | 36 |
| <i>Técnica directas</i> | 36 |
| <i>Métodos tipológicos</i> | 36 |
| <i>Métodos mecánicos</i> | 36 |
| <i>Técnica indirectas</i> | 37 |
| <i>Técnicas convencionales</i> | 37 |
| <i>Técnica híbridas</i> | 37 |
| <i>Métodos estadísticos</i> | 38 |
| <i>Métodos mecánicos o analíticos</i> | 38 |
| <i>Métodos basados en juicios de expertos</i> | 38 |
| <i>Métodos empíricos</i> | 39 |
| <i>Métodos analíticos/mecánicos</i> | 39 |
| <i>Métodos híbridos</i> | 39 |
| <i>Matriz de probabilidad de daño DPM</i> | 40 |
| <i>Curvas de vulnerabilidad continua o funciones de vulnerabilidad</i> | 44 |
| <i>Método de índice de vulnerabilidad</i> | 45 |
| <i>El método de mecanismo de daño</i> | 47 |
| <i>Curvas de vulnerabilidad derivadas analíticamente y DPM</i> | 49 |
| <i>Método basados en el espectro de capacidad</i> | 49 |
| <i>Las curvas de capacidad bilineal</i> | 50 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Curvas de fragilidad y estados límite de daño</i> | 51 |
| <i>Métodos basados en códigos de construcción</i> | 52 |
| <i>El desempeño sísmico</i> | 52 |
| <i>Nivel de demanda sísmica</i> | 52 |
| <i>Niveles de daño según VISION 2000</i> | 53 |
| <i>Niveles de desempeño según VISION 2000</i> | 53 |
| III. METODOLOGIA | 54 |
| <i>3.1. Tipo de diseño de investigación</i> | 54 |
| <i>Tipo de investigación</i> | 54 |
| <i>Diseño de investigación</i> | 54 |
| <i>3.2. Variable de operacionalización</i> | 54 |
| <i>Variable independiente</i> | 54 |
| <i>Evaluación Estructural</i> | 54 |
| <i>Variable Dependiente</i> | 54 |
| <i>Vulnerabilidad</i> | 54 |
| <i>3.3. Población, muestra y muestreos</i> | 54 |
| <i>Población General</i> | 54 |
| <i>Población específica</i> | 55 |
| <i>Muestra</i> | 55 |
| <i>3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos</i> | 56 |
| <i>Técnicas de campo</i> | 56 |
| <i>Técnicas de gabinete</i> | 56 |
| <i>3.5. Procedimientos</i> | 56 |
| <i>3.6. Método de análisis de datos</i> | 57 |
| <i>3.7. Aspecto éticos</i> | 57 |
| IV. RESULTADOS | 62 |
| <i>Informe de investigación cuantitativo</i> | 62 |
| <i>Estado Actual del Área de Estudio "Casona Diego Ladrón de Guevara</i> | 62 |
| <i>Referencia histórica</i> | 62 |
| <i>Condiciones físicas actuales de la casona</i> | 63 |
| <i>Materiales Constructivos encontrados en la casona Diego Ladrón de Guevara</i> | 63 |
| <i>Muros de adobe</i> | 63 |
| <i>Ensayos mecánicos realizados a la unidad de adobe</i> | 65 |
| <i>Ensayo de compresion simple</i> | 65 |

| | |
|--|----|
| <i>Ensayo de peso unitario en suelo cohesivos(método de la parafina)</i> | 66 |
| <i>Pilares y columnas de piedras</i> | 67 |
| <i>Ensayo realizado en pilares y columnas de piedra</i> | 68 |
| <i>Pruebas in situ de rebote de martillo</i> | 68 |
| <i>Daños a la infraestructura-Casona Diego Ladrón de Guevara</i> | 69 |
| <i>Daño por desgaste en pilares y columnas de piedra de los pórticos</i> | 69 |
| <i>Fisuras y grietas en muros, grietas diagonales</i> | 69 |
| <i>Grietas verticales en los encuentros de muros</i> | 70 |
| <i>Grietas verticales en el centro superior de los muros largos</i> | 71 |
| <i>Evaluación de índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini)</i> | 71 |
| <i>Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente</i> | 72 |
| <i>Parámetro 2: Calidad del sistema resistente</i> | 73 |
| <i>Parámetro 3: Resistencia convencional</i> | 74 |
| <i>Determinar la resistencia cortante menos favorable</i> | 74 |
| <i>Calcular el peso de la edificación</i> | 75 |
| <i>Calcular el coeficiente sísmico resistente CSR</i> | 75 |
| <i>Calcular el coeficiente sísmico exigido (CSE)</i> | 76 |
| <i>Calcular la demanda de ductilidad con la relación DD</i> | 77 |
| <i>Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación</i> | 77 |
| <i>Parámetro 5: Diafragma horizontales</i> | 78 |
| <i>Parámetro 6: Configuración de planta</i> | 79 |
| <i>Parámetro 7: Configuración en elevación</i> | 80 |
| <i>Parámetro 8: Distancia máxima entre muros</i> | 81 |
| <i>Parámetro 9: Tipo de cubierta</i> | 82 |
| <i>Parámetro 10: Elementos no estructurales</i> | 82 |
| <i>Parámetro 11: Estado de conservación</i> | 83 |
| <i>Cálculo de índice de vulnerabilidad</i> | 83 |
| <i>Análisis sísmico con software DIANA FEA</i> | 84 |
| <i>Propiedades de materiales</i> | 84 |
| <i>Espectro de respuesta para sismo dinámico no lineal(sismo ocasional, raro y muy raro)</i> | 87 |
| <i>Modelamiento de los elementos</i> | 91 |
| <i>Descreptización</i> | 93 |
| <i>Análisis modal</i> | 93 |

| | |
|--|------------|
| <i>Análisis dinámico modal espectral</i> | 96 |
| <i>Determinación de los desplazamientos (Sismo ocasional, raro y muy raro)</i> | 96 |
| <i>Resumen de desplazamientos</i> | 99 |
| <i>Desempeña sísmico de la Casona</i> | 99 |
| V. DISCUSIÓN | 101 |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 103 |
| Referencias Bibliográficas | 106 |
| ANEXOS | 110 |
| <i>Matriz de Operacionalización de proyecto de investigación</i> | |
| <i>Matriz de Consistencia de proyecto de investigación</i> | |
| <i>Autorización de realización de estudios en la Casona Diego Ladrón de Guevara</i> | |
| <i>Plano de Localización y Ubicación de Casona Diego Ladrón de Guevara</i> | |
| <i>Plano de Arquitectura: 1 Planta</i> | |
| <i>Plano de Arquitectura: 2 Planta y elevación.</i> | |
| <i>Plano de Arquitectura: Materiales de Construcción.</i> | |
| <i>Informe Ensayo de resistencia a la compresion simple de bloques de adobe</i> | |
| <i>Informe Ensayos de Rebote con Martillo Schmidt en rocas</i> | |
| <i>Informe de Ensayo de peso unitarios de suelos cohesivos (método de la parafina)</i> | |
| <i>Informe de Estudio de mecanica de suelos con fines de cimentación</i> | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Formato de la matriz de daños propuesto por Whitman.</i> | 41 |
| <i>Tabla 2. Matriz de probabilidad de daños implícita (DPM) de Lagomarsino para la clase de vulnerabilidad A, B.</i> | 41 |
| <i>Tabla 3. Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini para edificios de mampostería no reforzada.</i> | 46 |
| <i>Tabla 4. Intervalos para asignar la clase de vulnerabilidad.</i> | 46 |
| <i>Tabla 5. Índice de vulnerabilidad (I_v), parámetros que lo definen y sus pesos asociados según Vicente.</i> | 48 |
| <i>Tabla 6. Movimientos sísmicos según SEAOC Vision 2000 Committe, 1995.</i> | 53 |
| <i>Tabla 7. Derivas de Piso recomendadas por SEAOC Vision 2000 Committe, 1995.</i> | 53 |
| <i>Tabla 8. Niveles de desempeño según SEAOC Vision 2000 Committe, 1995.</i> | 53 |
| <i>Tabla 9. Matriz De Operacionalizacion de proyecto de investigación.</i> | 58 |
| <i>Tabla 10. Matriz de Consistencia de proyecto de investigación..</i> | 60 |
| <i>Tabla 11. Comparación de los parámetros de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini con la Norma Técnica Peruana E 080, para edificaciones de mampostería de adobe.</i> | 72 |
| <i>Tabla 12. Parámetros de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.</i> | 72 |
| <i>Tabla 13. Verificación del parámetro 1, Tipo y Organización del sistema resistente - Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.</i> | 73 |
| <i>Tabla 14. Verificación del parámetro 2, calidad de los materiales - Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 73 |
| <i>Tabla 15. Hoja de cálculo de área en el eje X - Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 74 |
| <i>Tabla 16. Hoja de cálculo del peso de la edificación – Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 75 |
| <i>Tabla 17. Tabla de determinación de Factor de Suelo(S).</i> | 76 |
| <i>Tabla 18. Tabla de determinación del Factor de Uso (U).</i> | 76 |
| <i>Tabla 19. Tabla de determinación de Coeficiente Sísmico (C).</i> | 77 |
| <i>Tabla 20. Verificación del parámetro 3, Resistencia convencional – Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 77 |
| <i>Tabla 21. Tabla de Influencia Posición del Edificio y Cimentación – Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 78 |
| <i>Tabla 22. Verificación del parámetro 5, Calidad de Diafragmas Horizontales - Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 79 |
| <i>Tabla 23. Medidas de los lados de la edificación y valores de β.</i> | 80 |
| <i>Tabla 24. Tabla de determinación de la Vulnerabilidad en función a los valores de β obtenidos.</i> | 80 |

| | |
|--|-----|
| <i>Tabla 25. Tabla de determinación de la Vulnerabilidad con los valores de $\Delta A / A$ obtenidos.</i> | 81 |
| <i>Tabla 26. Hoja de Cálculo de factor L/S para la Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 81 |
| <i>Tabla 27. Tabla de determinación de la Vulnerabilidad Asignada en función a la relación L/S.</i> | 81 |
| <i>Tabla 28. Tabla de determinación de vulnerabilidad por Material de la cubierta de un edificio – Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 82 |
| <i>Tabla 29. Tabla de validación de elementos no estructurales de la Casona Diego Ladrón Guevara.</i> | 82 |
| <i>Tabla 30. Tabla de validación de Estado de Conservación de la Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 83 |
| <i>Tabla 31. Resultado de Análisis de Vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 84 |
| <i>Tabla 32. Propiedades de los materiales en edificaciones históricas.</i> | 85 |
| <i>Tabla 33. Propiedades lineales de los Materiales.</i> | 85 |
| <i>Tabla 34. El cálculo del espectro para el sismo ocasional según E030.</i> | 88 |
| <i>Tabla 35. El cálculo del espectro para el sismo raro según E030.</i> | 89 |
| <i>Tabla 36. El cálculo del espectro para el sismo muy raro según E030.</i> | 90 |
| <i>Tabla 37. Resumen de los desplazamientos en los ejes X – Y.</i> | 99 |
| <i>Tabla 38. Movimientos sísmicos y sus niveles de desempeño.</i> | 100 |
| <i>Tabla 39. Derivas máximos para diferentes desempeños sísmicos.</i> | 100 |
| <i>Tabla 40. Desempeño sísmico de la casona.</i> | 100 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1. Fotografía de la Casona Diego Ladrón de Guevara como objeto de investigación.</i> | 18 |
| <i>Figura 2. Tipo de fallas e edificaciones de mampostería.</i> | 30 |
| <i>Figura 3. Clasificación de la metodología de evaluación de riesgo sísmico.</i> | 33 |
| <i>Figura 4. Sistematización de aspectos a considerar en la evaluación de riesgo sísmico.</i> | 34 |
| <i>Figura 5. Campos de aplicación de los métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica</i> | 37 |
| <i>Figura 6. Clasificación de las técnicas de la evaluación de la vulnerabilidad según Dolce</i> | 38 |
| <i>Figura 7. Los componentes de la evaluación del riesgo sísmico y las opciones para la evaluación de la vulnerabilidad.</i> | 39 |
| <i>Figura 8. Matriz de tipo de vulnerabilidad según tipología constructiva de EMS-98</i> | 42 |
| <i>Figura 9. Clasificación del daño de EMS-98.</i> | 43 |
| <i>Figura 10. Esquema de definición de función de vulnerabilidad propuesta por Maldonado.</i> | 44 |
| <i>Figura 11. Curvas de fragilidad empírica: (a) iglesias de piedra; (B) iglesias de ladrillos de arcilla.</i> | 45 |
| <i>Figura 12. Distribución de los parámetros del modelo de índice de vulnerabilidad en edificios en tierra.</i> | 47 |
| <i>Figura 13. Abaco de mecanismos de colapso según Chiese.</i> | 48 |
| <i>Figura 14. Componentes del cálculo de vulnerabilidad analítica a través de matrices de probabilidad de daños(adaptado de Dumova – Jovanoska(2004))</i> | 49 |
| <i>Figura 15. Definición de la curva de capacidad: a) relación fuerza - desplazamiento global. b) definición de estados limite / niveles de rendimiento.</i> | 50 |
| <i>Figura 16. Curva de capacidad bilineal derivada de una curva de empuje.</i> | 51 |
| <i>Figura 17. Ejemplo de curvas de fragilidad y estados de daño (adaptado de HAZUS, 1999).</i> | 51 |
| <i>Figura 18. Vista fotográfica Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 55 |
| <i>Figura 19. Fotografía de la Casona Diego Ladrón de Guevara – Vista Frontal.</i> | 55 |
| <i>Figura 20. Ruta de trabajo para el desarrollo de la investigación para la elaboración de tesis.</i> | 56 |
| <i>Figura 21. Plaza de Armas Huamanga-Ayacucho, Casona Diego Ladrón de Guevara ubicado al lado derecho.</i> | 62 |
| <i>Figura 22. Vista aérea del centro histórico de la Huamanga de 1943.</i> | 63 |
| <i>Figura 23. Pieza de adobe extraído de muro y corte realizado a la misma .</i> | 64 |
| <i>Figura 24. Determinación del lugar de obtención de muestras de adobe para ser estudiado.</i> | 64 |
| <i>Figura 25. Unidad de adobe, pequeñas muestras, pesado y las medidas de largo ancho y alto.</i> | 65 |
| <i>Figura 26. Muestras de material de adobe, preparadas para determinar el peso unitario de suelo cohesivo.</i> | 66 |
| <i>Figura 27. Elemento estructural pilares y columna de mampostería de piedra con mortero de cal.</i> | 67 |
| <i>Figura 28 Materiales encontrados en los elementos estructurales, columna de mampostería.</i> | 67 |
| <i>Figura 29. Realización de Prueba Estándar para dureza de roca con Método Martillo Rebote.</i> | 68 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 30. Desgaste en la parte inferior de las columnas y pilares en la Casona Diego Ladrón Guevara.</i> | 69 |
| <i>Figura 31. Grietas de tipo diagonales vista interior y vista exterior, Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 70 |
| <i>Figura 32. Fisuras y grietas en los encuentros de muro (esquinas) Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 70 |
| <i>Figura 33. Grietas verticales en el centro del muro en la Casona Diego Ladrón de Guevara.</i> | 71 |
| <i>Figura 34. Esquema de la planta de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.</i> | 79 |
| <i>Figura 35. Cargas aplicadas en la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.</i> | 87 |
| <i>Figura 36. Espectro de respuesta de pseudo aceleración para sismo ocasional. E 030.</i> | 88 |
| <i>Figura 37. Espectro de respuesta de pseudo aceleración para el sismo raro según E030.</i> | 89 |
| <i>Figura 38. Espectro de respuesta de pseudo aceleración para el sismo muy raro según E030.</i> | 90 |
| <i>Figura 39. Geometría de la casona en SketchUp Pro, vista frontal.</i> | 91 |
| <i>Figura 40. Geometría de la casona en SketchUp Pro, vista posterior.</i> | 91 |
| <i>Figura 41. Geometría de la casona en DIANA FEA, vista frontal.</i> | 92 |
| <i>Figura 42. Geometría de la casona en DIANA FEA, vista posterior.</i> | 92 |
| <i>Figura 43. Asignación de las restricciones de la casona en DIANA FEA, vista posterior.</i> | 93 |
| <i>Figura 44. Aplicación de la malla (descreptización).</i> | 93 |
| <i>Figura 45. Modos de vibración de la estructura, desplazamientos en X.</i> | 94 |
| <i>Figura 46. Modos de vibración de la estructura, desplazamientos en Y.</i> | 95 |
| <i>Figura 47. Desplazamientos en X (Sismo Ocasional).</i> | 96 |
| <i>Figura 48. Desplazamientos en Y (Sismo Ocasional).</i> | 96 |
| <i>Figura 49. Desplazamientos en X (Sismo Raro).</i> | 97 |
| <i>Figura 50. Desplazamientos en Y (Sismo Raro).</i> | 97 |
| <i>Figura 51. Desplazamientos en X (Sismo muy Raro).</i> | 98 |
| <i>Figura 52. Desplazamientos en Y (Sismo muy Raro).</i> | 98 |
| <i>Figura 53. Viga de concreto armado incorporada dentro del muro de mampostería.</i> | 104 |
| <i>Figura 54. Modo de colocación del acero en la grieta en detalle.</i> | 105 |
| <i>Figura 55. Ejemplo de una costura con varillas de acero.</i> | 105 |

Resumen

En la presente investigación **titulada:** *Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho – 2021:*

Se fijó por **objetivo general:** determinar el riesgo sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.

Como **metodología**, se aplicó dos métodos del análisis, primero un método cualitativo italiano de Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, segundo método de Análisis Dinámico Modal Espectral, aplicado en elementos finitos, donde se determinó el desempeño sísmico de la casona. El tipo de metodología aplicada, del nivel: aplicado y diseño: cuasi experimental.

Los **resultados:** se determinó que la Casona Diego Ladrón de Guevara en Ayacucho presenta Índice de Vulnerabilidad de 70%, lo que la clasifica en la vulnerabilidad alta La casona por ser la edificación de tipo de uso esencial debe cumplir con los niveles de desempeño sísmico como totalmente operacional, operacional y seguridad de vida en los escenarios sísmicos de sismo operacional, raro y muy raro donde las derivas que se determinó superan las derivas máximas indicados por la VISION 2000 y NTP - 030 para mampostería, determinando su nivel de desempeños sísmico como bajo.

La investigación demuestra que la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho requiere de un reforzamiento estructural para preservar su valor histórico, cultural y devolverle su funcionalidad.

Palabras claves: Índice de Vulnerabilidad, Análisis Dinámico Modal Espectral, Desempeño Sísmico.

Abstract

In the present investigation **entitled:** *Structural Evaluation to Determine the Seismic Risk of the Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021.*

The **objective** of the study was to determine the vulnerability and seismic performance of the Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho – 2021.

As **methodology**, two methods of analysis were applied, first a Italian qualitative method Vulnerability index of Benedetti and Petrini, second method of Spectral Modal Dynamic Analysis, applied in finite elements, where the seismic performance of the old house was determined. Type of methodology: applied, level: applied and design: quasi-experimental.

The **result:** it was determined that the Casona Diego Ladrón de Guevara in Ayacucho has a vulnerability index of 70%, which classifies it as a high vulnerability. The old house, being an essential use type building, must comply with the levels of seismic performance as fully operational, operational and life safety in the seismic scenarios of operational, rare and very rare earthquakes where the drifts determined exceed the maximum drifts indicated by VISION 200 and NTP E 030 for masonry, determining its seismic performance level as low.

The research shows that the Casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho requires structural reinforcement to preserve its historical and cultural value and restore its functionality.

Keywords: Vulnerability Index, Spectral Modal Dynamic Analysis, Seismic Performance.

I. INTRODUCCION

Realidad problemática

El planeta tierra desde su formación hasta la actualidad ha sufrido múltiples movimientos sísmicos desde intensidades bajas de magnitudes pequeñas; muchas veces no perceptibles por ser humano; hasta intensidades altas o devastadoras de considerable magnitud donde hay liberación de energía originadas por el contacto de las placas tectónicas por fenómeno de subducción, la misma que genera vibraciones que pueden afectar poblaciones enteras con consecuencias catastróficas como pérdidas de vidas humanas, destrucción de infraestructura existente, daños a la naturaleza entre otras. Así mismo se menciona que de “Aproximadamente del 90 % de los sismos ocurridos en el mundo y el 80% de los sismos más fuertes del mundo se originan en la línea del Cinturón de Fuego” (U.S. Geol Survey Earthquakes FAQ, 2015).

El 22/06/2021 a horas 09:54:18 de la noche, ocurrió un sismo de magnitud 6.0 a 32 Km de prof., con ref. 33 km al SO de Mala-Cañete-Lima, int. V-VI, Lat.-12.77 y Long. -76.91. Así mismo el 09/07/2021 a horas 11:07:00 de la mañana, se sintió un sismo de magnitud 5.0, a 89 Km de prof., ref. 14 km N de San Miguel-La Mar-Ayacucho, int. IV, Lat. -12.89 y Long. -73.95, donde se identifica daños a la infraestructura principalmente como el de la Iglesia San Antonio de Padua y la comisaría de Cañete, sur de Lima y daños a la Compañía de bomberos N° 223 en el distrito San Miguel, provincia La Mar – Ayacucho. Uturunco J.y A. Cruzado. (12/7/21 y 9/7/2021) *Reporte Complementario* COEN – INDECI.

Las investigaciones indican que si se liberara la energía sísmica acumulada hace 275 años desde la ocurrencia de gran terremoto de 1746, generaría un sismo cuya magnitud alcanzaría entre 8.5 y 8.8Mw (magnitud momento). Sismo que sería igual al ocurrido el 28 de octubre de ese año; por lo tanto, se estima que esta será de la misma intensidad al ocurrido. (Gestión.pe, 24/06/2021, Párr 3) lo que está relacionado a la teoría del silencio sísmico que se tiene en el Perú.

El Perú a través del tiempo demostró poseer riqueza cultural variada siendo una de las infraestructuras del país las construcciones arquitectónicas coloniales como son las casonas e iglesias, tal así que Ayacucho posee edificaciones históricas cuyas construcciones datan desde el siglo XVI hasta XIX; estos monumentos son una fuente generadoras de

ingresos económicos para la región por ser un atractivo a través del turismo local, regional, nacional e internacional, por la que requiere ser protegido, conservado y preservado en el tiempo tanto arquitectónicamente como estructuralmente siendo tema de estudio e investigación la evaluación a las estructuras y analizar el comportamiento sísmico a fin de determinar el grado de vulnerabilidad de la casona colonial Diego Ladrón de Guevara ante la posibilidad de un sismo de escala moderada mediante métodos cualitativos y cuantitativos.

También en Perú todo tipo de estudio de ingeniería y arquitectura se ciñe al RNE donde se encuentra la NTP E.030: Diseño Sismorresistente, aprobada con la última modificatoria bajo Resolución Ministerial N° 043-2019-VIVIENDA de fecha 11 de febrero de 2019, la que nos apoyará a determinar la zonificación sísmica de la ciudad de Ayacucho, Provincia Huamanga, Departamento de Ayacucho así como recomienda adecuarnos a la ideología y principios de construcciones sismo resistente con objeto de: **Evitar pérdidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y disminuir los daños a la propiedad** para este caso las casonas coloniales.

Formulación del Problema

Perú se encuentra ubicada en el borde occidental de Sudamérica, lugar de mayor ocurrencia sísmica en el mundo. Los sismos que ocurren en el país causan grandes pérdidas humanas y daños significantes en todos los tipos de edificaciones incluyendo patrimonio cultural. Durante siglos XVI – XIX se ha construido gran cantidad de edificaciones coloniales cuales forman partes de la herencia cultural de la nación. Muchos de estos edificios históricos sufrieron daños causados por los sismos.

Unos de los ejemplos de estas construcciones coloniales que sufrieron daños durante el sismo del 15 de agosto del 2007 en Pisco son: Iglesia de Chilca-Cañete, Iglesia de Coayllo-Cañete, Hacienda Arona y Montalván(Capilla, casa, residencia)-Cañete, Hacienda San José, Casa-Chincha, Iglesia del Carmen-Chincha, Iglesia de San Clemente-Pisco, Iglesia de San José-Nazca, Iglesia de San Javier de Ingenio-Nazca, Sitio Arqueológico de Cahuachi-Nazca, Catedral de Ica-Ica, Iglesia de Guadalupe-Ica, Iglesia de Huaytará-Huancavelica, Sitio Arqueológico de Tambo Colorado-Ica, Iglesia de Humay-Ica. Cancino C. (2009)

De igual manera en Ayacucho hay varias de estas construcciones coloniales han sufrido daños estructurales durante sismos: 17 de junio de 1719 - Iglesia de Santa María Magdalena (Siglo XVI), San Juan de Dios (1555), Catedral de Ayacucho (1540), iglesia de Belén (1648). Cconocc D. (2015)

A pesar que estos monumentos históricos en el transcurso de los años han sufrido daños estructurales, siguen siendo expuestos al peligro de daños significantes durante un evento sísmico, en el Perú no se realizó muchos estudios estructurales para determinar el riesgo sísmico.

También los trabajos realizados para la restauración y puesta en valor de las casonas dentro del país no se enfocan en analizar sus estructuras y comportamiento durante un sismo para plantear soluciones viables y establecer plan de trabajo que incluye reforzamiento estructural y de esta manera prever daños significantes durante un sismo.

En los países europeos esta problemática se investiga varios años buscando soluciones y propuestas técnicas en diversos trabajos de investigación, también a través de las convenciones sobre la restauración y conservación de los monumentos históricos donde se formuló diversas cartas de restauración como: Carta de Venecia, Carta de Ámsterdam, Carta de Cracovia, Creación del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Históricos (ICOMOS, 2003).

Teniendo en cuenta esta experiencia es importante elaborar propios criterios sujetos a la realidad peruana, para poder proteger monumentos históricos de manera eficaz y aportar nuevos conocimientos en campo de evaluación estructural de construcciones coloniales como por ejemplo de la Casona Diego Ladrón de Guevara-Ayacucho la que es objeto de estudio en ésta tesis.

Las casonas en Ayacucho han sido construidas durante 3 siglos en diferentes estilos arquitectónicos, con diferentes técnicas de construcción y diferentes materiales. Los materiales principales que conforman su estructura en mampostería con el empleo de adobe, piedra labrada con mortero de cal y piedra no labrada con mortero de barro. Teniendo en cuenta esta variedad de materiales de construcción empleadas en la construcción de las casonas ayacuchanas en la presente tesis se evaluará la Casona Diego Ladrón de Guevara - material principal piedra labrada con mortero de cal y muros de adobe. En la cual se evaluará el desempeño de la estructural ante la ocurrencia de un sismo, ejecutando el análisis estático no lineal y análisis dinámico modal espectral, para ampliar los conocimientos en cuanto a la forma de idealizar la prevención y reforzamiento de la estructural.

Problema general

¿Qué grado de Riesgo sísmico presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara – Ayacucho?

Problemas específicos:

¿Qué patologías presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho?

¿Qué grado de Vulnerabilidad presenta la Casona Diego Ladrón de Guevara?

¿Qué propiedades mecánicas tienen los materiales de construcción empleados en la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y se aproximan los resultados a otros estudios similares?

¿La Casona Diego Ladrón de Guevara cumple con los niveles de desempeño propuestos por VISIÓN 2000 (SEAOC.1995) ante la ocurrencia de un sismo?

Figura 1

Fotografía de la Casona Diego Ladrón de Guevara como objeto de investigación.



Nota: La imagen representa la infraestructura actual de la Casona Diego Ladrón de Guevara, fue construida por orden del obispo del mismo nombre, perteneciente al clérigo - XXV del Virreinato Peruano (1667). *Elaboración propia* (Mayo 2021).

Justificación

Social

Las casonas pertenecen al patrimonio cultural material, cual forma parte de la identidad nacional, es testigo de la historia, arte y cultura peruana, enriqueciendo a la sociedad, dándole sentido de pertenencia y unión colectiva. Según el UNESCO “la idea de patrimonio es darle importancia a la cultura y para el futuro porque ya que constituye una

“potencia cultural” de las familias del contemporáneo, apoya que se revalorice permanente a las culturas e identidades y es el medio importante para trasladar las experiencias, competencias y destreza entre las generaciones. Así mismo, un patrimonio es fuente de muchas inspiraciones para las creatividades y la innovación que originan productos culturales contemporáneos y futuros.”

Económico

En el año 2018 turismo en el Perú genero 4,895 millones de dólares, posicionándolo entre los primeros lugares de los países sudamericanos más visitados (Cuarto). De igual manera en la región de Ayacucho, el turismo genera un gran sustento económico para sus pobladores.

Ayacucho esta conocido como por su centro histórico colonial compuesto por casonas y 33 iglesias, las que le dan un gran atractivo turístico, generando ganancias en sectores de hotelería, gastronomía, artesanía etc. Además, la ciudad esta conocida por fiestas relacionadas a las prácticas religiosas como fiestas de semana santa que atraen una gran cantidad de turistas. Por ende, es muy importante preservar y restaurar su mayor atractivo turístico que son los monumentos históricos.

Técnico - Científico

Teniendo en cuenta que en Ayacucho no se realizó trabajos que investigan el comportamiento sísmico de las edificaciones históricas para evaluar sus estructuras y determinar su vulnerabilidad. La tesis proporcionará la siguiente información evaluando la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, a través de un análisis sísmico efectuado con modelamiento estructural con el software DIANA FEA (Displacement method ANALyser Finite Element Analysis) siendo esto un software versátil para Infraestructuras con elementos de mampostería. Lo que permitirá recomendar algunos métodos de reforzamiento estructural si es el caso.

OBJETIVO

Objetivo general

Determinar el riesgo sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho.

Objetivo Especifico

Identificar patologías y estado de conservación de la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho.

Determinar el grado de vulnerabilidad con el método Italiano del Benedetti y Petrini mediante el Índice de Vulnerabilidad, de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho.

Determinar propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y comparar con valores encontrados en estudios similares.

Realizar el análisis sísmico dinámico espectral con el software DIANA FEA (Displacement method Analyser Finite Element Analysis) para determinar los niveles de desempeño sísmico, propuesto por VISIÓN 2000 (SEAO.1995), de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho.

HIPÓTESIS

Hipótesis General

La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, presenta grado de riesgo sísmico alto.

Hipótesis Específica

La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta en sus estructuras patológicas.

La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta vulnerabilidad alta.

Las propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara son similares a otras edificaciones históricas.

La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho no alcanza los niveles de desempeño sísmico requeridos ante la ocurrencia de un sismo.

II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para obtener un resultado que se ajuste a la realidad de Perú se ha realizado una serie de investigaciones a estudios realizados en diferentes países entre ellos se encuentra Arteaga M, Pio A (2016) donde pretende plantear un diagnóstico profundo estructuras patrimoniales con el:

Objetivo de realizar análisis y evaluar la existencia de deficiencias constructivas aportan la vulnerabilidad de una edificación de adobe ante un sismo, lo que sería igual para ladrillo cocido, cal, piedra y madera, de esta forma busca proponer soluciones de reconstrucción y refuerzo sismo resistente. (p. 4)

Para ello ha empleado la siguiente: **metodología** donde pretende determinar la demanda de ductilidad estructural y así determinar el Índice de Daño mediante la investigación con métodos cualitativos para determinar la vulnerabilidad de edificaciones como: método Cardona y Hurtado. Determinándose *Alta Vulnerabilidad*, índice que corresponde por el estado en el que se encuentra.

Finalmente **concluye** que para un patrimonio arquitectónico, son aspectos de mucha importancia la determinación del índice de daño a través del estudio de la vulnerabilidad sísmica (p. 73).

Así mismo Llopis V. et al., (2016) se encuentra en su investigación que las características estructurales al estilo gótico mediterráneo mostraría suficiente capacidad para resistir ante un sismo, siendo en su estudio:

Objetivo presentar el estudio constructivo y su análisis de estructuras de la catedral gótica en Valencia construida con piedra y cúpulas con ladrillo (p. 2).

Como **metodología** empleada para el estudio fue un análisis de elementos finitos a través del software ANGLE. Un análisis con pushover como ayuda para evaluar la vulnerabilidad en la iglesia. La evaluación de la iglesia se realiza en tres diferentes condiciones: Situación inicial de la catedral es modelo no losa, si

diafragmas, si arbotantes, Modelo no losa, no diafragmas, si arbotantes y modelo no losa, si diafragmas, no arbotantes.

Los **resultados** obtenidos demuestran que la catedral de Valencia, tiene suficientes capacidad de resistencia a un sismo con retorno de 475 años, considerando el estado en que se encuentra los daños producidos llegarías a ser leves, pero para un terremoto con retorno de 950 años, los daños relevantes se concentrarían en el intradós de arcos y abarcan a los diafragmas y arbotantes. (p. 9)

El estudio llega a la **conclusión** el diafragma y los arbotantes son importantes para un comportamiento óptimo de los elementos estructurales de la catedral ante la ocurrencia de un terremoto.

Según Gómez T, (2016) el realizar estudios de carácter estructural en infraestructuras históricas ayudaría a determinar la seguridad del edificio y tomar medidas preventivas antes de la ocurrencia de un sismo, es así que su investigación tiene los siguientes:

Objetivo del trabajo es estudiar el comportamiento estructural de una edificación histórica y su respuesta ante un eventual sismo aplicando el Método Push-over. En el modelo se consideran los elementos constructivos, muros, pilastras, arcos, bóvedas y cúpulas. Partiendo del modelo estructural se evaluará su comportamiento ante cargas gravitatorias y cargas horizontales en sismo. (p. 4)

La **metodología** empleada es análisis sísmico de la Iglesia Arciprestal, con la aplicación de Análisis estructural No-lineal por elementos finitos ANGLE (p. 5).

Obteniéndose los **resultados**: Se determinó que de acuerdo al comportamiento tensional observado para la combinación de cargas gravitatorias y sísmicas se observa daños graves en distintos puntos de la estructura, demostrando la incapacidad del sistema estructural actual de resistir sin sufrir daños irreversibles durante un sismo. (pp. 91-102)

Arribándose a la **conclusión** de que comportamiento de los muros frente a cargas gravitatorias concluye que la respuesta a las tracciones existentes no es buena. En varios puntos la tensión máxima de tracción supera la resistencia a la tracción del material. En cuanto a las respuestas frente a las cargas sísmicas se puede concluir que la estructura no está preparada para los efectos de un sismo. (pp. 105-107)

La investigación realizada por Peña F. y Chávez M. (2015), respecto al comportamiento sísmico de las iglesias coloniales en México indica:

Objetivo de este trabajo es evaluar comportamiento sísmico en iglesias típicas coloniales del centro de México, donde los daños más comunes por acción de un sismo son los que se dan en el plano de la fachada como fisuras diagonales o verticales. (párr. 3)

Metodología se empleó para este análisis dinámico modal no lineal el programa de elementos finitos Abaqus (2012). Y evaluar dos tipos de iglesia con torres de campanario y sin torres de campanario.

Los **resultados** para el modelamiento que incluye las torres, se aprecia que la parte más afectada son las pilastras en los campanarios. Las fuerzas cortantes originadas durante la ocurrencia sísmica generan fisuras y agrietamientos las cuales pueden ser verticales o diagonales sobre todo en las intersecciones muro-torre en el campanario, así mismo si la ocurrencia se diera a lo largo de su longitud en el modelamiento los desplazamientos son parecidos en tres puntos, mientras que si la ocurrencia fuera transversal a la longitud se originan desplazamientos de mayor dimensión en su misma dirección lo que en el modelamiento se aprecia diferencias en el desplazamiento de puntos. (párrs. 15 y 17)

En **conclusión** se pudo ver que para el tipo de iglesia en estudio no llega a ser crítica o de preocupación aquellas fallas generadas fuera del plano de la fachada. Así mismo menciona que hay disminución de movimientos por la presencia de torres que cumplen la función de un contrafuerte lo que se ha podido determinar por el análisis realizado. (párr. 19)

Peña F. et al. (2008) realizan el estudio de Qutb Minar en la India donde explica que los daños ocurridos en esta se debe a los diferentes sismos a lo largo de su existencia donde plantean:

El **objetivo** desarrollado en el estudio es evaluación sísmica del Qutb Minar que es uno de los monumentos más altos de la India, una de las torres como elemento a base de mampostería hecha de piedra más altas del mundo, construida en el siglo XIII.

En la **metodología** empleada se consideraron tres modelos numéricos diferentes para evaluar el comportamiento estructural del minarete. Dos de los modelos utilizan el conocido método de elementos finitos, ambos son modelos

tridimensionales, pero uno utiliza elementos sólidos 3-D (Modelo Sólido) mientras que el otro se realizó con vigas compuestas 3-D (Modelo Beam). El tercer modelo utilizó elementos 2D en el plano basado en el método de elementos rígidos (modelo rígido).

Se realizó dos métodos de análisis: *Primero* análisis de empuje estático no lineal pushover utilizando el modelo Beam y Rigid donde la carga se aplicó con una aceleración creciente en la dirección horizontal con el punto de control en la parte superior de la torre. Segundo análisis dinámico no lineal con el modelo de Elemento Rígido, considerando un modelo de Rayleigh utilizando cinco registros sísmicos compatibles con el espectro de diseño del código sísmico indio.

Resultados: Mediante análisis pushover se determinó que el factor de carga máximo que la estructura puede resistir, depende mucho de la distribución de las fuerzas laterales y la sección de colapso se ubica en la base o en el primer balcón. Además, los materiales no fallan por esfuerzos de compresión. Mediante análisis dinámico no lineal se demostró que para los cinco registros, los niveles 4 y 5 de la torre son los más vulnerables, como también los desplazamientos son máximos en la parte superior que varían de 0,35 a 0,65 m, mientras que la deriva máxima varía del 2,5 al 6%.

Conclusión: Se ha demostrado que resultados de los análisis dinámicos no lineales se pueden considerar más representativo del comportamiento sísmico real de la torre, ya que el daño histórico por terremotos ha sido concentrado en los últimos niveles. En este contexto, es posible concluir que la parte más vulnerable del Qutb Minar son los dos pisos superiores.

De la misma forma Cennamo C. y Di fiore M. (2013), quienes en su estudio consideran lo siguiente como:

El **objetivo** del artículo es determinar la vulnerabilidad sísmica de la iglesia Sant' Agostino cual sufrido daños que provocaron su inaccesibilidad tras el terremoto del 6 de abril de 2009.

Metodología: Se consideró dos enfoques de evaluación cualitativo y cuantitativo. El método cualitativo está basado en los índices que causan daño, determinados a través de la realización de encuesta con objetivo de identificar los mecanismos que conllevan a colapso, cuales podrían iniciarse potencialmente, así como la cuantificación del nivel de daño con la finalidad de obtener un índice que representativo. Los mecanismos para ocurrencia del daño, dependen de formas

constructivas y tipológicas que tienen un papel clave en la respuesta sísmica estructural; indicadores de vulnerabilidad y salvaguardias sísmicas se consideraron especialmente, con el fin de definir un índice a la vulnerabilidad, este modelo propuesto se rige en una estadística, elaboración de los daños sufridos por edificaciones similares durante terremotos importantes de Italia. Método cuantitativo realizado a través de un modelo numérico de elementos finitos.

Resultados: Se determinó los 28 mecanismos de daño como: daños en las paredes laterales al atrio, la que traiciona a un vuelco de la fachada; fallas que muestran el vuelco del ábside (bóvedas) y el destacamento del presbiterio de la sala. Los deterioros en las bóvedas de las dos capillas mayores y contrafuertes muy rígidos; La caída de la linterna, los severos daños en la torre y campanario llegándose a determinar el índice de vulnerabilidad de $I_v = 0.29$.

Conclusión la mayoría de modelo empleado o seleccionado para el análisis de mecanismos de falla, ayudan a entender con certeza los hallazgos encontrados en el estudio.

ANTECEDENTES NACIONALES

Chate A. (2015), realiza el estudio sobre la vulnerabilidad de la iglesia San Juan B. de Acobamba-Huancavelica, menciona lo siguiente:

Objetivo determinar el grado de vulnerabilidad a la ocurrencia de un sismo del patrimonio histórico del país, donde se busca obtener esfuerzos y deformaciones del monumento, medir su resistencia y advertir la posibilidad de impactos al medio ambiente, daños no considerados y establecer medidas y planteamientos de un posible reforzamiento a la estructura.

Metodología planteada en la investigación es el empleo del método descriptivo y científico utilizando modelo dinámico estructural de la iglesia con el software SAP2000.

Resultados de la investigación demuestran que los desplazamientos según la norma RNE E-030 en la estructura principal no cumplen en la torre de campanario son excesivos. Así mismo los análisis demuestran que no hay transferencia de fuerzas sísmicas de las bóvedas y arcos hacia los muros lo que se a que los materiales empleados en la construcción no tienen resistencia a los esfuerzos de tracción y cortante.

El Trabajo **concluye** que partes de la iglesia requieren reforzamientos como: los muros con la viga collar de geomalla. Los campanarios con elementos de concreto armado.

Oliva F. (2019), realiza los estudios en la ciudad de Cajamarca considerando como objeto de estudio la Iglesia San José donde plantea lo siguiente:

Objetivo es evaluar la vulnerabilidad a la ocurrencia de un sismo que se pudiera determinar con el estudio de la iglesia San José, determinando la densidad de muros, esfuerzo cortante en los muros.

Metodología consiste de ensayos de la unidad de adobe extraída de la iglesia para determinar su resistencia a la compresión y peso específico, datos que permiten calcular densidad de muros, verificar esfuerzo cortante de muros y verificar la estabilidad de muros al volteo. Estos datos están utilizados para calculará: la vulnerabilidad estructural con el método Mosqueira y Tarque del 2005, donde se considera la incidencia de la densidad de muros en un 60%, como en la calidad del estado actual en un 30 % y en la estabilidad de muros un 10%.

Resultados de la investigación demuestran que el resultado obtenido de la densidad de muro no cumple con lo establecido en la NTP E.080, los esfuerzos cortantes de los muros superan esfuerzos admisibles, el resultado del análisis a la estabilidad de muros ante el volteo demuestra que son inestables.

Conclusión, determinó que la Iglesia San José tiene vulnerabilidad alta a la ocurrencia de un sismo.

Otro de los estudios viene a ser lo realizado por Briceño C. (2016), a la Iglesia San Pedro Apóstol donde considera lo siguiente:

Objetivo establecer procedimientos que permitan realizar la evaluación sísmica en las construcciones patrimoniales con muros de adobe haciendo uso la aplicación de la termografía infrarroja pasiva así como el análisis estático no lineal de los modelamientos de elementos finitos bidimensionales con el objeto de realizar el diagnóstico y análisis estructural.

Metodología aplicada es la termografía infrarroja para determinar las grietas en los muros y para análisis sísmico se realizó mediante el empleo del modelamiento de elementos finitos con software DIANA(2015) y ABAQUS/CAE(2015).

Resultados obtenidos dan que los agrietamientos repetitivos y la capacidad lateral se ven afectados por la geometría del modelo, se detectó grietas con una distribución dispersa y adobe reparados, mampostería de piedras mayores de fundaciones.

Concluye al realizar estudios de edificaciones consideradas patrimoniales requiere de trabajos de investigación precisas que apoyarán en la determinación de los resultados durante el modelamiento como se concluye que el software Abaqus obtiene respuestas más explícitas mientras que en el Diana los resultados se obtiene con mucha rapidez.

Vendaño C. (2017), realiza el estudio en la Catedral de la Ciudad de Tacna del cual plantea lo siguiente:

Objetivo de la investigación es efectuar el análisis estructural del objeto de estudio como es la Catedral de Tacna, observándose a más detalle en la zona con mayor vulnerabilidad como viene a ser la cúpula central de la catedral y evaluar su capacidad de resistencia y rigidez sísmica, haciendo una compilación de las tipologías de reforzamiento de patrimonios históricos como iglesia, empleadas en Perú y a nivel mundial, a fin de que sean de referencia para la elección de técnica de más apropiada para la muestra elegida.

Metodología consiste en realizar el análisis sísmico y estructural con el software SAP 2000 (V. 19.1), empleado el análisis de elementos finitos de la estructura hecho de Concreto Armado.

Resultados obtenidos indican que en la cúpula de la torre los esfuerzos que soportara el concreto superan la resistencia al concreto, por ende, este sufrirá el aplastamiento y fallara paulatinamente con el sismo especificado en la norma E-030. Como solución al problema se aplica reforzamiento de la copula con malla GEOSTEEL G2000 que permite de forma considerable disminución de los esfuerzos.

Finalmente llega a la **conclusión**, la cúpula fallará cuando sea sometido a un sismo severo y se puede aplicar un reforzamiento a través de mallas, de fabricación italiana GEOSTELL 2000.

ANTECEDENTES LOCALES

Valdez M. (2021), realiza el estudio en la Iglesia San Cristóbal de Ayacucho del cual plantea lo siguiente:

Objetivo, determinar el desempeño sísmico de la iglesia, para determinar niveles de daños y vulnerabilidad sísmica

Metodología consiste en realizar el análisis sísmico estático no lineal y dinámico espectral modal en el programa de elementos finos DIANA FEA.

Resultados Se analizó iglesia en estado actual y con refuerzos donde se obtiene siguientes desplazamientos. Modelo si esfuerzo: en el análisis modal espectral $X = 0.16$ m $Y = 17$ m, modelo con esfuerzo: en el análisis modal espectral $X = 0.122$ m $Y = 0.14$ m. Modelo si esfuerzo: en el estático no lineal $X = 0.04$ m $Y = 0.05$ m, modelo con esfuerzo: en el análisis modal espectral $X = 0.04$ m $Y = 0.024$ m.

Finalmente llega a la **conclusión**, los desplazamientos laterales de la iglesia son mayores que derivas máximas de la norma E.030. Los esfuerzos en los muros superan los valores máximos indicados en la norma E.080.

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

VARIABLE INDEPENDIENTE

Evaluación estructural se basa principalmente en recabar datos históricos y realizar análisis cualitativos que está referido a la forma de observar directamente el daño o falla estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo necesita de ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura. (ICOMOS, 2003)

Para poder evaluar cómo se comporta una estructura existente ante la ocurrencia de un sismo, es necesario hacer un análisis estructural.

Análisis estructural es la agrupación de métodos y técnicas que apoyan y permiten evaluar, como primer punto, la viabilidad de estructuras diseñadas y como segundo punto la obtención de un grado de satisfacción de los criterios diseñados. Es en ese sentido más específico y clásico, por lo que el análisis de estructuras se encarga de validar del comportamiento mecánico de las estructuras, durante las diferentes etapas que estas atraviesan.

En la actualidad muchos países que tienen infraestructura histórica principalmente construcciones con mampostería buscan la forma de conservarla y proteger ante la ocurrencia de sismos para lo cual tienen un grupo de investigadores a fin de elaborar diferentes modelos de análisis a la estructura. Es así que se hace imprescindible el empleo de herramientas (aplicativos o Software) para obtener una evaluación a la ocurrencia de un sismo mucho más precisa y ver de esta forma clara su comportamiento estructural, encontrar mecanismos de fallas críticas. (Orduña A. et al, 2007)

Evaluación Estructural permite definir como la estructura se comportará durante un sismo moderado, permitiendo conocer los desplazamientos, deformaciones y esfuerzos. Se la determina mediante análisis con modelos matemáticos y reconociendo patologías de la estructura. Para poder realizar el análisis estructural es necesario conocer comportamiento mecánico de los materiales.

Del mismo modo, existe una diferencia sustancial entre una edificación antigua de mampostería frente a una estructura moderna, debido a que el diseño, la estructuración y los materiales son diferentes, por ello que los procedimientos empleados son específicos al tipo de estructura para desarrollar estudios de tipo analíticos.

En la actualidad se cuenta con múltiples formas digitales teóricas y prácticas con técnicas de apoyo y realizar los análisis de gran precisión para modelar numéricamente el comportamiento de una estructura compleja, realizar un análisis estructural de edificaciones históricas de mampostería viene siendo un desafío debido a que una estructura de mampostería es la composición de materiales de valores de resistencias a la compresión altos y no resistiendo a tensiones lo que perjudica se proponga modelos que reproduzcan correctamente este tipo de comportamiento (Orduña A. et al., 2007).

En un análisis de la estructura, se busca la información necesaria mediante la recopilación de todos los datos como estado actual de la estructura, tipo de las remodelaciones, daños ocasionados en la estructura, también será útil para encontrar registros antiguos que informan sobre los terremotos en la región. Además, las estructuras de mampostería que soportan cargas frecuente mente se encuentran en el mal estado de conservación, debido a la mala calidad de la mano de obra y los materiales, modificaciones posteriores y envejecimiento de los materiales constructivos. (Ahmad S. et al, 2014)

Como lo menciona Talaverano R, (2018), para un análisis adecuado de las edificaciones históricas es necesario desarrollar las siguientes fases: análisis histórico –

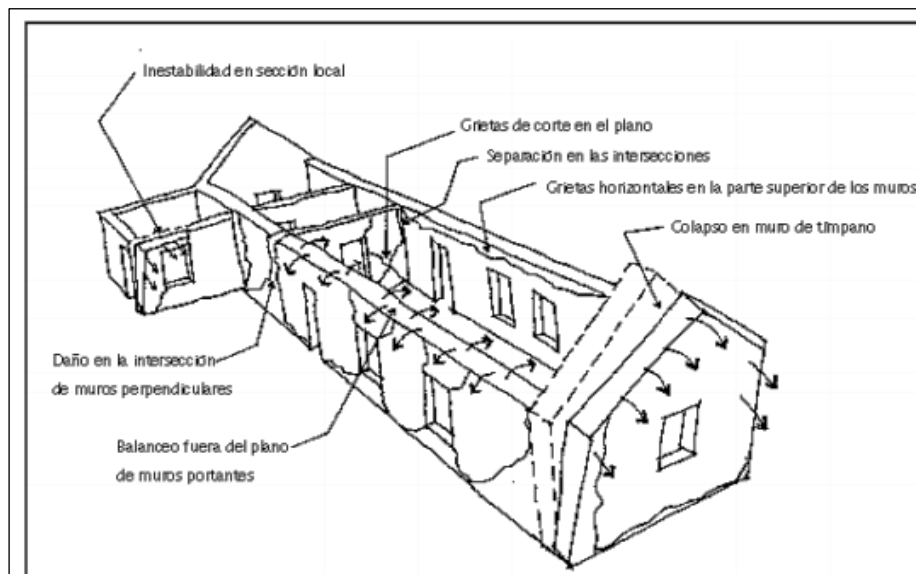
constructivo, determinar daños en la estructura, interpretar evolución histórica, cálculo estructural, lo que concluirá en un diagnóstico integral.

La primera etapa de investigación ha consistido en la evaluación ocular de la casona para determinar tipología de las fallas. Teniendo en cuenta que el adobe es un material de poca resistencia mediante acciones de un sismo.

Las construcciones de adobe en los muros se fisuran con facilidad ello debido a las acciones de sismos que en las mayoría de los casos son normales a su plano.

Figura 2

Tipo de fallas en edificaciones de mampostería



Nota: La imagen representa las consideraciones para una evaluación como fisuras, grietas, fallas por tracción, fallas por flexión, fallas por corte y fallas por volteo, la que fue extraída de *The Getty Conservation Institute*. Leroy E, et al (2015)

Análisis mediante modelos matemáticos los que son usados frecuentemente para obtener resultados numéricos producto del empleo de algoritmos de cálculo o modelos matemáticos cuyos resultados muchas veces no pueden reflejar en la realidad la estructura se va a comportar tal y como lo determinan estos. Claro está que el interesado en obtener este tipo de información tiene que recabar estos datos y proporcionados para el análisis, sin embargo solo son descripciones numéricas de la situación del problema a resolver y que servirá de ayuda para toma de decisiones para la intervención y solución propuesta. En la actualidad existen muchos modelos matemáticos para el cálculo de estructuras que responden a determinados parámetros y condiciones.

(Orduña A et al, 2007) propone tres métodos del análisis para las edificaciones históricas de mampostería: El Método de los Elementos Finitos (MEF) no lineal, El Método de los Elementos Rígidos (MER) y el Análisis Límite con Bloques Rígidos (ALBR).

Por ende, en el presente trabajo se efectuó los siguientes: **Análisis dinámico modal lineal** para definir los desplazamientos, deformaciones y modos de vibración de la estructura y evaluar si cumplen con las N. T. P. E 030 y E 080.

Estático no lineal basada en la hipótesis de que el comportamiento de la estructura no lineal en relación esfuerzo – deformación, sucede por la no linealidad provocada por el comportamiento del material, los grandes desplazamientos y las condiciones de contacto. El empleo de este método se sustenta en que facilita la comparación de los espectros de demanda con los espectros de diseño, el que en la intercepción se puede determinar el punto de desempeño estructural. Claro que esta forma sirva solo para definir la posibilidad del daño que podría originar sino hasta lo máximo que se pueda exigir a la estructura, por lo que es importante realizar el estudio detallado de la edificación a evaluar como las posibles fallas, los mecanismos de daño, fragilidades y puntos donde acumula posiblemente energía y claro el comportamiento torsional.

En el **análisis dinámico** se aprecia que con el tiempo tienden a variar las cargas las que originan las fuerzas inerciales y/o de amortiguamiento significativo, y estas pueden asegurar el análisis dinámico. Las cargas dinámicas cambian con el tiempo y en muchos casos inducen fuerzas inerciales y de amortiguación considerables que no pueden ser descuidadas.

El análisis dinámico modal espectral se basa en el estudio de los modos de vibración de un sistema, comúnmente conocido como análisis modal, consiguiéndose período y la forma de cada modo la misma que viene ser la relación de amplitud de desplazamiento de los distintos grados de libertad. Este método modal espectral es de común uso para el cálculo de las cargas sísmicas, puesto que los espectros sísmicos son fácilmente generalizables y normalizarles.

VARIABLE DEPENDIENTE

Riesgo: está dada por el resultado a una exposición ante un peligro donde existe un espacio con grado de vulnerabilidad a la ocurrencia de un accidente o un sismo, generando pérdidas de vidas humanas, heridos, pérdidas materiales, generando el estancamiento del movimiento económico a causa de cierto fenómeno natural. Por lo tanto, el riesgo está en

función de la peligrosidad, vulnerabilidad y de los elementos amenazados (Perepérez B., 2014)

El riesgo sísmico de las edificaciones depende directamente del conjunto del peligro sísmico del sitio y la vulnerabilidad estructural. Significa que la evaluación del riesgo sísmico de una edificación o grupo de edificaciones ubicadas en una zona de peligro sísmico permite indicar el nivel de daño estructural que podría resultar por la acción de un terremoto, dependiendo del nivel de vulnerabilidad de la estructura. Analizando lo anterior, en general, Cabe señalar que el riesgo sísmico de los edificios puede evaluarse satisfactoriamente teniendo en cuenta el riesgo sísmico del sitio y la vulnerabilidad de la estructura. Mena (2002 como se citó en Preciado et al., 2015)

Guillen F, (2016) Define el Riesgo Específico “S” y Riesgo Sísmico “R”, donde: **Riesgo sísmico específico “S”** que es una consolidación entre: las probabilidades de ocurrencia de todas las posibles intensidades de los terremotos o peligrosidad sísmica “H” y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras “V”.

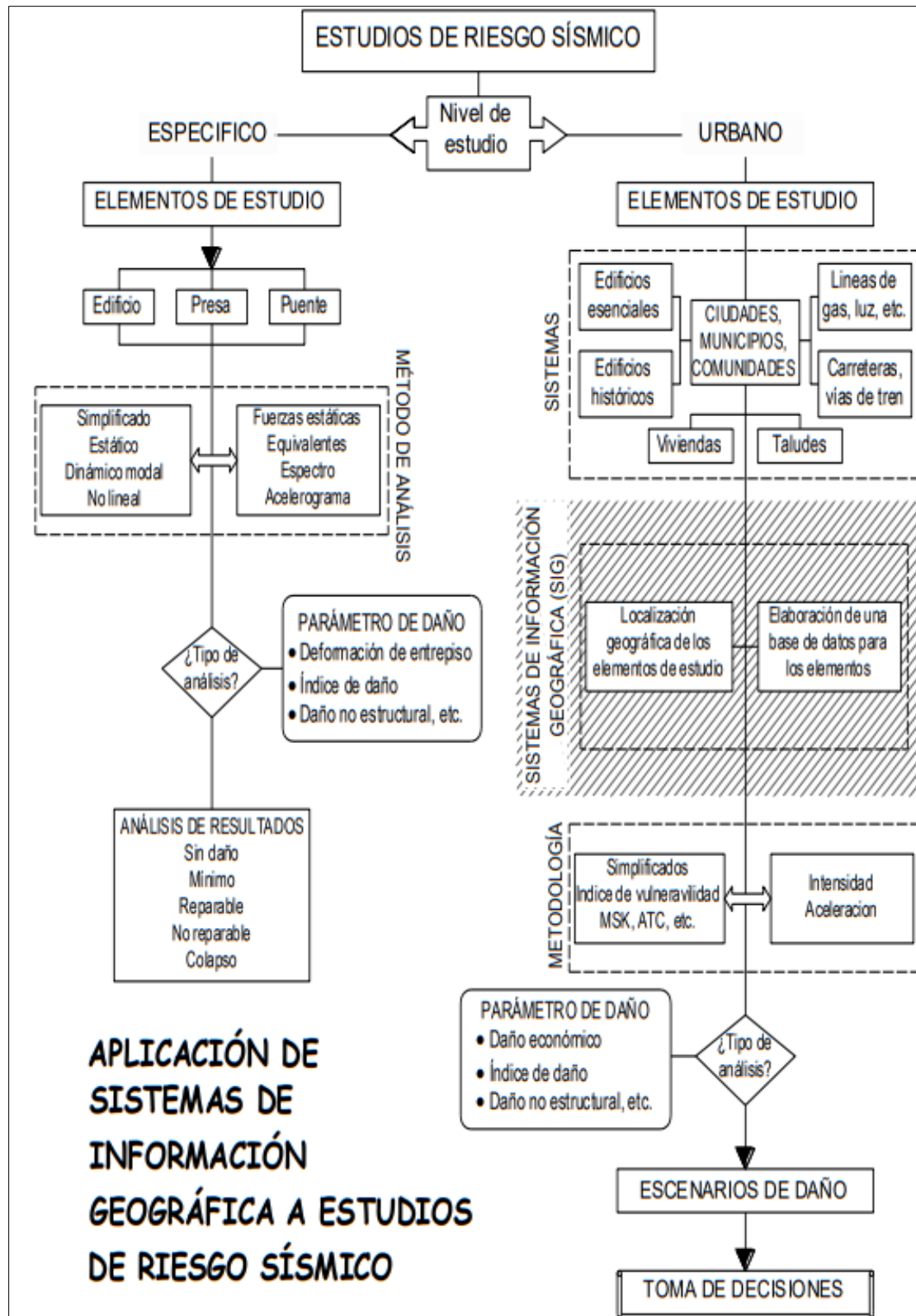
$$S = H \otimes V$$

Mientras el Riesgo sísmico “R” que es una consolidación entre: el valor de riesgo específico “S” y el valor económico de los elementos en riesgo “E”.

$$R = S \otimes E$$

Figura 3

Clasificación de la metodología de evaluación de riesgo sísmico.

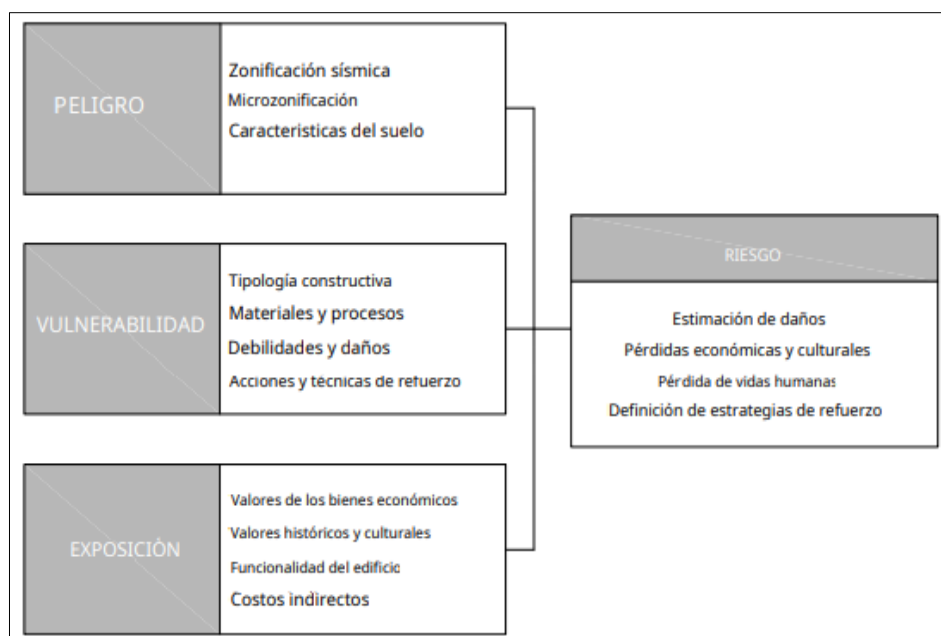


Nota: La imagen representa la integración de un conjunto de herramientas informáticas para la captura, almacenamiento, transformación, análisis, gestión y edita de datos geográficos, por Guillen F, 2016, Congreso Internacional De Ingeniería, Ciencias Aeronáuticas y Arquiforo.USMP- VISION 2016.

(Vicente R, 2008), define los aspectos que se debe considerar para los tres elementos de riesgo sísmico que son: peligro, vulnerabilidad y exposición (Figura 4)

Figura 4

Sistematización de aspectos a considerar en la evaluación de riesgo sísmico



Nota: Imagen extraída de Tese Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra, por R. Vicente, 2008, Universidad de Aveiro.

Peligro sísmico: es la probabilidad de que ocurre un movimiento del suelo causado por un sismo en un determinado periodo de tiempo. El nivel de peligro sísmico de una determinada zona depende de su proximidad a una fuente sísmica de la magnitud suficiente para generar intensidades sísmicas significativas en la zona en estudio. (Preciado et al, 2015)

Existen dos enfoques para determinar peligro sísmico:

Probabilístico: Se basa en determinar todos los parámetros que permiten caracterizar la velocidad a la que ocurren los terremotos y niveles particulares de movimientos del suelo.

Este parámetro se deduce a partir de la información existente de la zona estudiada y con ellas se obtiene las funciones de probabilidad de la recurrencia de los fenómenos sísmicos. (Benito B et al, 1999)

Deterministas: Considera cada fuente sísmica por separado y determina la ocurrencia de un terremoto de tamaño específico en una ubicación específica” Preciado et al, (2015). Basando se en el principio que los sismos que ocurrían en

futuro tendrán características parecidas a los del pasado y son definidos con los límites superiores de los sismos pasados. (Benito B et al, 1999)

La vulnerabilidad en edificios: es el componente para determinar el riesgo sísmico y está definida por diferentes investigadores de siguientes maneras: “La vulnerabilidad es una propiedad o característica intrínseca de los edificios, dependiendo de la forma en que fueron diseñados y ejecutados e independiente de la peligrosidad del lugar donde se ubican estos edificios.” (Vicente R, 2008)

Como lo menciona (Caicedo et al, 1994) comportamiento estructural se diferente para distintos tipos de edificaciones, por ende cada estructura tiene su propia función de vulnerabilidad y la metodología para determinarla debe ser adecuada para dicha estructura. Hipotéticamente se puede evaluar la vulnerabilidad en todos tipos de estructura afectadas por un sismo.

“La vulnerabilidad sísmica es una medida que permite clasificar a las estructuras de acuerdo con sus características y calidad estructural, dentro de un rango de nada vulnerable a muy vulnerable, ante la acción de un sismo.” (Maldonado E. et al, 2009)

(Calvi, 2006,) define que el objetivo de una evaluación de vulnerabilidad es obtener la probabilidad de un nivel dado de daño a un tipo de edificio dado debido a un escenario de terremoto.

Por otro lado, Herrera et al. (2013) señala que para determinar la vulnerabilidad en un edificio se debe emplear no solo aspectos estructurales, pero también no estructurales, funcionales y operativos.

Diferentes autores definen distintas metodologías para calcificación de la vulnerabilidad en las estructuras, tomando en cuenta tipos de análisis, tipologías constructivas, tamaño de muestra del estudio.

Según Herrera et al. (2013) estas clasificaciones dependen de “(...) naturaleza y objetivo de la evaluación, la calidad y disponibilidad de la información, las características de los edificios inspeccionados, la escala de evaluación, los criterios de la metodología, el grado de fiabilidad de los resultados esperados “

El autor define dos tipos de la vulnerabilidad, que dependen de la metodología que la determina. Primera llamada **vulnerabilidad observada** cual se obtiene analizando daños que sufrieron la estructuras después de un terremoto y se basa en datos estadísticos recolectados de las edificaciones del mismo tipo. Segundo método llamado **vulnerabilidad calculada** cual

se obtiene mediante análisis matemáticos de modelos estructurales y están expresados en términos probabilísticos.

Vicente R (2008) Define tres niveles de vulnerabilidad: **Vulnerabilidad estructural** que evalúa el daño de los elementos estructurales de la edificación, cual puede ser evaluado cualitativamente a través de la observación y cuantitativamente a través de un análisis estructural que define deformaciones, desplazamientos, ductilidad. **Vulnerabilidad no estructural** donde se evalúa elementos arquitectónicos como vanos, balcones etc. y elementos de instalaciones sanitaria y eléctricas, equipamientos cuales influyen en la funcionalidad de la edificación.

Vulnerabilidad funcional que trata de funcionalidad de la edificación durante las emergencias como por ejemplo crisis sísmica y depende los dos niveles mencionados anteriormente. Los factores que la definen pueden ser planos de evacuación y señalización, medios de respuesta a la emergencia.

Así mismo una de las clasificaciones más reconocidas es del Corsanego y Petrini (1990, como se citó en Herrera et al, 2013) son las siguientes:

Técnicas Directas donde el proceso de determinar la vulnerabilidad sísmica se determina con un procedimiento de la manera directa. En esta técnica se considera dos métodos como:

Métodos tipológicos donde la clasificación es según diferentes tipos de edificaciones con características comunes como: materiales, características estructurales de cuales depende la respuesta sísmica del edificio. En esta tipología se evalúa la vulnerabilidad con los métodos de la probabilidad de daño donde se observa y registra daños en las edificaciones de las mismas características en un determinado sitio después de un sismo, obteniendo una base estadística cual esta analizada por los expertos. Con esta metodología se define las funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daños (MPD.)

Métodos mecánicos evalúan el comportamiento sísmico de las edificaciones a través de modelos mecánicos, dependiente de tipo de modelo utilizado se tiene dos tipos de análisis de la vulnerabilidad. Primero es un análisis rápido basado en modelos simples que se emplea para evaluar una gran cantidad de estructura, Este método fue empleado para determinar vulnerabilidad de los edificios en Catania por el Calvi en 1999, se basó en la asignación de la capacidad de desplazamiento de un edificio, utilizando pocos parámetros de evaluación como: periodo de la construcción, número de pisos y tipo de material. Segundo modelo utiliza análisis más sofisticados y que requieren de mayores recursos como análisis estático y

dinámico (lineal y no lineal), esta metodología se aplica para determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones individuales y fue empleada por ATC-40, (ATC, 1996) donde se genera espectro de capacidad (MEC) basado en análisis estático no lineales, también el FEMA 273 y 356 (FEMA, 1996; FEMA, 2000) que está basado en el método del coeficiente de desplazamiento.

Técnicas Indirectas que utilizan de evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica donde se asigna un índice de vulnerabilidad para cada edificación expresado en valores del puntaje. Este método fue desarrollado por Benedetti y Petrini en 1984 y el ATC-21 (ATC, 1988)

Técnicas Convencionales donde se tiene dos métodos: primero se basa en determinación de las características físicas de la estructura para hallar índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño.

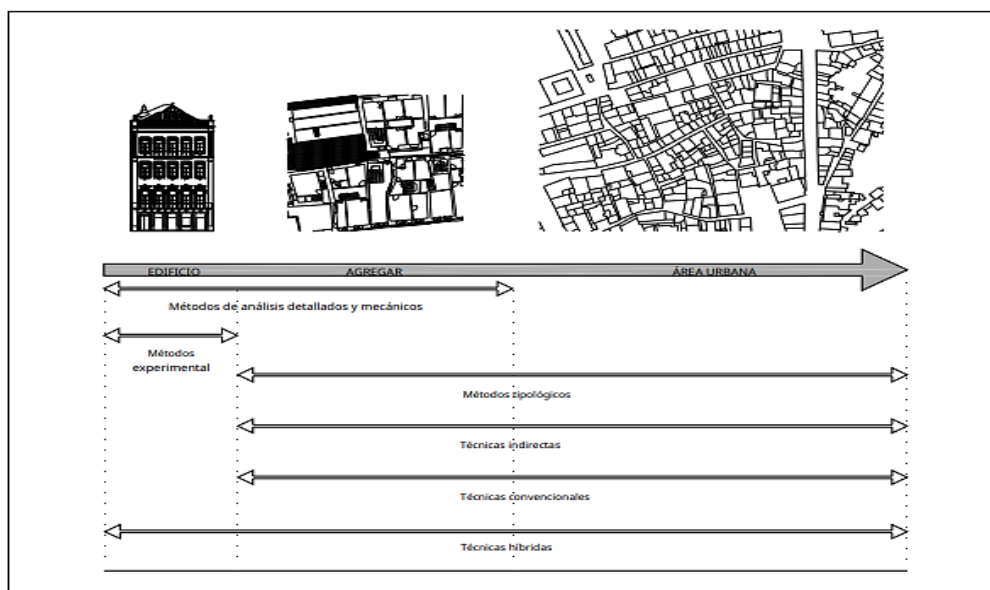
Segundo método evalúa de manera simplificada la relación entre demanda/capacidad de los edificios expresado en matrices de probabilidad de daño, empleado por El ATC13 (ATC, 1985).

Técnicas Híbridas Son que combinan los métodos anteriores.

Por otro lado, Vicente R (2008) basando se en la metodología de **Corsanego y Petrini** propone un esquema donde indica el ámbito en cual se debe aplicar diferentes tipos de metodología presentado en la Figura 5.

Figura 5

Campos de aplicación de los métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica.



Nota: Imagen extraída de Tese Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra, por R. Vicente, 2008, Universidad de Aveiro.

Otra diferente clasificación de la metodología para determinar la vulnerabilidad en las edificaciones propone **Dolce** (1994 como se citó en Herrera et al ,2013) donde las etapas que requiere análisis son indicadores de tipo de la metodología, como: los datos de entrada, el método empleado y los resultados obtenidos, elementos de las etapas están descritos en la Figura 6. El autor determina tres métodos de la evaluación:

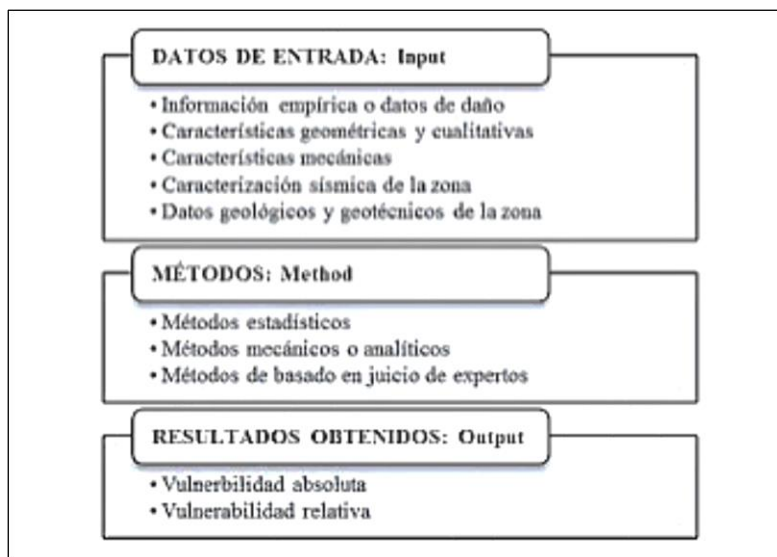
Métodos estadísticos donde a través de observación de daños de la edificación resultado de sismos que ocurrieron se obtiene datos estadísticos.

Métodos mecánicos o analíticos calculan la vulnerabilidad a través de análisis de los modelos matemáticos, cual determina los daños que pueden ocurrir en la estructura bajo acciones de un sismo. En este método se emplea parámetros que indican el comportamiento estructural de la edificación como desplazamientos, la ductilidad etc.

Métodos basados en Juicios de Expertos son donde se obtiene la respuesta sísmica de la edificación basada en las evaluaciones de los expertos para determinar grado de la vulnerabilidad de manera cualitativa y cuantitativa.

Figura 6

Clasificación de las técnicas de evaluación de la vulnerabilidad según Dolce



Nota: Imagen tomada de *Estado Del Conocimiento Sobre Metodologías De Evaluación De Vulnerabilidad Sísmica De Edificios*, por Herrera et al, 2013, Revista Ingeniería y Sociedad UC. Vol. 8, No 1 p. 7-28.

Calvi (2006) Define dos principales metodologías de evaluación de la vulnerabilidad como empíricos o analíticos, y el tercero que se combinación de los dos anteriores llamado método híbrido cuales se muestran en la Figura 7.

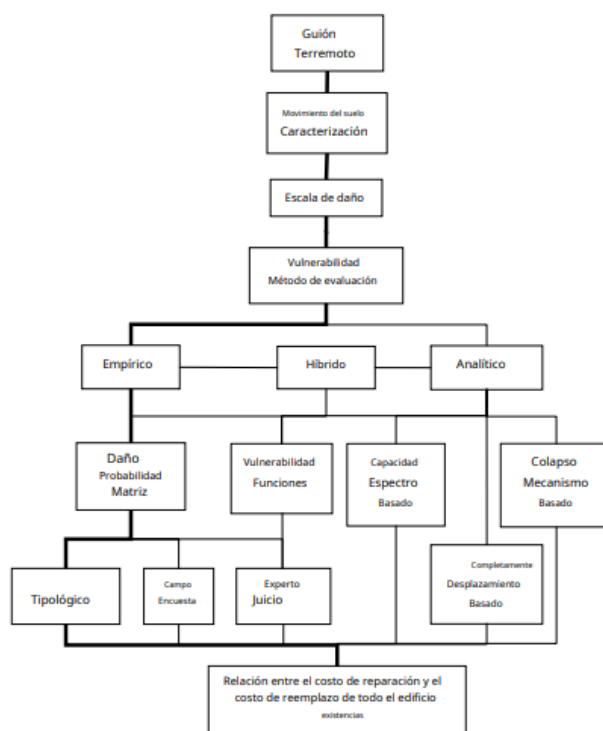
Métodos empíricos: son los que se emplea en evaluación de riesgo sísmico para un grupo grande de edificios. Donde la escala de daños se obtiene de la información estadística de daños en edificios después de un sismo que ha ocurrido y posteriormente esta evaluada por los expertos.

Métodos analíticos / mecánicos: son los métodos de evaluación más detallada donde a través de modelos matemáticos y analíticos se realizó análisis sísmicos dinámicos y estáticos para determinar la probabilidad de daños y desempeño sísmico de la estructural. Este método se aplica más la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios individuales o de pequeños grupos de edificios.

Métodos híbridos: combinan métodos empíricos con analíticos. Donde las matrices híbridas de probabilidad de daños y las funciones de vulnerabilidad combinan estadísticas de daños posteriores al terremoto con estadísticas de daños analíticos. Los modelos híbridos pueden resultar especialmente ventajosos cuando faltan datos de daños a determinados niveles de intensidad para la zona geográfica considerada y también permiten realizar la calibración del modelo analítico. Además, el uso de datos de observación reduce el esfuerzo computacional que se requeriría para producir un conjunto completo de curvas de vulnerabilidad analíticas de DPM

Figura 7

Los componentes de la evaluación del riesgo sísmico y las opciones para la evaluación de la vulnerabilidad.



Nota: Imagen extraída de *Development of Seismic Vulnerability Assessment Methodologies over the Past 30 Years*, por Calvi, 2006, ISET Journal of Earthquake Technology, documento Núm. 472, vol. 43, Núm. 3.

Vicente R (2008) Señala que en los últimos años los investigadores agrupan la metodología de evaluación de la vulnerabilidad en tres categorías según los niveles de detalle, escala de operación y recursos disponibles.

Primer nivel es un enfoque cualitativo, empleado para evaluación de grandes grupos de edificaciones y centros urbanos y no requiere de grandes recursos.

Segundo nivel es una evaluación más detallada donde se evalúa la vulnerabilidad a través de modelos mecánicos, con la información más detallada sobre los materiales, tipo y geometría de las estructuras.

Tercer nivel evalúa la vulnerabilidad a través de modelos analíticos, donde se requiere una rigurosa inspección de las características de la estructura. Este tipo de la metodología fue empleado en los proyectos de RISK-UE en 2004 y LESSLOSS en 2007.

Para describir los métodos para evaluación sísmica de los edificios se emplea la clasificación de Calvi (2006).

Métodos empíricos utilizan siguientes técnicas de la evaluación de vulnerabilidad:

Matriz de probabilidad de daño DPM Caicedo et al (1994) la define como “Una forma de expresar la vulnerabilidad de una estructura, (...), la cual expresa la probabilidad discreta de la distribución de daño, para un tipo de estructura y una intensidad sísmica dadas”.

Para realizar este tipo de la matriz se utiliza diferentes tipologías donde la escala de intensidad sísmica se representa en términos de un parámetro físico o bien por cualquiera de las escalas macro sísmicas existentes y la escala de daño está elaborada a través de daños observados en las estructuras después de un sismo o basada en el juicio de los expertos. (Caicedo et al, 1994)

Los primeros que formularon una DPM fueron Whitman y col. (1973, como se citó en Calvi, 2006) La matriz se elaboró para diferentes tipologías estructurales donde identifica índice de daños estructurales y no estructurales para la escala sísmica de MSK (Tabla 1). Por otro lado ATC-13 elabora matrices de probabilidad de daños, evaluadas a base de juicio de los expertos donde se estima el daño en relación entre pérdida y costo de remplazo en la escala sísmica Mercalli Modificadas (MMI).

Tabla 1

Formato de la matriz de daños propuesto por Whitman.

| Daño Expresar | Estructural Daño | No estructural Daño | Daño Proporción (%) | Intensidad del terremoto | | | | |
|------------------|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------|------|------|------|
| | | | | V | VI | VII | VIII | IX |
| 0 | Ninguno | Ninguno | 0-0,05 | 10,4 | - | - | - | - |
| 1 | Ninguno | Menor | 0.05-0.3 | 16,4 | 0,5 | - | - | - |
| 2 | Ninguno | Localizado | 0,3-1,25 | 40,0 | 22,5 | - | - | - |
| 3 | No perceptible | Extendido | 1,25-3,5 | 20,0 | 30,0 | 2,7 | - | - |
| 4 | Menor | Sustancial | 3,5-4,5 | 13,2 | 47,1 | 92,3 | 58,8 | 14,7 |
| 5 | Sustancial | Extenso | 7.5-20 | - | 0,2 | 5,0 | 41,2 | 83,0 |
| 6 | Importante | Casi total | 20-65 | - | - | - | - | 2.3 |
| 7 | Edificio condenado | | 100 | - | - | - | - | - |
| 8 | Colapso | | 100 | - | - | - | - | - |

Nota: Cuadro tomada de *DEVELOPMENT OF SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT METHODOLOGIES OVER THE PAST 30 YEARS*, por Calvi, 2006, ISET Journal of Earthquake Technology, documento núm. 472, vol. 43, núm. 3.

(Lagomarsino et al, 2006) Determina matriz de probabilidad de daños (Tabla 2), donde determina magnitud de daño en términos cualitativos como: ("pocos", "muchos", "la mayoría"). Donde los datos como: tipo de vulnerabilidad, grado de daño, parámetros sísmicos define según Escala Macrosísmica Europea (EMS), presentados en las Figuras 8 y 9.

Tabla 2

Matriz de probabilidad de daños implícita (DPM) de Lagomarsino para la clase de vulnerabilidad A, B

| I | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V | Few | | | | |
| VI | Many | Few | | | |
| VII | | | Many | Few | |
| VIII | | | | Many | Few |
| IX | | | | | Many |
| X | | | | | Most |
| XI | | | | | |
| XII | | | | | |

Nota: Imagen tomada de *Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings*, por Lagomarsino et al, 2006, Bulletin of Earthquake Engineering

Figura 8

Matriz de tipo de vulnerabilidad según tipología constructiva de EMS-98






| Tipo de Estructura | Clase de Vulnerabilidad | | | | | |
|----------------------|---|-----|-----|-----|-----|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| MAMPOSTERÍA | Paredes de peña viva / roca de cantera | ○ | | | | |
| | Adobe (ladrillo de tierra) | ○— | | | | |
| | Roca simple | —○ | | | | |
| | Roca masiva | | —○— | | | |
| | Unidades de roca manufacturada | —○— | | | | |
| | Ladrillo no reforzado, pisos de HA | | —○— | | | |
| | Reforzado o confinado | | | —○— | | |
| HORMIGÓN ARMADO (HA) | Armazón sin diseño sismorresistente (DSR) | | —○— | | | |
| | Armazón con un nivel moderato de DSR | | —○— | | | |
| | Armazón con un alto nivel de DSR | | | —○— | | |
| | Paredes sin DSR | | —○— | | | |
| | Paredes con un nivel moderado de DSR | | | —○— | | |
| | Paredes con un nivel alto de DSR | | | | —○— | |
| ACERO | | | | —○— | | |
| MADERA | | | | —○— | | |

○ Clase de vulnerabilidad más probable; — Rango probable;
 Rango de casos excepcionales, menos probables

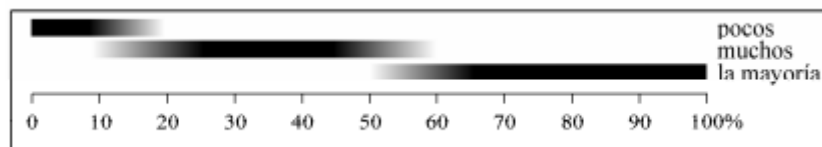
Nota: Tomada de *Ministere de la culture, de l'enseignement superieur et de la recgerche (2001). L'Echelle Macrosismique Européenne 1998. Luxembourg: Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie vol.19, 2001*

Figura 9

Clasificación del daño de EMS-98

| Clasificación del daño a edificios de mampostería | |
|---|---|
|  | <p>Grado 1: Sin daños a daños leves (Sin daño estructural, daño no estructural leve)</p> <p>Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de enlucido o enfoscado. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.</p> |
|  | <p>Grado 2: Daños moderados (daño estructural leve, daño no estructural moderado)</p> <p>Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de guarnecido. Colapso parcial de chimeneas.</p> |
|  | <p>Grado 3: Daños sustanciales a severos (daño estructural moderado, daño no estructural severo)</p> <p>Grietas largas y extensas en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; fallo de los elementos individuales no estructurales (particiones, frontones).</p> |
|  | <p>Grado 4: Daños muy severos (daño estructural severo, daño no estructural muy severo)</p> <p>Fallo serio de los muros; fallo estructural parcial de techos y pisos.</p> |
|  | <p>Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo)</p> <p>Colapso total o casi total.</p> |

Definiciones de cantidad



Nota: Imagen tomada de Ministère de la culture, de l'enseignement supérieur et de la recherche (2001). L'Échelle Macrossismique Européenne 1998. Luxemburgo: Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie vol.19, 2001

Curvas de vulnerabilidad continua o funciones de vulnerabilidad están definidas como:

(...) relaciones gráficas o matemáticas que expresan continuamente la relación entre el daño y la intensidad sísmica (u otra cantidad que caracteriza la acción sísmica en una región determinada), haciendo referencia a la tipología constructiva bajo análisis. Estas funciones pueden derivarse del ajuste numérico a un conjunto de datos de daños observados para diferentes tipos constructivos (vulnerabilidad observada), o pueden generarse mediante un proceso de simulación numérica utilizando modelos mecánicos (vulnerabilidad calculada). (Vicente R 2008)

Donde señala que las funciones de vulnerabilidad más utilizadas por los investigadores son donde se expresa índice de vulnerabilidad en función de daño esperado y determinada intensidad sísmica.

Maldonado E. et al (2009) Definen la función de vulnerabilidad como la relación entre daño y vulnerabilidad para un grupo de edificaciones con mismas tipologías en distintos escenarios sísmicos (Figura 10), Estas funciones se emplea para evaluar riesgo sísmico en edificaciones individuales donde se emplea métodos analíticos y en grandes grupos de edificaciones ubicados en una región se aplica métodos estadísticos y cualitativos.

Figura 10

Esquema de definición de función de vulnerabilidad propuesta por Maldonado.



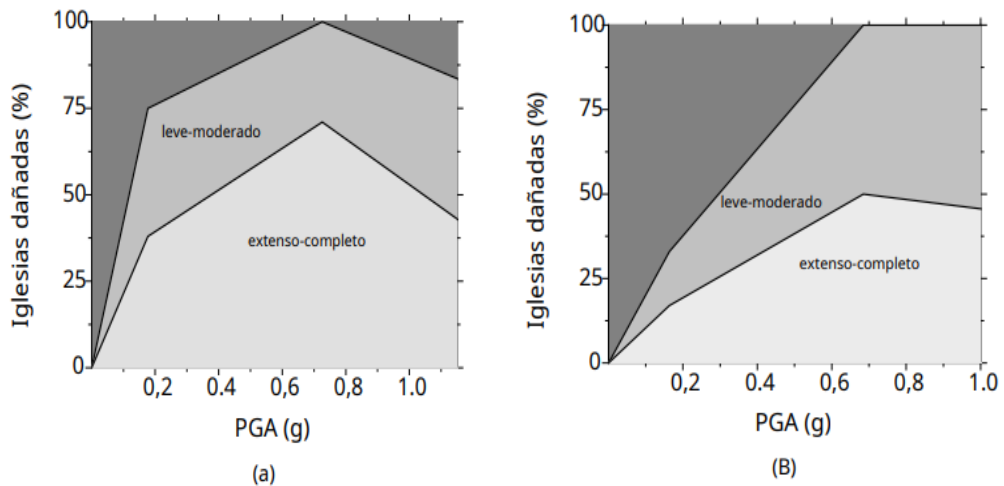
Nota: Imagen tomada de *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra*, por Maldonado E, et al. 2009, Ingeniería y Desarrollo, núm. 25, enero-junio, 2009, pp. 180-199 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia.

(Lourenco et al, 2013) propone Curvas de fragilidad para las iglesias de Ítala, España y Portugal donde analiza las iglesias según su tipología de materiales constructivos como

piedra y ladrillo (Figura 11). Donde define la vulnerabilidad en función de daño leve moderado y extenso-completo con variables: cantidad de iglesias en % v/s peligro sísmico local (PGA) de terremotos pasados.

Figura 11

Curvas de fragilidad empírica: (a) iglesias de piedra; (B) iglesias de ladrillos de arcilla



Nota: Imagen extraída de *Simplified indexes for the seismic assessment of masonry buildings: International database and validation*, por Lourenco et al, 2013, Article in *Engineering Failure Analysis*

Método del Índice de Vulnerabilidad: fue elaborado por Benedetti y Petrini (1984 como se citó en Caicedo et al, 1994) en Italia, quienes elaboraron una base estadística de daños en edificios de mampostería, determinaron 11 parámetros estructurales y no estructurales (Tabla 3) que influyen en el comportamiento sísmico de la edificación y son más cruciales para determinar su vulnerabilidad.

Los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de la naturaleza cualitativa, donde según una descripción teórica del parámetro se elige cuál de las cuatro clases (A, B, C, D) corresponde edificio observado.

Los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa donde se aplica fórmulas matemáticas o condiciones lógicas de las variables halladas mediante parámetros de la naturaleza cualitativa para definir a qué clase de vulnerabilidad (A,B,C,D) pertenece la estructura.

La vulnerabilidad está definida en cuatro clases A, B, C y D de menos a más vulnerable, donde a cada clase se asigna un valor numérico K_i de 0 a 45. Además, a cada parámetro se calcula un coeficiente de peso W_i , que indica importancia de cada parámetro

dentro del sistema resistente del edificio, este valor varió de 0.25 hasta 1.5, después de obtener valores K_i y W_i se calcula el índice de vulnerabilidad con la siguiente formula:

$$VI = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

El valor del índice de vulnerabilidad varia de 0 hasta 382.5, es de menos a más vulnerable. De estos valores se obtiene tres tipos de la vulnerabilidad como: baja, media y alta, su interpretación se muestra en la (Tabla 4).

Tabla 3

Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini para edificios de mampostería no reforzada.

| i | Parámetro | $K_i A$ | $K_i B$ | $K_i C$ | $K_i D$ | W_i |
|-----|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | Organización del sistema resistente | 0 | 5 | 20 | 45 | 1.0 |
| 2 | Calidad del sistema resistente | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 3 | Resistencia convencional | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.5 |
| 4 | Posición del edificio y cimentación | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.75 |
| 5 | Diafragmas horizontales | 0 | 5 | 15 | 45 | 1.0 |
| 6 | Configuración en planta | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.5 |
| 7 | Configuración en elevación | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.0 |
| 8 | Separación máxima entre muros | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 9 | Tipo de cubierta | 0 | 15 | 25 | 45 | 1.0 |
| 10 | Elementos no estructurales | 0 | 0 | 25 | 45 | 0.25 |
| 11 | Estado de conservación | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.0 |

Nota: Imagen tomada de *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica De Edificios Históricos En El Estado de Colima por Métodos Empíricos*, por Preciado et al, 2007, Congreso Nacional sobre Terremotos, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica/ Earthquake Engineering Research Institute.

Tabla 4

Intervalos para asignar la clase de vulnerabilidad

| Intervalo | Vulnerabilidad |
|-------------------------|----------------|
| $lv < 15 \%$ | Baja |
| $15 \% \leq lv < 35 \%$ | Media |
| $lv \geq 35 \%$ | Alta |

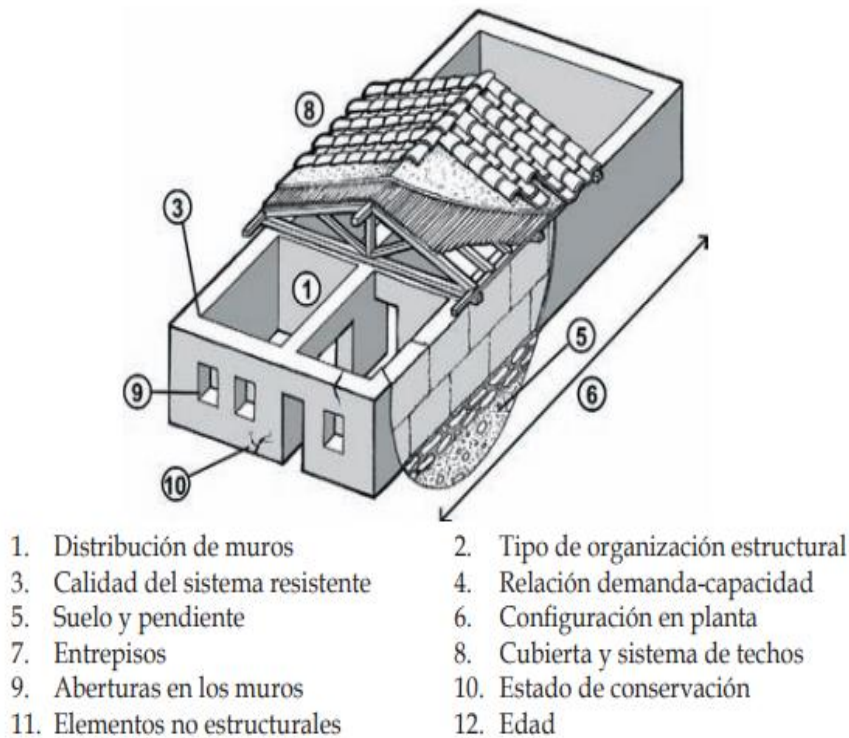
Nota: Imagen extraída de *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica De Edificios Históricos En El Estado de Colima por Métodos Empíricos*, por Preciado et al, 2007, Congreso Nacional sobre Terremotos, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica / Earthquake Engineering Research Institute.

Maldonado E. et al (2007), basando se en el método de Benedetti-Petrini. Considerando 12 parámetros modificando algunos de ellos para la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios de mampostería de adobe y tapia (Figura 12).

Además el método de Maldonado, ha sido aplicado en diferentes lugares como: Barcelona en España, Cuenca en Ecuador, Concepción en Chile, Floridablanca y Bucaramanga en Colombia, entre otros.

Figura 12

Distribución de los parámetros del modelo de índice de vulnerabilidad en edificios en tierra.



Nota: Imagen extraída de Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos, por Maldonado E. et al, 2007, Colombia: Revista Ingeniería y Universidad, vol. 11, no. 2, pp. 149-168, 2007.

Vicente R (2008), desarrolla la metodología para las 4 clases de vulnerabilidad (A, B, C y D), determina 14 parámetros. El valor de Índice de Vulnerabilidad varía de 0 hasta 650. (Tabla 5) A diferencia de la metodología original redefine y ajusta la clasificación de algunos parámetros y mejora el nivel de detalles de parámetros originales. Implementa tres nuevos parámetros importantes en la evaluación de IV en las edificaciones de mampostería, P5 altura de la edificación, P7 colindancia con edificaciones adyacentes y P10 la influencia de cargas y capacidad resistente de los muros de mampostería.

El método de mecanismos de daño fue elaborado en la guía italiana (DPCM 2011) donde se propuso el método LV1 para definir un índice de vulnerabilidad en la tipología de las iglesias. Después de un sismo se observó los mecanismos de daño cuales se analizó estadísticamente. El método consiste en análisis de 10 mecanismos de colapso de los de diferentes componentes de la estructura (Figura 13) para obtener un Índice de Vulnerabilidad. (Díaz D, 2018)

Tabla 5

Índice de vulnerabilidad (I_v), parámetros que lo definen y sus pesos asociados según Vicente

| PARÁMETRO | Clase C_{vi} | | | | Peso |
|---|----------------|---|----|----|-------|
| | A | B | C | D | p_i |
| P1 Tipo y organización del sistema resistente | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,75 |
| P2 Calidad del sistema resistente | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,00 |
| P3 Resistencia convencional | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,50 |
| P4 Distancia máxima entre muros | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,50 |
| P5 Altura del edificio | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,50 |
| P6 Posición del edificio y cimientos | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,75 |
| P7 Ubicación e interacción | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,50 |
| P8 Irregularidad de la planta | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,75 |
| P9 Error de altura | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,75 |
| P10 Desalineación de aberturas | 0 | 5 | 20 | 50 | 0,50 |
| P11 Diafragmas horizontales | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,00 |
| P12 Tipo de cobertura | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,00 |
| P13 Daño estructural identificado | 0 | 5 | 20 | 50 | 1,00 |
| P14 Elementos no estructurales | 0 | 0 | 20 | 50 | 0,50 |

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

$$I_v^* = \sum_{i=1}^{14} C_{vi} \times p_i$$

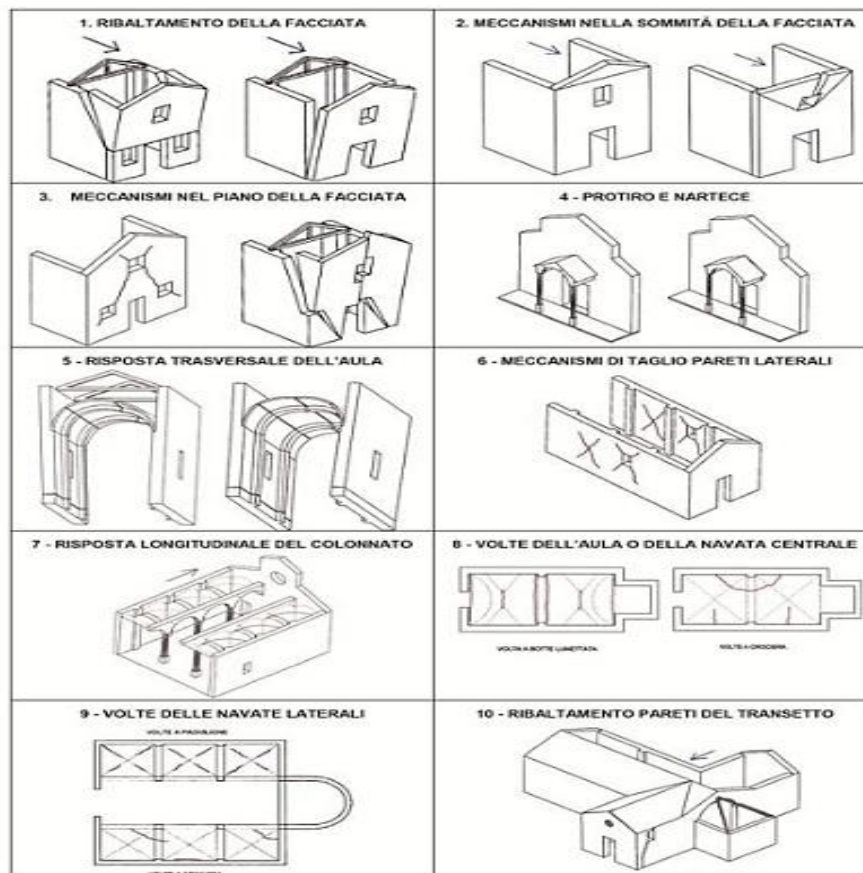
$0 \leq I_v^* \leq 650$

(Índice normalizado, $0 \leq I_v \leq 100$)

Nota: Cuadro extraído de *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra*, por R. Vicente, 2008, Universidad de Aveiro.

Figura 13

Abaco de mecanismos de colapso según Chiese



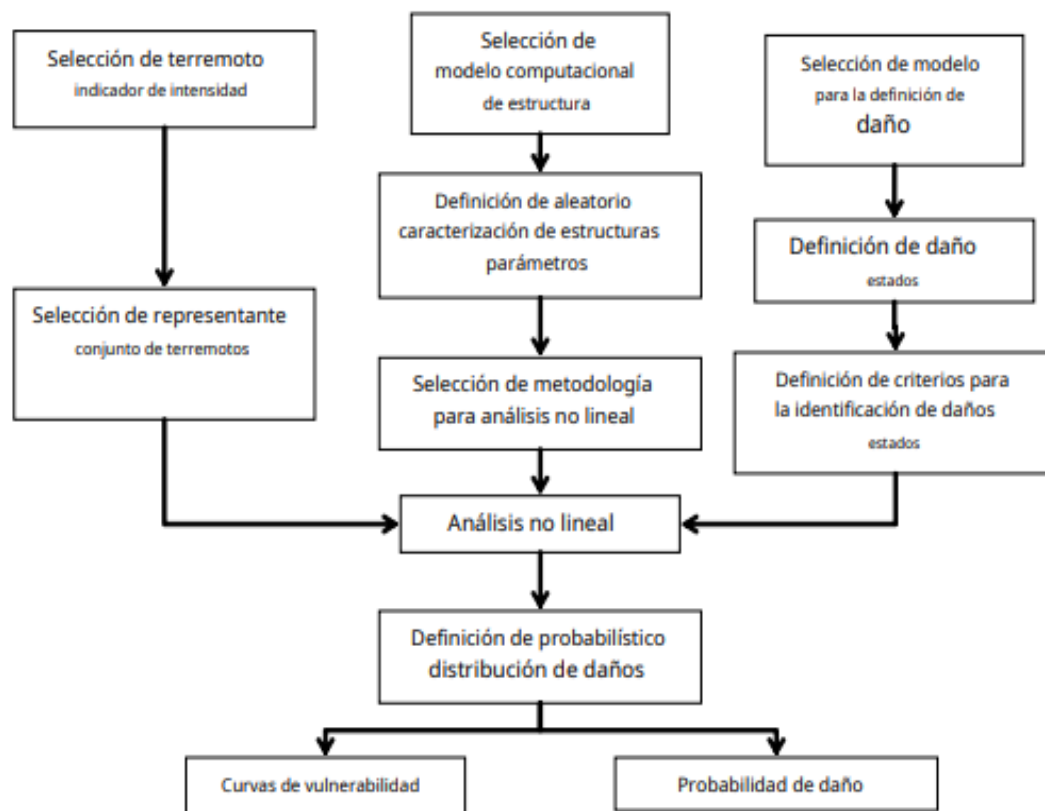
Nota: Imagen tomada de *La línea estratégica de mitigación del riesgo en los planes de manejo de los sitios de Patrimonio Mundial: propuesta de un sistema de indicadores y su aplicación en Italia*, por Díaz D, 2018, Intervención (México DF), vol. 9, núm. 17, 2018.

En la clasificación de los **métodos analíticos** para evaluar vulnerabilidad en edificios se encuentran los siguientes tipos de análisis:

Curvas de vulnerabilidad derivadas analíticamente y DPM cuales, a diferencia de las curvas de vulnerabilidad y las matrices de probabilidad de daños basadas en daños observados, aplican análisis analíticos computacionales. Donde se determinan la probabilidad de daño a través de análisis dinámico no lineal considerando comportamiento de la estructura bajo las cargas dinámicas en diferentes intensidades de sismo. En la Figura 14 se muestran los requerimientos para determinar curvas de vulnerabilidad y DPM. (Calvi, 2006)

Figura 14

Componentes del cálculo de vulnerabilidad analítica a través de matrices de probabilidad de daños (adaptado de Dumova – Jovanoska(2004))



Nota: Imagen tomada de Development of Seismic Vulnerability Assessment Methodologies over the Past 30 Years, por Calvi, 2006, ISET Journal of Earthquake Technology, documento núm. 472, vol. 43, núm. 3.

Métodos basados en el espectro de capacidad

La tendencia más reciente en el campo de la evaluación de la vulnerabilidad para el análisis de riesgos lleva a operar con modelos mecánicos simplificados esencialmente basados en el Método del Espectro de Capacidad. Este método permite evaluar el comportamiento sísmico esperado de una estructura. (Giovinazzi S, 2005)

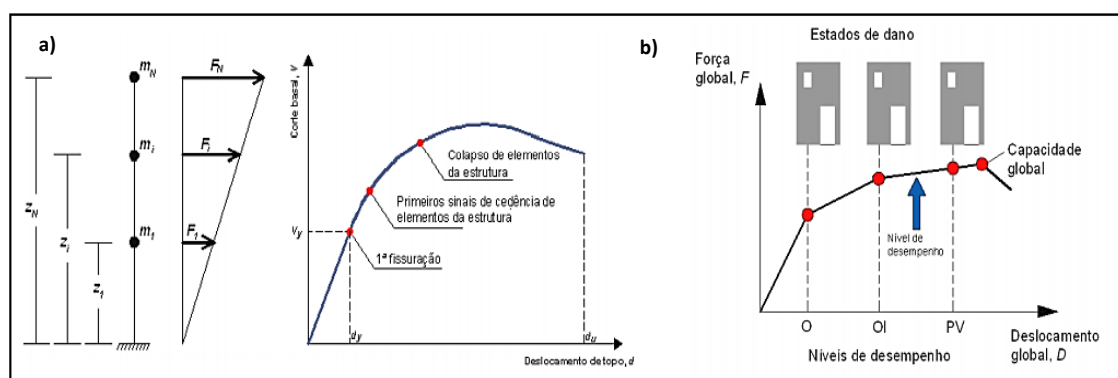
El método del espectro de capacidad se puede definir como una respuesta de la estructura sometida a una acción sísmica, visualizada mediante una curva de capacidad para determinar el desempeño de la estructura.

La curva de capacidad se determina mediante análisis con carga horizontal creciente, teniendo en cuenta el comportamiento no lineal de los componentes de la estructura, conocido como análisis Pushover y representan capacidad de la estructura mediante la relación entre la fuerza de corte total en la base del edificio y el desplazamiento en la parte superior de la estructura. La forma de la curva de capacidad depende de la resistencia y deformación de los elementos que componen la estructura. (Vicente R, 2008). Además, las fuerzas sísmicas para análisis están representadas por el primer modo de respuesta del edificio asumiendo que es el modo predominante de vibración del edificio y que controla principalmente la génesis y el progreso del daño. (Giovinazzi, 2005)

Uno de los modos de representar curva de capacidad es mediante la relación fuerza-desplazamiento global, donde se incrementa de manera monótona la fuerza lateral hasta obtener la capacidad última de la edificación, demostrando el rendimiento total de la estructura y sus elementos indicando estados de fragilidad y colapso en función de desplazamiento. (Figura 15). Por otro lado, curva de capacidad puede definir límites de desempeño y estados de daño de la estructura (Figura 16b). Para evaluar su seguridad operacional. (Vicente R, 2008).

Figura 15

Definición de la curva de capacidad: a) relación fuerza - desplazamiento global. b) definición de estados limite / niveles de rendimiento



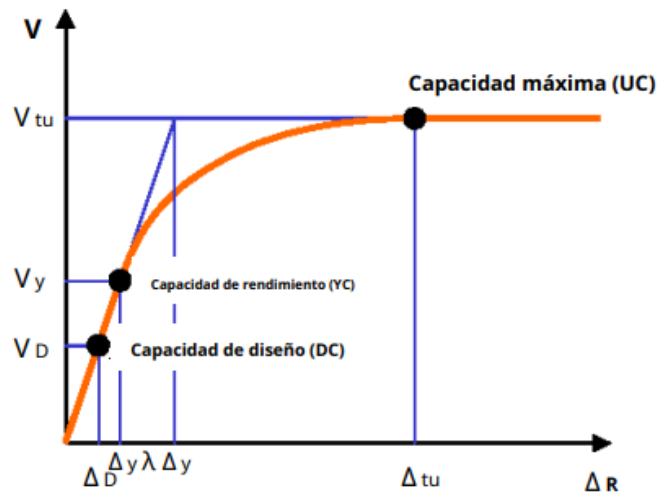
Nota: Imagen tomada de *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra*, por R. Vicente, 2008, Universidad de Aveiro.

Las curvas de capacidad bilineal se derivan de las curvas de capacidad de empuje mencionadas anteriormente, estas curvas bilineales tienen dos puntos de control (Figura 16). Donde hasta el punto (YC – capacidad de rendimiento) la estructura desarrolla una

respuesta lineal y está en un estado elástico, desde el punto YC hasta punto (UC - capacidad máxima) la estructura desarrolla una respuesta no lineal y llega a estado completamente plástico

Figura 16

Curva de capacidad bilineal derivada de una curva de empuje.

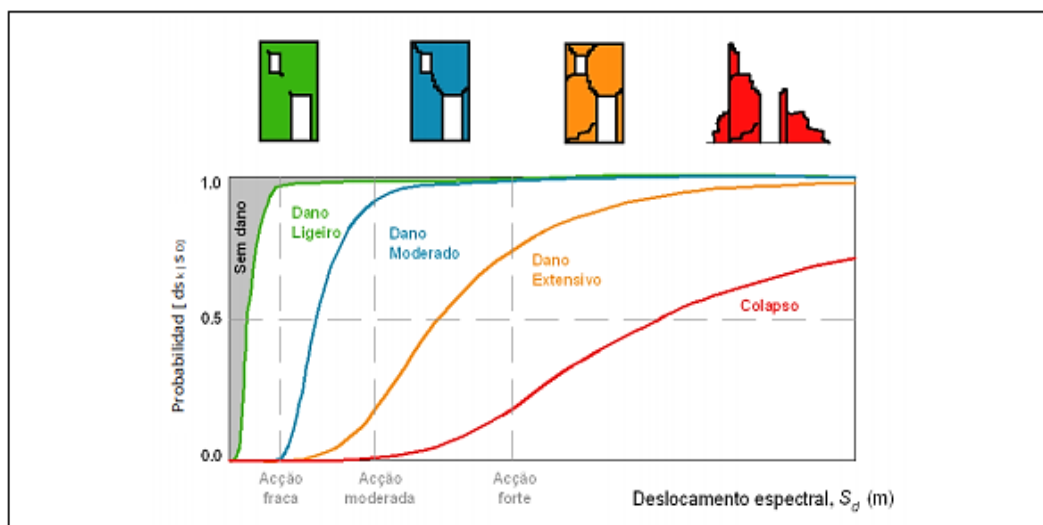


Nota: Imagen tomada de *The Vulnerability Assessment and The Damage Scenario in Seismic Risk Analysis*, por Giovinazzi S, 2005, Tesis para el grado de doctor, The Faculty of Engineering Department of Civil Engineering of the University of Florence.

Curvas de fragilidad y estados límite de daño son derivadas amílicamente, donde se visualiza en función de probabilidad de daño y desplazamiento espectral dado por la respuesta de la estructura se determina cinco estados de daño: sin daño, daño leve, daño moderado, daño extenso y colapso (Figura 17) (Vicente R, 2008)

Figura 17

Ejemplo de curvas de fragilidad y estados de daño (adaptado de HAZUS, 1999)



Nota: Imagen tomada de *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edifício da Baixa de Coimbra*, por R. Vicente, 2008, Universidad de Aveiro.

Métodos basados en códigos de construcción donde la evaluación se basa en los criterios utilizados para diseño de edificios nuevos que se rigen a las normas de construcción de la región donde se encuentra edificio. Consisten en la evaluación de la capacidad de la estructura expuesta a una acción sísmica de la intensidad esperada para un determinado lugar. (Caicedo et al, 1994)

El desempeño sísmico de las edificaciones son los niveles de rendimiento aceptables de la estructura, donde su objetivo es especificar límites en cualquier parámetro de respuesta, como tensiones, deformaciones, desplazamientos, aceleraciones, etc. El desempeño se expresa en términos de un estado de daño específico a la probabilidad de falla frente a un nivel de demanda. Existen varios documentos que proponen diferentes métodos para la evaluación de desempeño sísmico en las edificaciones como: SEAOC Vision 2000, ATC 40 y FEMA 273 y 274. (Bagheri M et al 2010)

Los objetivos de desempeño es determinar el rendimiento aceptable de la estructura. Los objetivos de rendimiento se pueden especificar como los límites de cualquier parámetro de respuesta, como tensiones, deformaciones, desplazamientos, aceleraciones, etc. Se puede expresar el objetivo de rendimiento en términos de un estado de daño específico o la probabilidad de falla frente a un nivel de demanda requerida. Se reconoce que los niveles de deriva asociados con categorías específicas de daños pueden variar considerablemente con el sistema estructural y el material de construcción. Se intentó definir los niveles de deriva para diferentes materiales y sistemas estructurales El rendimiento del sistema estructural también se puede cuantificar utilizando un índice de daño confiable, como el que se basa en la ductilidad del desplazamiento y la energía histerética. Los niveles de rendimiento están asociados con el riesgo de terremotos y los niveles de daño. Bagheri M y Miri M (2002)

SEAOC Vision 2000 define niveles de desempeño de los sistemas estructurales y no estructurales, donde se requiere determinar la de respuesta inelástica de la estructura a través de varios procedimientos de análisis elásticos e inelásticos, tales como: métodos convencionales de fuerza y resistencia, diseño basado en desplazamiento.

Para determinar el desempeño sísmico de estructura se debe determinar niveles de demanda sísmica y nivel de desempeño.

Niveles de demanda sísmica según el comité VISION 2000, indica los eventos sísmos mediante probabilidad que sucedan nuevamente en un intervalo de tiempo, en la cual el tiempo de vuelta a ocurrir se llama periodo de retorno, dado en años.

Tabla 6

Movimientos sísmicos según SEAOC Vision 2000 Committe, 1995

| Frecuencia del terremoto | Periodo de retorno en años | Probabilidad de superación |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Frecuente</i> | 43 | 50% en 30 años |
| <i>Ocasional</i> | 72 | 50% en 50 años |
| <i>Raro</i> | 475 | 10% en 50 años |
| <i>Muy raro</i> | 970 | 100 años |
| <i>Extremadamente raro</i> | 2475 | 2% en 50 años |

Nota: La tabla es extraída de *Performance-based design in earthquake engineering*, por Bagheri M y Miri M (2002), National Congress on Civil Engineering, May 4-6, 2010, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Niveles de daño según VISION 2000, determina niveles de daño a través de límites de desplazamientos de la estructura.

Tabla 7

Derivas de Piso recomendadas por SEAOC Vision 2000 Committe, 1995

| Nivel de desempeño | Estado de daño | Deriva |
|--|-----------------------|---------------|
| <i>Totalmente operativo, ocupación inmediata</i> | <i>Sin daños</i> | < 0.2 % |
| <i>Operacional, Control de daños.</i> | <i>Reparable</i> | < 0.5 % |
| <i>Seguridad de vida</i> | <i>Irreparable</i> | < 1.5 % |
| <i>Pre colapso, seguridad limitada, peligro reducido</i> | <i>Grave</i> | < 2.5 % |
| <i>Colapso</i> | - | >2.5 % |

Nota: La tabla es extraída de *Performance-based design in earthquake engineering*, por Bagheri M y Miri M (2002), National Congress on Civil Engineering, May 4-6, 2010, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Niveles de desempeño según VISION 2000, determina niveles de desempeño en función de grado de daño deseado e intensidad sísmica, para diferentes tipos de estructuras.

Tabla 8

Niveles de desempeño según SEAOC Vision 2000 Committe, 1995

| Nivel de demanda sísmica | Nivel de desempeño sísmico | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Totalmente operacional | Operacional | Seguridad de vida | Pre colapso |
| Frecuente | OB | X | X | X |
| Ocasional | OEP | OB | X | X |
| Raro | OSC | OEP | OB | X |
| Muy raro | - | OSC | OEP | OB |

Donde:

OB: Objetivo Básico: edificio habitacional y de oficinas,

OEP: Objetivo Esencial y Peligroso: edificios esenciales (hospital, policía) e instalaciones peligrosas

OSC: Objetivo de Seguridad Crítica: edificios con elementos tóxicos, explosivos, radiactivos, etc

Nota: tabla tomada de *Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena*, por Medina y Music, 2018, revista Obras y Proyectos 23, 63-77.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

El estudio es de tipo Cualitativo y Cuantitativo

Diseño de investigación

Diseño de la investigación es no experimental, transversal descriptivo y explicativo.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente

Evaluación Estructural

Evaluación se basa en información histórica y análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura. (ICOMOS, 2003)

Variable dependiente

Vulnerabilidad

El estudio de la vulnerabilidad en estructuras pretende determinar el grado de debilidad que tienen estas ante amenazas externas. (...) Toda estructura sea antigua o moderna tiene un grado de vulnerabilidad ante la acción de fuerzas accidentales. Zuñiga Gallegos. 2016

3.3. Población, muestra y muestreo

Población general:

En la ciudad de Ayacucho se encuentran 388 casones en diferentes estados de conservación y diferentes épocas. En la plaza de Armas donde se encuentra la Casona Diego Ladrón de Guevara en Ayacucho existen 7 casonas coloniales.

Población específica:

Casona Diego Ladrón de Guevara en Ayacucho, cual es objeto de esta investigación.

Muestra:

Todos los elementos estructurales que forman parte de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.

Figura 18

Vista fotográfica de la Casona Diego Ladrón de Guevara



Nota: Fotografía muestra la parte sur de la Casona, estructura principal de mampostería de piedras, portales y balcones, vista de lado izquierda (Esq. Jr. 2 de mayo y Jr. Arequipa) – elaboración propia, mayo 2021.

Figura 19

Fotografía de la Casona Diego Ladrón de Guevara – Vista Frontal (hacia la Plaza de Armas-Huamanga), rectorado UNSCH.



Nota: Fotografía la parte frontal de la Casona, estructura de pilares de piedras, portales o arquerías y balcones – elaboración propia, mayo 2021.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

En el presente trabajo se realizará los siguientes técnicos de recolección de datos:

Técnicas de campo como:

Observación directa, donde a través de Fichas de Observación se registra estado de la estructura.

Medición para realizar el levantamiento y recolección de datos de la edificación y determinar sus elementos estructurales mediante dibujo de planos.

Técnicas de gabinete:

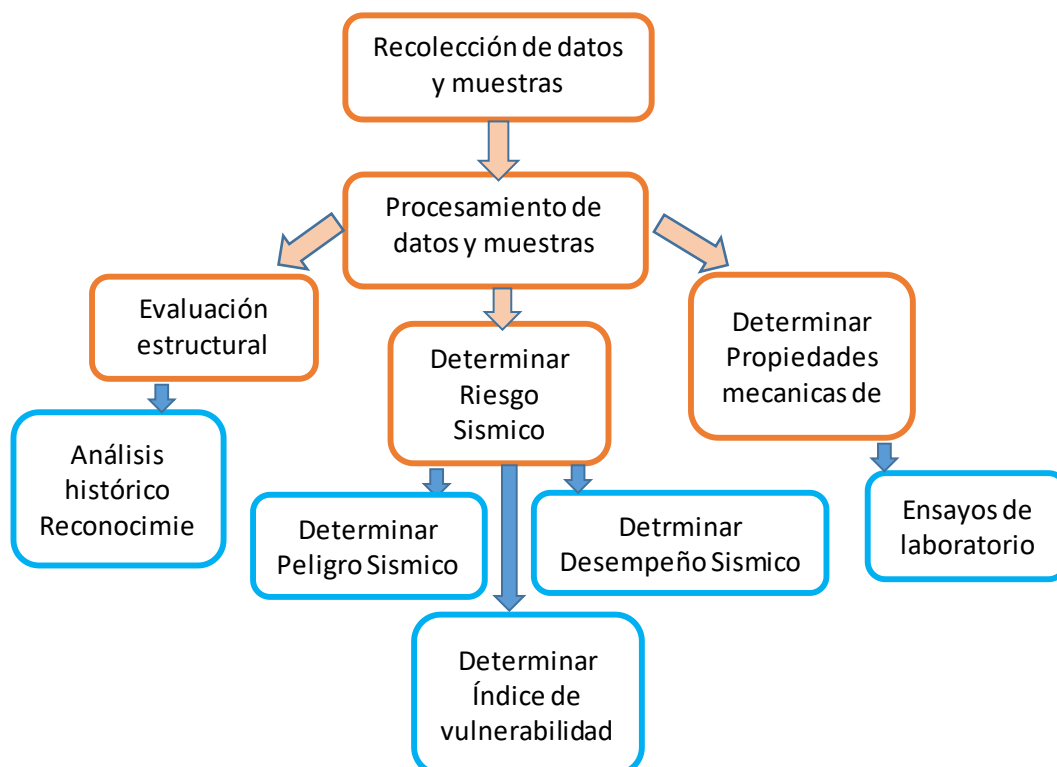
Análisis documental, para determinar la historia de la edificación

3.5. Procedimientos:

Después de definir los objetivos de la investigación se procederá con recolección de la información necesaria para realizar el análisis de la estructura y determinar su vulnerabilidad sísmica.

Figura 20

Ruta de trabajo para el desarrollo de la investigación para la elaboración de tesis.



Nota: La imagen muestra la secuencia de trabajos a desarrollar durante la investigación del tema de tesis, *elaboración propia, mayo 2021*

3.6. Método de análisis de datos:

Para evaluar la vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara se emplea dos métodos:

Cualitativo: con la metodología de Benedetti y Petrini donde se determina Índice de Vulnerabilidad

Cuantitativo: con análisis estático y dinámico de la estructura utilizando software DIANA (Displacement method ANAlyser), para determinar capacidad estructural de la edificación.

3.7. Aspectos éticos:

Para realizar la investigación se obtuvo el permiso de la Universidad Nacional San Cristóbal Ayacucho a quien pertenece la casona, para realizar toma de muestras y levantamiento arquitectónico. Además, el procesamiento de datos y muestras se realizó considerando la ética profesional.

La referencia bibliográfica se realizó considerando la originalidad de los autores citados según las normas APA.

Tabla 9

Matriz De Operacionalización de Proyecto de Investigación

Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho al 2021.

| VARIABLE DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | INSTRUMENTO | ESCALA DE MEDICIÓN | |
|--|---|--|---|---|--|----------------------|-----------|
| Independiente: Evaluación Estructural | Evaluación se basa en información histórica y análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura. (ICOMOS, 2003) | Para evaluar estructura se realiza tres tipos de análisis: histórica, cualitativa y cuantitativa. Determinando sus características geométricas tipo de construcción y materiales. Reconociendo las propiedades de la estructura y sus patologías. Con ayuda de software, Fichas y ensayos, con la escala de medición ordinario y nominal | Análisis histórico: Determinar condición actual de la estructura | Geometría de la edificación | software AutoCAD | Ordinario | |
| | | | | Tipo de estructura | Ficha de observación | | |
| | | | | Tipo de materiales constructivos | | | |
| | | | | Adiciones y alteraciones en la estructura | | | |
| | | | | Análisis cualitativo Determinación de las patologías en la edificación | grietas fisuras | Ficha de observación | Ordinario |
| | | | | Análisis cuantitativo: Análisis estructural | Periodos y modos de vibración | software SAP 2000 | Nominal |
| Dependiente Riesgo sísmico | El riesgo sísmico de las edificaciones depende directamente del conjunto del peligro sísmico del sitio y la vulnerabilidad estructural. Significa que la evaluación del riesgo sísmico de una edificación o grupo de edificaciones ubicadas en una zona de peligro sísmico permite indicar el nivel de daño estructural que podría resultar | Para evaluar el riesgo sísmico es necesario determinar: El peligro sísmico en la zona donde se ubica la edificación a través de la zonificación sísmica y características de suelo. Vulnerabilidad De la estructuración escala de medición ordinario y razón | Peligro sísmico | Factores sísmicos | Norma E 0-30 Ensayos de laboratorio | Nominal | |
| | | | | Características del suelo | | | |
| | | | Vulnerabilidad método empírico | Posición del edificio y cimentación. | Ficha de recolección de datos | Razón | |
| | | | | Diafragma horizontales. | | | |
| | | | | Configuración en planta. | | | |
| | | | | Posición del edificio y cimentación. | | | |
| | | | | Diafragma horizontales. | | | |
| | | | | Configuración en planta. | | | |
| Configuración en elevación | | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------|
| | por la acción de un terremoto, dependiendo del nivel de vulnerabilidad de la estructura. (Preciado et al, 2015) | | | Distancia máxima entre los muros. | | |
| | | | | Tipo de cubierta. | | |
| | | | | Elementos no estructurales. | | |
| | | | | Estado de conservación. | | |
| | | | Vulnerabilidad método analítico | Espectro de capacidad | Gráficos y matrices | Razón |
| | | | | Desempeño sísmico | | |

Tabla 10

Matriz de Consistencia de proyecto de investigación

Evaluación Estructural Para Determinar la Vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho al 2021

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | DIMENSIONES | INDICADOR | METODOLOGIA |
|---|---|---|---|--|--|
| GENERAL | GENERAL | GENERAL | Evaluación Estructural | | tipo de investigación Cuantitativo |
| ¿Qué grado de Riesgo sísmico presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara – Ayacucho? | Determinar el riesgo sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, presenta grado de riesgo sísmico alto. | Análisis histórico: Determinar condición actual de la estructura | Geometría de la edificación Tipo de estructura Tipo de materiales constructivos Adiciones | Diseño de la investigación: no experimental, transversal, descriptivo. |
| ESPECÍFICOS | ESPECÍFICOS | ESPECÍFICOS | Análisis cualitativo Determinación de las patologías en la edificación | y alteraciones en la estructura Grietas fisuras Características de los materiales | Población: General: Casonas coloniales de la ciudad de Ayacucho Específica: Casona Diego Ladrón de Guevara en Ayacucho |
| ¿Qué patologías presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho? | Identificar patologías y estado de conservación de la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta en sus estructuras patológicas. | Análisis cuantitativo: Análisis estructural | Tipo de suelo Cargas aplicadas en la estructura Factores sísmicos | |
| ¿Qué grado de Vulnerabilidad presenta la Casona Diego Ladrón de Guevara? | Determinar el grado de vulnerabilidad con el método Italiano del Benedetti y Petrini mediante el Índice de Vulnerabilidad, de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta vulnerabilidad alta. | | | |
| ¿Qué propiedades mecánicas tienen los materiales de construcción | Determinar propiedades mecánicas de los materiales de construcción | Las propiedades mecánicas de los materiales de construcción | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|
| <p>empleados en la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y se aproximan los resultados a otros estudios similares?</p> | <p>de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y comparar con valores encontrados en estudios similares</p> | <p>de la Casona Diego Ladrón de Guevara son similares a otras edificaciones históricas.</p> | | | |
| <p>¿La Casona Diego Ladrón de Guevara cumple con los niveles de desempeño propuestos por VISIÓN 2000 (SEAOC.1995) ante la ocurrencia de un sismo?</p> | <p>Realizar el análisis sísmico dinámico espectral con el software DIANA FEA (Displacement method Analyser Finite Element Analysis) para determinar los niveles de desempeño sísmico, propuesto por VISIÓN 2000 (SEAOC.1995), de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho</p> | <p>La Casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho no alcanza los niveles de desempeño sísmico requeridos ante la ocurrencia de un sismo.</p> | <p>Riesgo sísmico</p> | | |
| | | | <p>Peligro sísmico</p> <p>Vulnerabilidad método empírico</p> <p>Vulnerabilidad método analítico</p> | <p>Factores sísmicos características del suelo</p> <p>Organización del sistema resistente. Calidad del Sistema resistente. Resistencia convencional. Posición del edificio y cimentación. Diafragma horizontales. Configuración en planta. Configuración en elevación. Distancia máxima entre los muros. Tipo de cubierta. Elementos no estructurales. Estado de conservación.</p> | |

IV. RESULTADOS

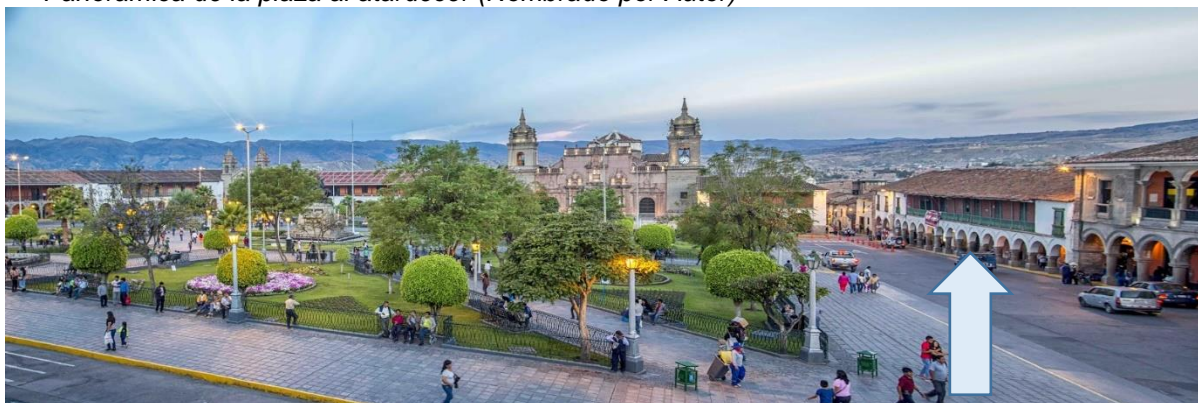
INFORME DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVO

Estado Actual del Área de Estudio: “Casona Diego Ladrón de Guevara”

Referencia Histórica: La Casona Diego Ladrón de Guevara se encuentra ubicada en el Centro histórico de la Ciudad de Huamanga; distrito de Ayacucho, de la Provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho - Perú. Caracterizado por su devenir histórico y conformado por un conjunto de estructuras urbano arquitectónicas de reconocido valor histórico, sin embargo, estas con el tiempo van desgastándose por muchos factores así como por el descuido de diferentes sectores responsables (problemas estructurales que a simple vista se pueden observar y estarían concluyendo en un colapso de la infraestructura). De acuerdo a la R.S. N° 2900-72-ED del 28 de diciembre del 1972, forma parte del «Patrimonio Cultural de la Nación» como iglesias, casonas y plazas, Esta casona fue construida (1667) por orden del funcionario eclesiástico Diego Ladrón de Guevara Orozco y Calderón, perteneciente al clérigo - XXV Virrey de Perú (1641-1718). Entre sus principales gestiones, se encuentra la construcción del Palacio Diego Ladrón de Guevara, el mismo que fue creado con la finalidad de impartir clases en la población de Huamanga en temas de Artes y Teología, fundándose de esta manera la Real y pontificia Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga contando con el reconocimiento del Rey de España (considerándose de esta manera la denominación Real) y avalada con la Bula Papal de aquel entonces (considerándose de esta manera la denominación Pontífice).

Figura 21

Plaza de Armas Huamanga-Ayacucho, Casona Diego Ladrón de Guevara ubicado al lado derecho. Panorámica de la plaza al atardecer (Nombrado por Autor)

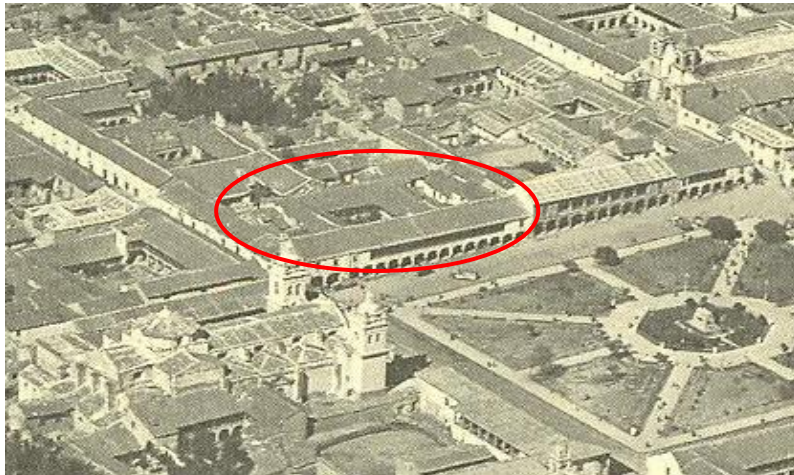


Nota: La imagen muestra la Plaza Mayor de la Ciudad de Huamanga, al Lado derecho se observa la Casona Diego Ladrón de Guevara (indicado por la flecha). <http://mariovar2.blogspot.com/2015/12/ayacucho-cronica-de-mis-tres-dias-what.html>
Publicado 12th March 2016 por Unknown Panorámica de la plaza al atardecer

Figura 22

Vista aérea del centro histórico de la Huamanga de 1943

Muestra que se conserva la construcción original de la casona, en los años 1700



Nota: La imagen muestra la conservación de la una construcción inicial en los años 1943, tiene forma cuadrangular, la que con el tiempo pierde el ala izquierda y la parte posterior. García L.(s.f) *Seminario de Urbanismo Historia Cronológica de la Ciudad de Huamanga-UAP.*

Condiciones Físicas Actuales de la Casona: La Casona Diego Ladrón de Guevara originalmente contaba de una forma geométrica cuadra, la que con el correr de los años fue deteriorándose quedando solo la parte frontal y un ala izquierdo, no quedando la parte posterior y ala derecha. Durante el proceso de recojo de información se ha realizado el levantamiento y toma de medidas de la Casona a fin de poder realizar el dibujo con Software Autocad, así mismo se ha recogido la información de los materiales empleados en su construcción, estados de las estructuras, tanto muros, columnas, pilares, techo y otros. Así mismo se ha realizado las pruebas de compresión simple de bloques de adobe, prueba de determinación de peso unitario de suelos cohesivos (método parafina), ensayo de rebote con Martillo Schmidt, para determinar la dureza de la roca. Toda esta información recogida es necesario para el desarrollo del presente estudio y análisis.

Materiales Constructivos encontrados en la Casona Diego Ladrón de Guevara

Muros de adobe

Los muros originales son de adobe cuyos anchos en promedio de los muros alcanzan hasta 1.00 m, los cuales constan de adobe (asentados de cabeza) con mortero de barro entre uno y otra, recubiertas de barro en todo el muro, estos adobes son la combinación de material fino con presencia de rocas, tal como puede apreciarse en la Figura 23, donde se aprecia el adobe íntegro y otro con corte realizado a este para su análisis y estudio. Así mismo estos adobes en promedio tienen las medida de 0.70 m. de largo, 0.40 m. de ancho y 0.15 m. de alto.

Figura 23

Pieza de adobe extraído de muro y corte realizado a la misma.



Nota: La Fotografía muestra el adobe empleado en la construcción de la edificación colonial, donde se puede apreciar una mezcla de material fino con rocas pequeñas. Al lado un corte de adobe para observar la composición – elaboración propia, mayo 2021.

Figura 24

Determinación del lugar de obtención de muestras de adobe para ser estudiado.



Nota: Imágenes muestran la búsqueda y obtención de las muestras de adobe de los muros. Tomados de fuentes propias, mayo 2021. Casona Diego Ladrón de Guevara-Ayacucho.

Ensayos Mecánicos Realizado a la Unidad de Adobe

Ensayo de Compresión Simple, una vez extraída la muestra de adobe se ha procedido a uniformizar la superficie con una pasta de yeso a fin de proteger la muestra, realizar adecuadamente el ensayo y ser manipulado con seguridad, así mismo se ha obtenido muestras pequeñas para que pueda sostenerse a la prueba de compresión simple (04 ensayos), la uniformidad de superficie tiene por objetivo principal que la transmisión de carga del equipo de ensayo, sea uniforme en la unidad preparada. Todos los resultados formarán parte de los anexos del presente estudio.

Figura 25

Unidad de adobe, pequeñas muestras, pesado y las medidas de largo ancho y alto.



Nota: En las imágenes se ven muestras de adobe, medidas de las muestras, realización de la prueba y tesistas verificando el proceso de realización de Prueba de compresión simple – *elaboración propia*, mayo 2021.

Ensayos de peso unitario en suelos cohesivos (Método de la Parafina), esta prueba se ha realizado con el objetivo de conocer el peso unitario de un suelo cohesivo, para lo cual se ha requerido de la parafina con la cual se impermeabiliza la muestra ello debido a que se tiene muestras irregulares y se obtendrá la porosidad de esta. Ello ayuda a determinar la densidad húmeda y seca del material. Los resultados serán parte de los anexos del presente estudio.

Figura 26

Muestras de material de adobe, preparadas para determinar el peso unitario de suelo cohesivo.



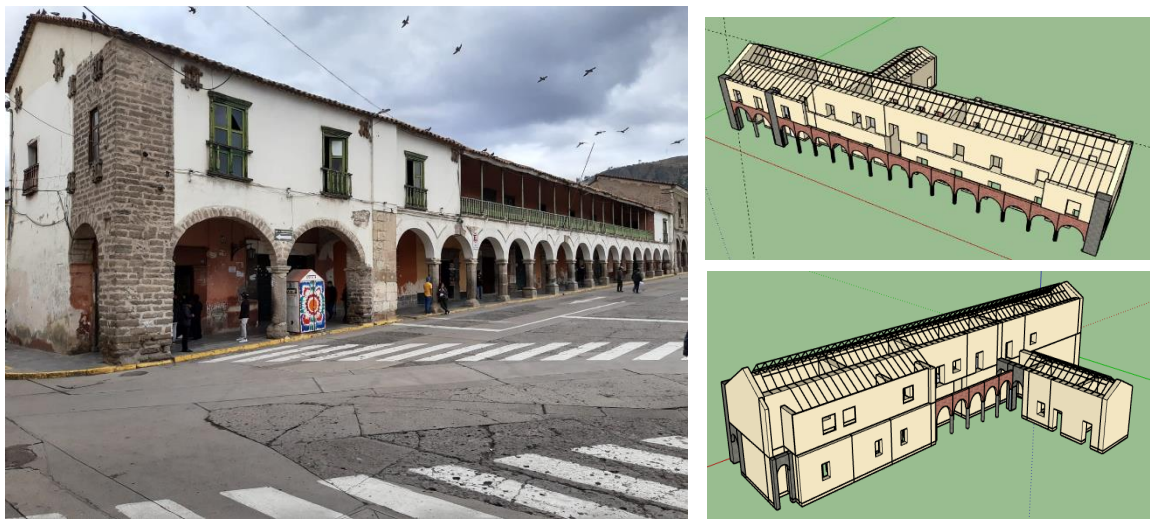
Nota: Las imágenes muestran trozos de adobe recubierto con parafina para determinación el peso unitarios de suelo cohesivo del material empleado para el adobe – *elaboración propia*, mayo 2021

Pilares y Columnas de piedras

Estos elementos vienen a ser los componentes principales(Figura 27) de la casona Diego Ladrón de Guevara, por su composición de mampostería de piedra de tipo tobas y brechas volcánicas cuyos orígenes datan de la era terciaria superior, las cuales constan de una matriz cementante con presencia de clastos de colores blanquesinas y oscuras(Figura 28).

Figura 27

Elemento estructural pilares y columna de mampostería de piedra con mortero de cal.



Nota: Las imágenes muestran las estructuras principales en la construcción de la edificación colonial, donde se puede apreciar el asentamiento de piedras labradas con mortero de cal.(Pilares) Al lado un corte en 3D de la ubicación de la Pilares y columnas – *elaboración propia, mayo 2021.*

Figura 28

Materiales encontrados en los elementos estructurales columna de mampostería.



Nota: Las imágenes muestran vistas ampliadas de la rocas usadas para la construcción de la edificación colonial, donde se puede apreciar los colores en las estructuras principales – *elaboración propia, mayo 2021.*

Ensayo realizado en Pilares y Columnas de Piedra

Pruebas in situ de rebote de martillo: mediante el esclerómetro Schmidt se ha podido medir la resistencia a la compresión simple de la roca en las columnas y pilares de piedra. Este método consiste realizar unos pequeños golpes mediante el cual se genera un rebote de masa de acero sobre una superficie plana de contacto. Los resultados serán parte de los anexos del presente estudio.

Figura 29

Realización de Prueba Estándar para dureza de roca con Método Martillo Rebote.



Nota: Las imágenes muestran el instrumento Esclerómetro Schmidt para determinar la dureza de la roca por el método de rebote, imágenes del proceso de prueba en columnas y pilares de rocas usadas para la construcción de la edificación colonial, donde se puede apreciar los colores en las estructuras principales – *elaboración propia*, mayo 2021

Daños a la infraestructura – Casona Diego Ladrón de Guevara

Daño por Desgaste en los pilares y columnas de piedra de los pórticos

Las columnas y pilares de piedra son los que cumplen la capacidad de sostener la estructura por lo que considerando su antigüedad, el descuido en la conservación y otros factores, se evalúa que presenta desgaste a nivel de la base que disminuye la capacidad de soporte de cargas verticales y/o gravitacionales.

Figura 30

Desgaste en la parte inferior de las columnas y pilares en la Casona Diego Ladrón de Guevara.



*Nota: La imagen muestra el desgaste que va ocasionando con el tiempo en la base de las columnas y pilares de roca.
Elaboración propia, mayo 2021.*

Fisuras y Grietas en muros

Durante el diagnóstico realizado al patrimonio histórico como es la Casona Diego Ladrón de Guevara, se ha encontrado que existen fisuras y grietas las cuales se presentan de la siguiente manera:

Grietas Diagonales en los muros: este tipo de grietas se dan por acción de los sismos en la dirección de los muros o fuerzas horizontales en diferentes sentidos, pueden ser estas de esquina a esquina, también pueden ser dentadas en dirección de las juntas del asentado de adobe.

Figura 31

Grietas de tipo diagonales vista interior y vista exterior, Casona Diego Ladrón de Guevara.

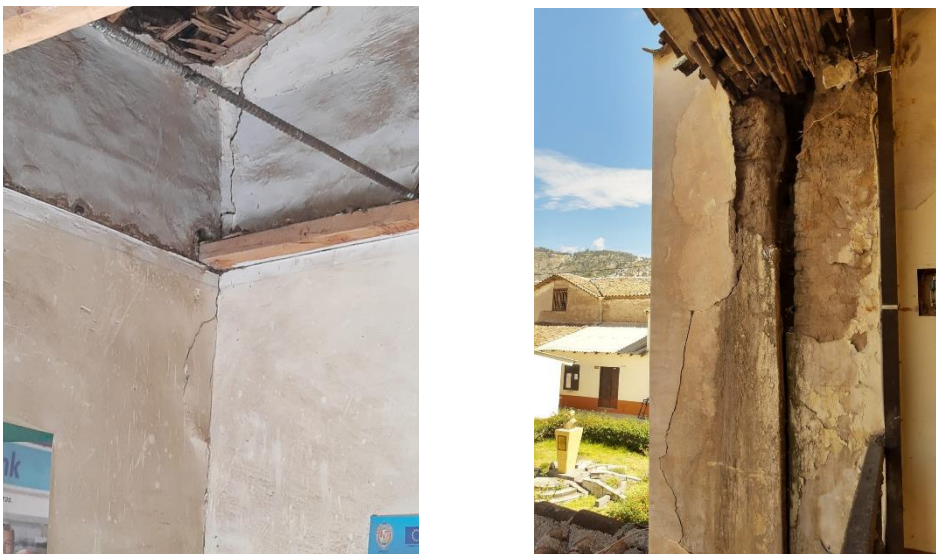


Nota: La imagen muestra una grieta diagonal que va entre el tímpano y la ventana hacia un lateral. Elaboración propia, mayo 2021.

Grieta verticales en los encuentros de muros: generalmente este tipo de grietas se dan porque pierde la conexión con la pared transversal, ello sucede porque durante un sismo por acción de las ondas sísmicas empieza una fisura en la parte superior extendiéndose hasta el inferior. En la imagen se muestra que una está dando inicio a este tipo de fisura y el segunda se observa que ya no tiene conexión con otro muro y pasa a ser un peligro.

Figura 32

Fisuras y grietas en los encuentros de muro (esquinas) Casona Diego Ladrón de Guevara.



Nota: La imagen muestra una grieta en los encuentros de los muros en la Casona Diego Ladrón de Guevara. Elaboración propia, mayo 2021.

Grietras verticales en el centro superior de los muros largos este tipo de grietas se dan en muros largos, que se inician de la parte superior hacia la parte inferior y se encuentra aproximadamente en el centro del muro largo, de gran esbeltez, esta se da cuando las fuerzas sismicas actuan de forma transversal o perpendicular al muro acompañado de esfuerzos de tracción por flexión donde se forman las grietas y de ocurrir otro sismo este muro podría colapsar.

Figura 33

Grietas verticales en el centro del muro en la Casona Diego Ladrón de Guevara.



Nota: Imágenes muestran grietas en el el centro de muro en la Casona Diego Ladrón de Guevara-Ayacucho, Elaboración propia, mayo 2021.

EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD(Benedetti y Petrini)

Para determinar índice de vulnerabilidad se aplicó el método italiano elaborado por Benedetti y Petrini (Tabla 12), con las modificaciones elaboradas por Medina y Piminchumo (2018), donde se ajusta parámetros originales con la norma técnica peruana E 080 como lo muestra la Tabla 11.

Tabla 11

Comparación de los parámetros de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini con la Norma Técnica Peruana E 080, para edificaciones de mampostería de adobe.

| COMPONENTE PROPUESTO POR LA NORMA TECNICA PERUANA PARA ESTRUCTURA | PARÁMETRO ANÁLOGO DEL Iv: (una vez efectuadas las adaptaciones) |
|---|--|
| ASPECTOS GEOMÉTRICOS | |
| Irregularidad en planta de la edificación. | 6. Configuración en planta |
| Cantidad de muros en las dos direcciones. | 8. Distancia máxima entre los muros. |
| Irregularidad en altura. | 7. Configuración en elevación. |
| ASPECTOS CONSTRUCTIVOS | |
| Calidad de las juntas de pega en mortero | 2. Calidad del sistema resistente. |
| Tipo y disposición de las unidades de mampostería. | 2. Calidad del sistema resistente. |
| Calidad de las juntas de los materiales. | 2. Calidad del sistema resistente. |
| ASPECTOS ESTRUCTURALES | |
| Muros confinados y reforzados. | 1. Organización del sistema resistente. |
| Detalles de columnas y vigas de confinamiento. | 3. Resistencia convencional. |
| Vigas de amarre o corona | 9. Tipo de cubierta. |
| Características de las aberturas. | ----- |
| Diagrama Rígido. | 5. Diafragma horizontales. |
| Amarre de cubiertas | 9. Tipo de cubierta. |
| CIMENTACIÓN | ----- |
| SUELOS | 3. Resistencia convencional. |
| ENTORNO o TOPOGRAFIA | 4. Posición del edificio y cimentación. |

Nota: Tabla extraída de *DIAGNÓSTICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN AYACUCHO*, por Castro, 2011, Seminario Regional de Estudios y Normalización de la Construcción.

Tabla 12

Parámetros de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.

| i | Parámetros | Clases Ki | | | | Peso Wi |
|----|--------------------------------------|-----------|----|----|----|---------|
| | | A | B | C | D | |
| 1 | Organización del sistema resistente. | 0 | 5 | 20 | 45 | 1.00 |
| 2 | Calidad del sistema resistente. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 3 | Resistencia convencional. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.50 |
| 4 | Posición del edificio y cimentación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.75 |
| 5 | Diafragma horizontales. | 0 | 5 | 15 | 45 | 1.00 |
| 6 | Configuración en planta. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.50 |
| 7 | Configuración en elevación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |
| 8 | Distancia máxima entre los muros. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 9 | Tipo de cubierta. | 0 | 15 | 25 | 45 | 1.00 |
| 10 | Elementos no estructurales. | 0 | 0 | 25 | 45 | 0.25 |
| 11 | Estado de conservación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |

Nota: Cuadro extraído de *Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Monsefú Aplicando los Índices de Benedetti - Petrini*, por Medina y Piminchumo, 2018, Tesis de Grado Para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo".

PARÁMETRO 1: Tipo y organización del sistema resistente

El parámetro evalúa calidad constructiva de la edificación verificando tipo de conexiones entre elementos resistentes de la estructura como muros columnas y vigas.

Tabla 13

Verificación del parámetro 1, Tipo y Organización del sistema resistente - Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|---|--|
| A | Edificaciones de adobe según la norma E-080. | La casona no presenta elementos de arriostre horizontales y verticales en sus cuatro lados. Como es una edificación del siglo XVII fue construida sin asesoramiento técnico. |
| B | Edificaciones de adobe con elementos de arriostre horizontales y verticales, pero sin asesoramiento técnico. | |
| C | Edificaciones de adobe sin elementos de arriostre en sus cuatro lados, sin asesoría técnica, pero con adecuada distribución de muros y regularidad. | |
| D | Edificaciones de adobe sin elementos de arriostre en sus cuatro lados, sin asesoría técnica y sin adecuada distribución de muros. Edificaciones de quincha y tapial. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | C |

Nota: El cuadro muestra el resultado obtenido del análisis en el parámetro 1. *Elaboración propia. Junio 2021*

PARÁMETRO 2: Calidad del Sistema Resistente

Este parámetro para edificaciones de mampostería evalúa la calidad de los materiales constructivos teniendo en cuenta tipos de los materiales y la homogeneidad de la distribución de las unidades de adobe en la pared.

Tabla 14

Verificación del parámetro 2, calidad de los materiales - Casona Diego Ladrón de Guevara

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|--|--|
| A | El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características: Unidades de adobe de buena calidad y resistencia con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. Presencia de buen amarre entre unidades de adobe. Mortero de barro de buena calidad con espesor de la mayoría de juntas continuas y homogéneas tal como mencionan las normas. | En la casona material predominante es el adobe que a pesar de su buena resistencia a compresión no contiene paja lo que causa una mala deficiente entre materiales de cuales está compuesto como tierra y piedras. El amarre entre unidades de adobe no es de buena calidad porque el barro en las juntas ha perdido cohesión y tiende a polvorizarse, además su espesor no es uniforme. |
| B | El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A. | |
| C | El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A. | |
| D | El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | D |

Nota: El cuadro muestra el resultado obtenido del análisis en el parámetro 2. *Elaboración propia. Junio 2021*

PARÁMETRO 3: Resistencia convencional

En las construcciones de adobe se puede evaluar su resistencia convencional, determinando la resistencia que la estructura puede presentar frente a las fuerzas horizontales. Método implica uso de los cálculos simples elaborados por el Hurtado y Cardona desarrollada en 1990, donde se determinó escoger la clase, no por el factor “a” como acontece con el método de índice de vulnerabilidad, sino por la demanda de ductilidad DD, que es el inverso de “a”.

DETERMINAR LA RESISTENCIA CORTANTE MENOS FAVORABLE

Donde se consideran el área de muros en un plano en el primer piso de la edificación. La resistencia cortante se calcula como:

$$VR = \min (Ax, Ay). V$$

Donde:

V = resistencia a cortante de los muros

Ax, Ay = Áreas totales de muros en las direcciones X y Y

Se escoge área de muros en dirección X como más crítica, obteniendo el siguiente resultado:

| Ay (m ²) | V adobe (kg/m ²) | VR (kg) |
|----------------------|------------------------------|-----------|
| 96.00 | 5000.00 | 479995.00 |

Tabla 15

Hoja de cálculo de área en el eje X - Casona Diego Ladrón de Guevara

| DIRECION X | | | | |
|------------|------------|-------------|-----------|------------------------|
| EJE | ENTRE EJES | ESPEJOR (m) | LARGO (m) | AREA (m ²) |
| 2 | A-B | 1.30 | 2.30 | 2.99 |
| 2 | C-D | 1.30 | 1.70 | 2.21 |
| 2 | D | 1.30 | 3.05 | 3.97 |
| 2 | F | 1.30 | 2.86 | 3.72 |
| 2 | H | 1.30 | 2.24 | 2.91 |
| 2 | I | 1.30 | 1.93 | 2.51 |
| 2 | J | 1.30 | 3.35 | 4.36 |
| 2 | L | 1.30 | 3.31 | 4.30 |
| 2 | N | 1.30 | 3.33 | 4.33 |
| 2 | O | 1.30 | 3.47 | 4.51 |
| 3 | A-H | 1.05 | 28.77 | 30.21 |
| 3 | I-R | 1.05 | 28.33 | 29.75 |
| 5 | D-E | 1.20 | 3.90 | 4.68 |
| 6 | K-M | 0.60 | 4.82 | 2.89 |
| 6 | M-Ñ | 0.60 | 2.88 | 1.73 |
| 6 | M-P | 0.60 | 6.35 | 3.81 |
| 6 | M-P | 0.60 | 3.13 | 1.88 |
| 7 | D-E | 1.00 | 4.36 | 4.36 |
| 8 | D-E | 0.60 | 1.25 | 0.75 |
| 8 | D-E | 0.60 | 1.65 | 0.99 |

| | | | | |
|-------|-----|------|------|--------|
| 9 | D-E | 0.70 | 2.45 | 1.72 |
| 9 | D-E | 0.70 | 1.90 | 1.33 |
| TOTAL | | | | 119.89 |

Nota. Elaboración propia. Junio 2021

CALCULAR EL PESO DE LA EDIFICACIÓN

Se obtiene considerando los siguientes valores:

Tabla 16

Hoja de cálculo del peso de la edificación – Casona Diego Ladrón de Guevara.

| | | | |
|--|----------|---|-------|
| At = área total construida en planta (m ²). | | | |
| At= | 876.00 | | |
| Ax = área total resistente de muros (m ²), en la dirección X. | | | |
| Ax= | 119.89 | | |
| Ay = área total resistente de muros (m ²), en la dirección Y. | | | |
| Ay= | 96.00 | | |
| H = altura promedio de entrepiso (m). | | | |
| H= | 5.10 | | |
| N = número de pisos de la edificación. | | | |
| N= | 2.00 | | |
| Pm = peso específico de la mampostería (tn/m ³). | | | |
| Pm= | 1,451.00 | | |
| Ps = peso por unidad de área del diafragma horizontal (kg/m ²) | | | |
| Area= | 55.00 | Viguetas de madera y entarimado. | 55.00 |
| Area= | 100.00 | Viguetas de madera y tablero de ladrillo. | 55.00 |
| M = número de diafragmas horizontales. | | | |
| M= | 1.00 | | |
| Ac = área total de la cubierta. | | | |
| Ac= | 1,068.29 | | |
| Pc = peso por unidad de área de la cubierta | | | |
| Pc= | 160.00 | | |

Nota: El cuadro muestra el resultado obtenido del peso de la edificación, parámetro 3. Elaboración propia. Junio 2021

Aplicando la fórmula:

$$W = N*(Ax + Ay)*h*Pm + M*Ps*At + Ac*Pc$$

| |
|--------------------------|
| W = 3423126.38 kg |
|--------------------------|

CALCULAR EL COEFICIENTE SÍSMICO RESISTENTE CSR,

$$CSR = \frac{VR}{W}$$

Donde:

CSR= Coeficiente sísmico resistente.

W= Peso de la estructura

| |
|-------------------|
| CSR = 0.14 |
|-------------------|

CALCULAR EL COEFICIENTE SÍSMICO EXIGIDO (CSE)

El cual será el valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibración dado, tal como menciona el reglamento sismo resistente.

Para mampostería de adobe (E-080):

$$CSE = SUC$$

Donde:

S = Factor de suelo según lo indicado en la Tabla N° 17.

Tabla 17

Tabla de determinación de Factor de Suelo(S).

| Tipo | Descripción | Factor de suelo (S) |
|------|--|---------------------|
| I | Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm ² | 1,0 |
| II | Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm ² | 1,4 |

Nota: El cuadro nos muestra el Factor de Suelo (S), de acuerdo al tipo de material, para el estudio se seleccionó el 1.4.
RNE E.080, (2017)

$$S = 1.4$$

U = Factor de uso según lo indicado en la Tabla N° 18

Tabla 18

Tabla de determinación del Factor de Uso (U).

| Tipo de Edificaciones | Factor de Uso (U) | Densidad |
|--|-------------------|----------|
| NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones | 1,4 | 15% |
| NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas | 1,2 | 12% |
| Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta | 1,0 | 8% |

Nota: El cuadro nos muestra el Factor de Uso de una edificación (U), de acuerdo al que se le dará, se eligió de uso Educación 1.4.y densidad 15% RNE E.080, (2017)

Como la edificación es de propiedad de la Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga - Ayacucho, tiene uso en el sector de educación por ende el factor de uso es de:

$$U = 1.4$$

C = Coeficiente sísmico según lo indicado en la Tabla N° 19.

Tabla 19

Tabla de determinación de Coeficiente Sísmico (C).

| Zona Sísmica | Coeficiente Sísmico (C) |
|--------------|-------------------------|
| 4 | 0,25 |
| 3 | 0,20 |
| 2 | 0,15 |
| 1 | 0,10 |

Nota. El cuadro nos muestra Coeficiente sísmico (C), se eligió la zona sísmica 3 con el coeficiente 0.2, por la ubicación de Ayacucho, RNE E.080, (2017)

La casona está ubicada en la región de Ayacucho considerado como zona sísmica 3 por ende coeficiente sísmico es de:

C = 0.20

CSE = 0.39

CALCULAR LA DEMANDA DE DUCTILIDAD, CON LA RELACIÓN:

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

DD = 2.80

Tabla 20

Verificación del parámetro 3, Resistencia convencional - Casona Diego Ladrón de Guevara

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN |
|---|----------------------|
| A | $DDD < 0.50$ |
| B | $0.5 \leq DD < 1.0$ |
| C | $1.0 \leq DDD < 1.5$ |
| D | $DDDD \geq 1.5$ |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | |
| C | |

Nota: El cuadro muestra el resultado obtenido del análisis en el parámetro 3. *Elaboración propia. Junio 2021*

PARÁMETRO 4 – Posición del Edificio y Cimentación.

Este parámetro evalúa la influencia de la cimentación y suelo de fundación en el comportamiento de la estructura y su vulnerabilidad. Aspectos que se consideran en la evaluación son: tipo y consistencia del suelo, pendiente del terreno, presencia del terraplén y desnivel entre cotas de fundación.

Tabla 21

Tabla de Influencia Posición del Edificio y Cimentación – Casona Diego Ladrón de Guevara

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|---|---|
| A | Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota y está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales conformando anillos amarrados. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén | De los datos de estudio de suelos se observa el suelo hasta 1.70 m de profundidad como relleno antrópico no controlado, conformado por material orgánica, con presencia de raíces incipientes, material suelto. En la profundidad de 1.70m compuesta por poca a pequeña cantidad de grava (10.7%), bastante cantidad de arena (65.7%) y pequeña cantidad de finos (23.6%) Edificación está construida en una pendiente de 3% pero la diferencia máxima entre las cotas de la fundación es de 1.80. |
| B | Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro y la cimentación no cuenta con anillos amarrados, pero sí con vigas de concreto. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. | |
| C | Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro y la cimentación no cuenta con anillos amarrados ni vigas de concreto. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. | |
| D | A. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | D |

Nota: El cuadro muestra el resultado obtenido del análisis en el parámetro 4. *Elaboración propia. Junio 2021*

PARÁMETRO 5 – Diafragma Horizontales.

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Que el diafragma funcione como tal, permitirá que la fuerza sísmica se distribuya en cada nivel proporcional a los elementos resistentes.

Tabla 22

Verificación del parámetro 5, Calidad de Diafragmas Horizontales - Casona Diego Ladrón de Guevara.

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|--|--|
| A | Edificación con diafragma compuesto de una losa aligerada apoyada sobre vigas de concreto armado | Diafragma horizontal de la casona está compuesta por vigas de madera en mal estado lo que disminuye su rigidez, además en la edificación no se observa existencia de las vigas collar sino tijerales se apoyan directamente en los muros lo que causa que la conexión entre diafragma y muros es deficiente. |
| B | Edificación con techo compuesto de caña y vigas de madera en buen estado. | |
| C | Edificación con techo compuesto de caña y vigas de madera en estado deflactado. | |
| D | Edificación sin diafragma. Cubierta de eternit. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | C |

Nota. Elaboración Propia, Junio 2013.

PARÁMETRO 6 – Configuración en Planta.

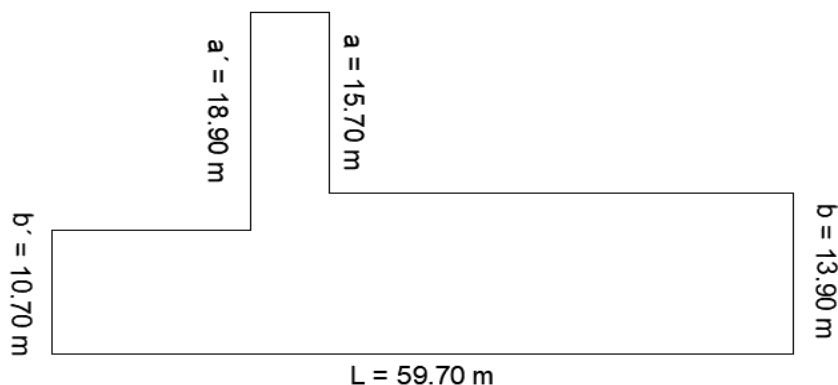
El parámetro evalúa la simetría de la planta. La simetría más favorable es cuando la planta se asemeja la forma de un cuadrado, cuando esta simetría esta alterada con secciones muy alargadas, esquinas entrantes, puede alterar el comportamiento estructural causando problemas de torsión o inadecuada concentración de los esfuerzos en las esquinas y elementos alejados de centros de gravedad y de rigidez.

En la Figura 34 se muestra método para evaluar las edificaciones con planta regular e irregular donde se obtiene factor $\beta_1 = a'/y$ y $\beta_2 = b/L$, donde L es la dimensión mayor de edificio y a, b dimensiones menores. En el caso de las edificaciones irregulares se escoge el factor más desfavorable.

En el caso de la casona se obtiene:

Figura 34

Esquema de la planta de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.



Nota. La imagen muestra la forma de la edificación existente en la Casona Diego Ladrón de Guevara, Elaboración propia, junio 2021.

Tabla 23

Medidas de los lados de la edificación y valores de β

| LADOS | VALORES β |
|-------------------------|-----------------|
| a = 15.70 L = 59.70 | a/L = 0.26 |
| b = 13.90 L = 59.70 | a/L = 0.23 |
| a' = 18.90 L = 59.70 | a/L = 0.32 |
| b' = 10.70 L = 59.70 | a/L = 0.18 |
| Desfavorable | 0.26 |

Nota. La tabla muestra resultado de la relación de lados del edificio, *Elaboración propia, junio 2021.*

Tabla 24

Tabla de determinación de la Vulnerabilidad en función a los valores de β obtenidos.

| CLASES K_i | DESCRIPCIÓN |
|---|--|
| A | Si $\beta_1 \geq 0.80 \text{ } \dot{\text{o}} \text{ } \beta_2 \leq 0.10$ |
| B | Si $0.80 > \beta_1 \geq 0.6 \text{ } \dot{\text{o}} \text{ } 0.10 < \beta_2 \leq 0.20$ |
| C | Si $0.60 > \beta_1 \geq 0.4 \text{ } \dot{\text{o}} \text{ } 0.20 < \beta_2 \leq 0.30$ |
| D | $i \text{ } 0.40 > \beta_1 \text{ } \dot{\text{o}} \text{ } 0.30 < \beta_2$ |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | |
| D | |

Nota *Elaboración propia, junio 2021.*

PARÁMETRO 7 – Configuración en Elevación.

El parámetro aplicando el concepto de variación de masas entre pisos expresado en un porcentaje $\pm DM/M$. Para la mampostería de adobe se aplica la formula considerando el área de pisos $\pm DA/A$. Donde A es la área del piso más bajo y $\pm DA$ la variación ente superficies donde el signo (-) implica la reducción de la área en pisos superiores y signo (+) aumento de ella.

Aplicando en la casona analizada se tiene:

A 1 piso = 876.00 m²

A 2 piso = 776.00 m²

$\Delta A = - 100 \text{ m}^2$

$\Delta A / A = 11.42 \%$

Tabla 25

Tabla de determinación de la Vulnerabilidad en función a los valores de $\Delta A / A$ obtenidos

| CLASES K_i | DESCRIPCIÓN |
|---|-----------------------------------|
| A | $\pm \Delta A \leq 10\%$ |
| B | $10\% < \pm \Delta A \leq 20\%$ |
| C | Si $20\% < \pm \Delta A < 50\%$. |
| D | $\pm \Delta A \geq 50\%$. |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | |
| | B |

Nota Elaboración propia, junio 2021.

PARÁMETRO 8 – Distancia Máxima entre los Muros.

El parámetro tiene como objetivo evaluar existencia de los espaciamientos excesivos entre muros. Para determinar la clase de vulnerabilidad de la edificación en este parámetro se aplica la relación L/S, donde S es el espesor del muro portante y L es la distancia entre muros transversales.

Aplicando en la casona analizada se tiene:

Tabla 26

Hoja de Cálculo de factor L/S para la Casona Diego Ladrón de Guevara.

| EJE MURO 1 | EJE MURO 2 | ESPESOR (m) MURO 1 (S_1) | ESPESOR (m) MURO 2 (S_2) | DISTANCIA (L) (m) | FACTOR L/S ₁ | FACTOR L/S ₂ |
|------------|------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| A | B | 1.50 | 1.50 | 5.16 | 3.44 | 3.44 |
| B | C | 1.50 | 1.50 | 4.77 | 3.18 | 3.18 |
| C | D | 1.50 | 1.60 | 6.06 | 4.04 | 3.79 |
| D | F | 1.60 | 1.00 | 6.06 | 3.79 | 6.06 |
| F | H | 1.00 | 1.00 | 5.30 | 5.30 | 5.30 |
| H | I | 1.00 | 1.00 | 4.88 | 4.88 | 4.88 |
| I | K | 1.00 | 1.00 | 5.60 | 5.60 | 5.60 |
| K | L | 1.00 | 1.00 | 5.03 | 5.03 | 5.03 |
| L | N | 1.00 | 1.00 | 5.50 | 5.50 | 5.50 |
| N | O | 1.00 | 1.00 | 5.55 | 5.55 | 5.55 |
| O | R | 1.00 | 0.60 | 5.20 | 5.20 | 8.67 |
| D | E | 1.00 | 1.00 | 5.20 | 5.20 | 5.20 |
| 2 | 3 | 1.30 | 1.05 | 6.21 | 4.78 | 5.91 |
| 3 | 4 | 1.05 | 0.60 | 3.45 | 3.29 | 5.75 |
| 7 | 8 | 1.00 | 0.60 | 8.23 | 8.23 | 13.72 |
| 8 | 9 | 0.60 | 0.70 | 4.66 | 7.77 | 6.66 |

Nota, la tabla muestra el resultado obtenido del cálculo para la relación L/S, Elaboración propia, junio 2021.

Tabla 27

Tabla de determinación de la Vulnerabilidad Asignada en función a la relación L/S

| CLASES K_i | DESCRIPCIÓN |
|---|----------------------|
| A | $L/S < 15$ |
| B | $15 \leq L/S < 18$ |
| C | $18 \leq L/S < 25$. |
| D | $L/S \geq 25$ |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | |
| | A |

Nota, Elaboración propia, junio 2021.

PARÁMETRO 9 – Tipo de Cubierta.

En el parámetro se evalúa las condiciones y tipo de material de la cubierta que es un factor influyente en la capacidad de la estructura para resistir fuerza sísmica.

Tabla 28

Tabla de determinación de vulnerabilidad por Material de la cubierta de un edificio – Casona Diego Ladrón de Guevara.

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|---|---|
| A | Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana. | El techo de la casona está compuesto por los tijerales de madera y teja artesanal en mal estado con visibles desniveles causados por el deterioro de la cubierta. |
| B | Cubierta inestable con material liviano y en buenas condiciones. | |
| C | Cubierta inestable de material liviano en malas condiciones. | |
| D | Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | D |

Nota. La tabla muestra el resultado de acuerdo a las condiciones de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Junio 2021.

PARÁMETRO 10 – Elementos no Estructurales.

Es el parámetro de menos peso para definir la vulnerabilidad de la estructura y evalúa los elementos no estructurales pero que pueden causar las pérdidas humanas durante un sismo, definiendo su estado de conservación y conectividad con elementos estructurales. Estos elementos son balcones, parapetos, tabiques etc.

Tabla 29

Tabla de validación de elementos no estructurales de la Casona Diego Ladrón de Guevara

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|--|--|
| A | Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente. | La casona cuenta con balcones con un gran deterioro, con barandas de acero forjado con conexiones defectuosas debido a su antigüedad, muros de tabiquería elaborados con caña y yeso en el mal estado. |
| B | Edificación con balcones y parapetos bien conectadas al sistema resistente | |
| C | Edificación con balcones y parapetos mal conectada al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad. | |
| D | Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente y en mal estado. | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | C |

Nota. El cuadro muestra la selección de la clase de vulnerabilidad de acuerdo a los elementos no estructurales, *elaboración propia, junio 2021.*

PARÁMETRO 11 – Estado de Conservación.

El parámetro verifica el estado de conservación de la estructura de manera visual. Los factores que lo determinan son deterioro de los elementos estructurales. En caso de mampostería se evalúa presencia de las fisuras fallas por desplazamientos en el plano de los muros etc.

Tabla 30

Tabla de validación de Estado de Conservación de la Casona Diego Ladrón de Guevara

| CLASES Ki | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN |
|---|--|--|
| A | Edificación en buenas condiciones, sin fisura alguna | La casona se encuentra en un mal estado de conservación donde los muros presentan fisuras, fallas por desplazamientos en el plano de los muros. Además, por el mal estado en que se encuentra la Defensa Civil de Ayacucho la declaro inhabitable. |
| B | Edificación sin fisuras, pero cuyos componentes están levemente deteriorados | |
| C | Edificación con fisuras y además cuyos componentes estructurales están deteriorados | |
| D | Muros con fuerte deterioro de sus componentes, hay presencia de agrietamientos producto de fallas por flexión, por momento y corte | |
| CLASE DE VULNERABILIDAD ASIGNADA | | D |

Nota. El cuadro muestra la selección del estado de conservación de acuerdo a sus características, *elaboración propia, junio 2021.*

CALCULO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

El índice de vulnerabilidad se obtiene de la ecuación

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki * Wi$$

Para definir los valores del grado de la vulnerabilidad de la edificación se obtiene índice de vulnerabilidad normalizado cual es el valor en porcentaje obtenido de índice de vulnerabilidad máxima que es de 352.5 e índice de vulnerabilidad obtenida.

Rango de valores para definir grado de vulnerabilidad son los siguientes:

| | |
|----------------------|-------------------------|
| VULNERABILIDAD BAJA | $Iv_n < 15\%$ |
| VULNERABILIDAD MEDIA | $15\% \leq Iv_n < 35\%$ |
| VULNERABILIDAD ALTA | $Iv_n \geq 35\%$ |

En conclusión la casona en una evaluación cualitativa de Índice de vulnerabilidad obtuvo el valor de $Iv = 70.92\%$, que indica que pertenece a la clase de vulnerabilidad alta lo que está representado en la Tabla 31.

Tabla 31

Resultado de Análisis de Vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara

| i | Parámetros | Clases Ki | | | | Peso Wi | Ki*Wi | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------|---|----|----|--------------------------------|-------|---|--------|
| | | A | B | C | D | | | | |
| 1 | Organización del sistema resistente. | - | - | 20 | - | 1.00 | 20.00 | CALCULO DEL VALOR NORMALIZADO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IVn) | |
| 2 | Calidad del sistema resistente. | - | - | - | 45 | 0.25 | 11.25 | | |
| 3 | Resistencia convencional. | - | - | - | 45 | 1.50 | 67.50 | | |
| 4 | Posición del edificio y cimentación. | - | - | - | 45 | 0.75 | 33.75 | | |
| 5 | Diafragma horizontales. | - | - | 15 | - | 1.00 | 15.00 | IV VALOR MAXIMO | 382.50 |
| 6 | Configuración en planta. | - | - | - | 45 | 0.50 | 22.50 | IV VALOR OBTENIDO | 271.25 |
| 7 | Configuración en elevación. | - | 5 | - | - | 1.00 | 5.00 | IVn NORMALIZADO | 70.92% |
| 8 | Distancia máxima entre los muros. | 0 | - | - | - | 0.25 | 0.00 | VULNERABILIDAD ALTA | |
| 9 | Tipo de cubierta. | - | - | - | 45 | 1.00 | 45.00 | | |
| 10 | Elementos no estructurales. | - | - | 25 | - | 0.25 | 6.25 | | |
| 11 | Estado de conservación. | - | - | - | 45 | 1.00 | 45.00 | | |
| ÍNDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | $Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki * Wi$ | | | |

Nota. El cuadro muestra el resultado obtenido del análisis cualitativo realizado a la Casona, elaboración propia, junio 2021.

ANÁLISIS SÍSMICO con Software DIANA FEA

La Casona se analizó utilizando el software DIANA FEA, con el uso de elementos finitos.

El análisis se realizó con los parámetros propuestos en la NTE E-030 y E 020 del Reglamento Nacional de Edificaciones con los siguientes parámetros.

PROPIEDADES DE MATERIALES

La casona está compuesta por cinco tipos de materiales como para muros adobe, columnas y pilares piedra, arcos de ladrillo con mortero de cal, muros agregados en épocas posteriores de ladrillo con mortero de cemento, pisos y tijerales de madera.

Las propiedades de los materiales se obtuvieron para adobe y piedra de los ensayos de laboratorio donde se obtuvo la resistencia a la compresión y la densidad de los materiales.

Para madera y muro con mortero de cemento se asignó las propiedades de la norma NTP E 010 y NTP E 050.

Las propiedades que no se obtuvieron de los ensayos y no están especificadas en la norma se consideraron los valores propuestos por Meli R. (1998) donde a través de años de análisis y recopilación de datos de diferentes edificaciones históricas se proponen rangos de valores para materiales no convencionales, como se presenta en la Tabla 32.

Tabla 32*Propiedades de los materiales en edificaciones históricas*

| Material | Peso volumétrico T/m ² | Resistencia a compresión | Resistencia a cortante | Módulo de elasticidad |
|--|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| Adobe | 1.8 | 2-5 | 0.5 | 3000 |
| Bloques de tepetate con mortero de cal | 1.8 | 5-10 | 0.5 | 5000 |
| Ladrillo con mortero de lodo | 1.6 | 5-10 | 1.0 | 5000 |
| Ladrillo con mortero de cal | 1.6 | 15-20 | 2.0 | 10000 |
| Mampostería de piedra irregular con mortero de cal | 2 | 10-15 | 0.5 | 5000 |
| Mampostería de buena calidad | 2 | 30 | 2.0 | 20000 |
| Resistencia y módulos en kg/cm ² | | | | |

Nota. El cuadro muestra datos de las propiedades mecánicas de los materiales, Meli(1998). *Ingeniería estructural de los edificios históricos* (1a ed.) México. Fundación ICA A.C

Las propiedades lineales de los materiales aplicadas en el análisis se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33*Propiedades lineales de los Materiales*

| MATERIAL | Peso específico Y (kg/m ³) | Resistencia a compresión F _c (kg/cm ²) | Módulo de elasticidad E (kg/cm ²) | Módulo de Poisson μ |
|----------------------|--|---|---|-------------------------|
| ADOBE | 1,451.00 | 4.71 | 3,000.00 | 0.25 |
| LADRILLO CON CEMENTO | 1,800.00 | 35.00 | 17,500.00 | 0.25 |
| LADRILLO CON CAL | 1,600.00 | 20.00 | 10,000.00 | 0.25 |
| PIEDRA | 2,180.15 | 302.83 | 20,000.00 | 0.20 |

Nota. Elaboración propia, junio 2021

FACTOR DE ZONA

La casona está ubicada en la Región de Ayacucho – Provincia de Huamanga por ende pertenece a la Zona Sísmica 3:

$$Z_3 = 0.35$$

FACTOR DE SUELO

Suelo de fundación donde se ubica la edificación es de Tipo Suelos Intermedios S₂, por ende:

$$S = 1.20$$

FACTOR DE AMPLIACIÓN SÍSMICA

$$T = H/Ct = 0.195$$

$$T_p = 0.6$$

$$T_t = 2.0$$

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

FACTOR DE USO

La casona pertenece a la Universidad San Cristóbal de Ayacucho y está destinada al uso en sector de educación.

$$U = 1.5$$

COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN

$$R = 1$$

FACTORES DE IRREGULARIDAD

IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

$$I_a = 0.90$$

ESQUINAS ENTRANTES

$$I_p = 0.90$$

CARGAS APLICADAS

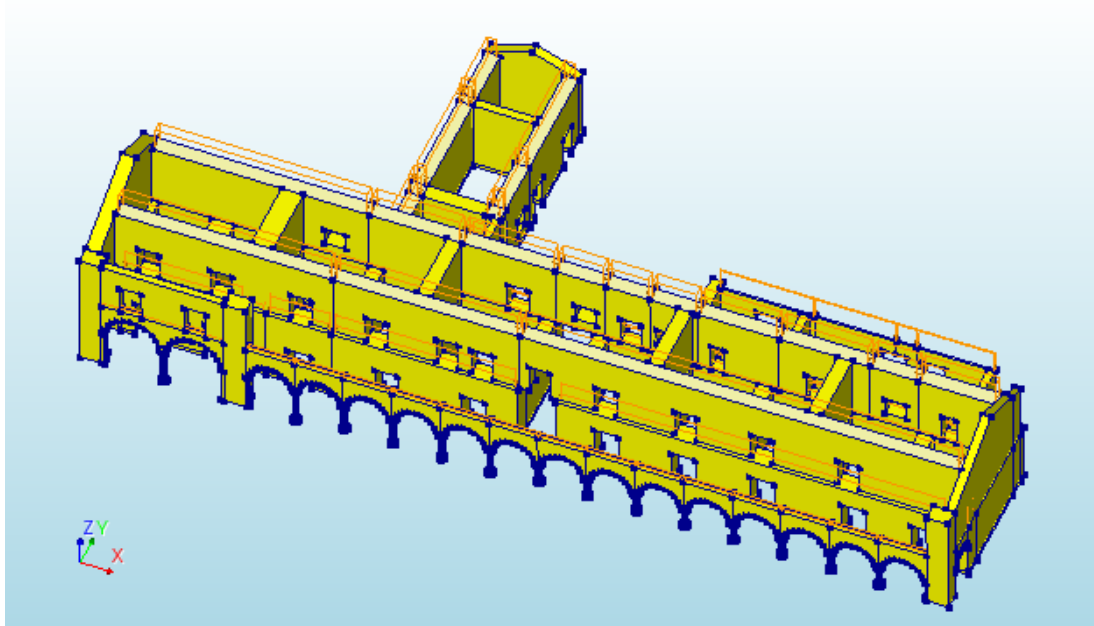
Coberturas de teja y barro se utilizará = 160 Kg/m²

Viguetas de madera y entramado (ambientes interiores) = 55 kg/m²

Viguetas de madera y tablero de ladrillo (balcones) = 100 kg/m²

Figura 35

Cargas aplicadas en la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho.



Nota. Elaboración propia, junio 2021

ESPECTROS DE RESPUESTA PARA SISMO DINÁMICO NO LINEAR

Para la definición de los espectros para sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro se obtuvo siguientes factoras

$$c = \left(\frac{\text{sismo frecuente}}{\text{sismo de retorno}} \right)^{0.35}$$

Factor de reducción:

$$R = \frac{1}{c}$$

SISMO OCASIONAL

$$C = (73/475)^{0.35} = 0.52$$

$$R = 1/0.52 = 1.935$$

Tabla 34

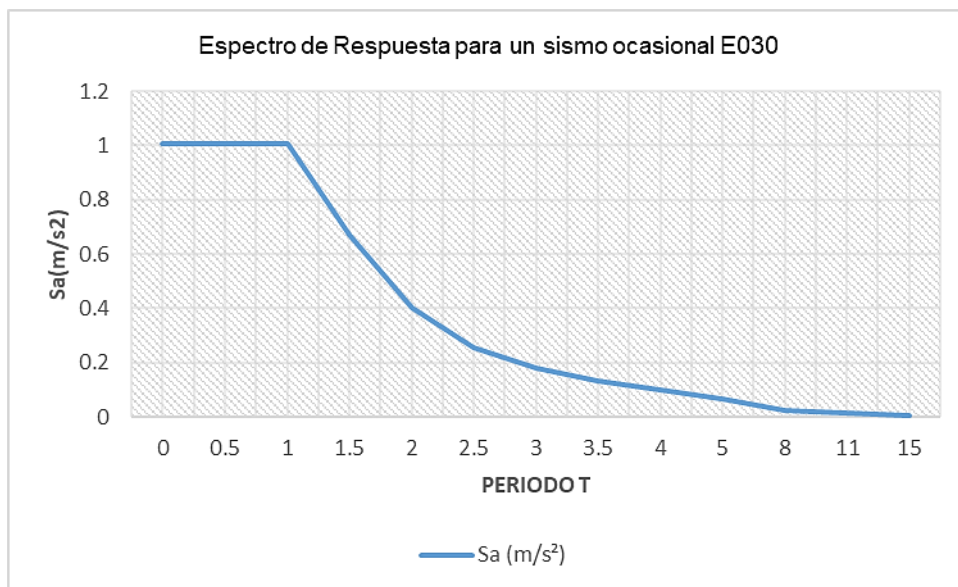
El cálculo del espectro para el sismo ocasional según E030.

| SISMO OCASIONAL | | |
|-----------------|-------|------------------------|
| C | T | Sa (m/s ²) |
| 2.50 | 0.00 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.10 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.20 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.30 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.40 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.50 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.60 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.70 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.80 | 1.0049 |
| 2.50 | 0.90 | 1.0049 |
| 2.50 | 1.00 | 1.0049 |
| 2.08 | 1.20 | 0.8374 |
| 1.67 | 1.50 | 0.6699 |
| 1.38 | 1.70 | 0.5563 |
| 1.00 | 2.00 | 0.402 |
| 0.64 | 2.50 | 0.2572 |
| 0.44 | 3.00 | 0.1786 |
| 0.33 | 3.50 | 0.1312 |
| 0.25 | 4.00 | 0.1005 |
| 0.16 | 5.00 | 0.0643 |
| 0.06 | 8.00 | 0.0251 |
| 0.03 | 11.00 | 0.0133 |
| 0.02 | 15.00 | 0.0071 |

Nota. Elaboración propia, junio 2021.

Figura 36

Espectro de respuesta de pseudo aceleración para sismo ocasional.



Nota. Elaboración propia, junio 2021.

SISMO RARO

$$C = (475/475)^{0.35} = 1$$

$$R = 1/1 = 1$$

Tabla 35

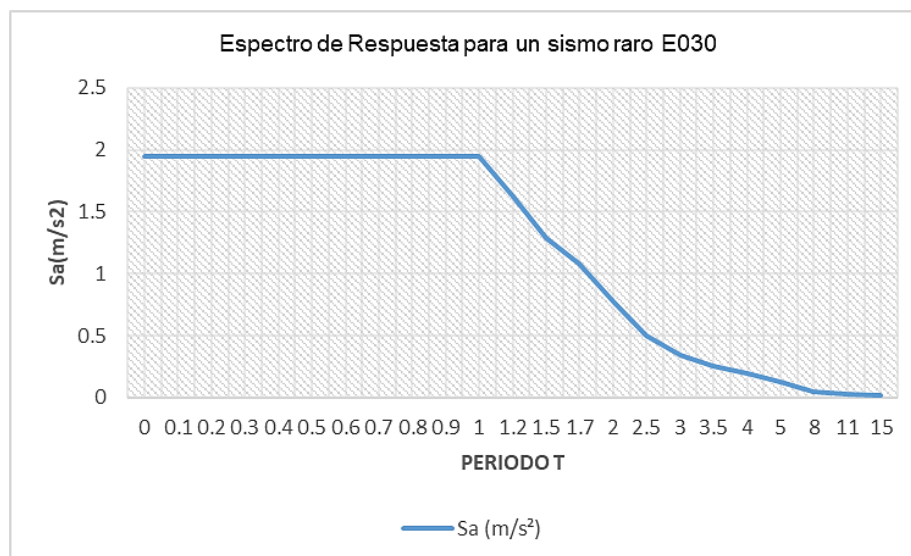
El cálculo del espectro para el sismo raro según E030.

| SISMO RARO | | |
|------------|-------|------------------------|
| C | T | Sa (m/s ²) |
| 2.50 | 0.00 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.10 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.20 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.30 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.40 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.50 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.60 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.70 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.80 | 1.9444 |
| 2.50 | 0.90 | 1.9444 |
| 2.50 | 1.00 | 1.9444 |
| 2.08 | 1.20 | 1.6204 |
| 1.67 | 1.50 | 1.2863 |
| 1.38 | 1.70 | 1.0765 |
| 1.00 | 2.00 | 0.7778 |
| 0.64 | 2.50 | 0.4978 |
| 0.44 | 3.00 | 0.3457 |
| 0.33 | 3.50 | 0.254 |
| 0.25 | 4.00 | 0.1944 |
| 0.16 | 5.00 | 0.1244 |
| 0.06 | 8.00 | 0.0486 |
| 0.03 | 11.00 | 0.0257 |
| 0.02 | 15.00 | 0.0138 |

Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 37

Espectro de respuesta de pseudo aceleración para el sismo raro según E030.



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

SISMO MUY RARO

$$C = (970/475)^{0.35} = 1.78$$

$$R = 1/1.78 = 0.56$$

Tabla 36

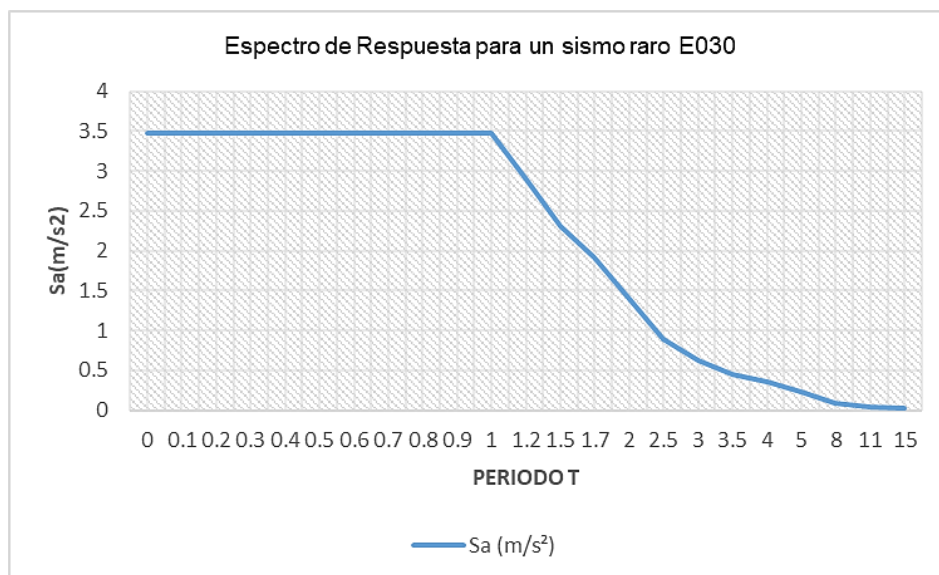
El cálculo del espectro para el sismo muy raro según E030.

| SISMO MUY RARO | | |
|----------------|-------|------------------------|
| C | T | Sa (m/s ²) |
| 2.50 | 0.00 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.10 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.20 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.30 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.40 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.50 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.60 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.70 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.80 | 3.4722 |
| 2.50 | 0.90 | 3.4722 |
| 2.50 | 1.00 | 3.4722 |
| 2.08 | 1.20 | 2.8935 |
| 1.67 | 1.50 | 2.3148 |
| 1.38 | 1.70 | 1.9223 |
| 1.00 | 2.00 | 1.3889 |
| 0.64 | 2.50 | 0.8889 |
| 0.44 | 3.00 | 0.6173 |
| 0.33 | 3.50 | 0.4535 |
| 0.25 | 4.00 | 0.3472 |
| 0.16 | 5.00 | 0.2222 |
| 0.06 | 8.00 | 0.0868 |
| 0.03 | 11.00 | 0.0459 |
| 0.02 | 15.00 | 0.0247 |

Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 38

Espectro de respuesta de pseudo aceleración para sismo muy raro según E 030.



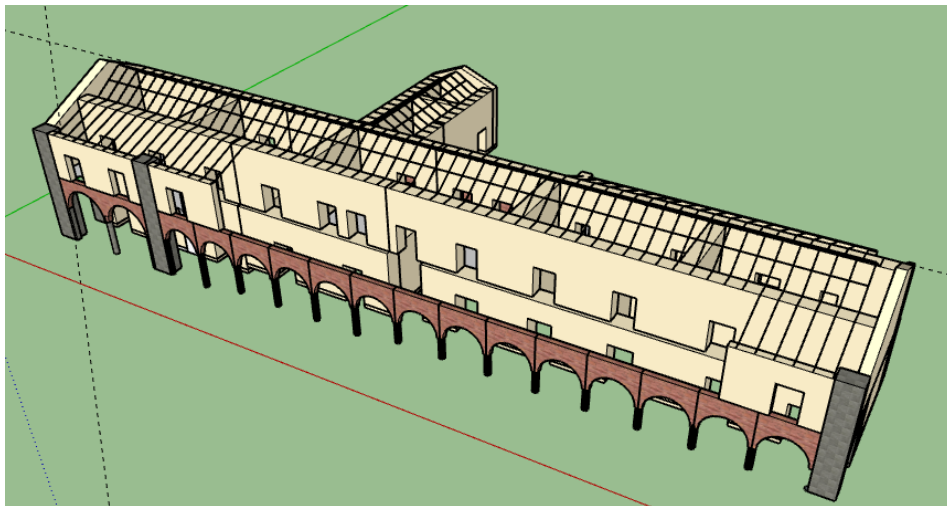
Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Modelamiento de los elementos

La geometría de la casona se modeló en el programa SketchUp Pro (Figura 39 y Figura 40) a la cual posteriormente fue transportada al programa de elementos finos DIANA FEA y se muestra en la Figura 41 y Figura 42. El modelo está compuesto por muros, pilares y columnas modelados con los elementos sólidos; el techo no fue modelado debido a la complejidad de simular las conexiones giratorias y deslizantes como lo menciona (Noel, 2017), por lo tanto, el peso del techo y pesos de primer piso como carga muerta del tablero y la carga viva se aplicó en partes superiores de los muros.

Figura 39

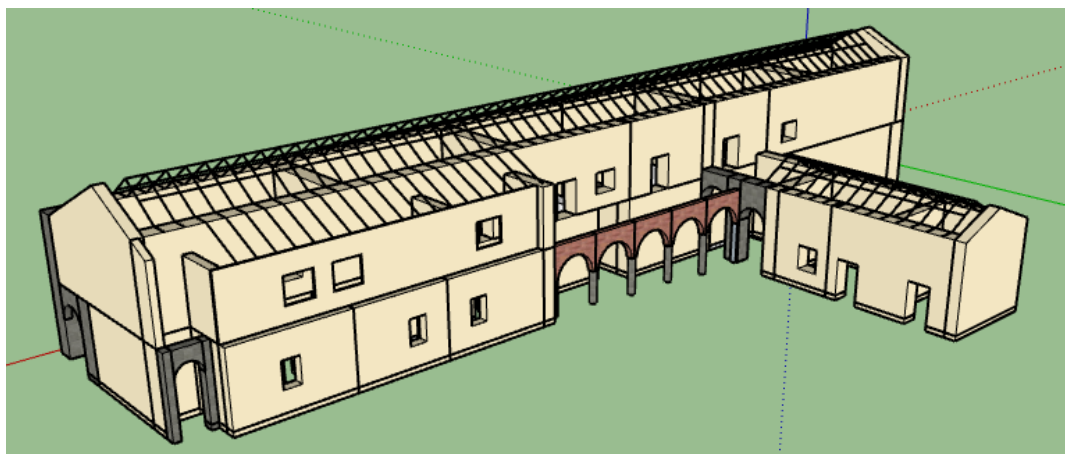
Geometría de la casona en SketchUp Pro, vista frontal



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 40

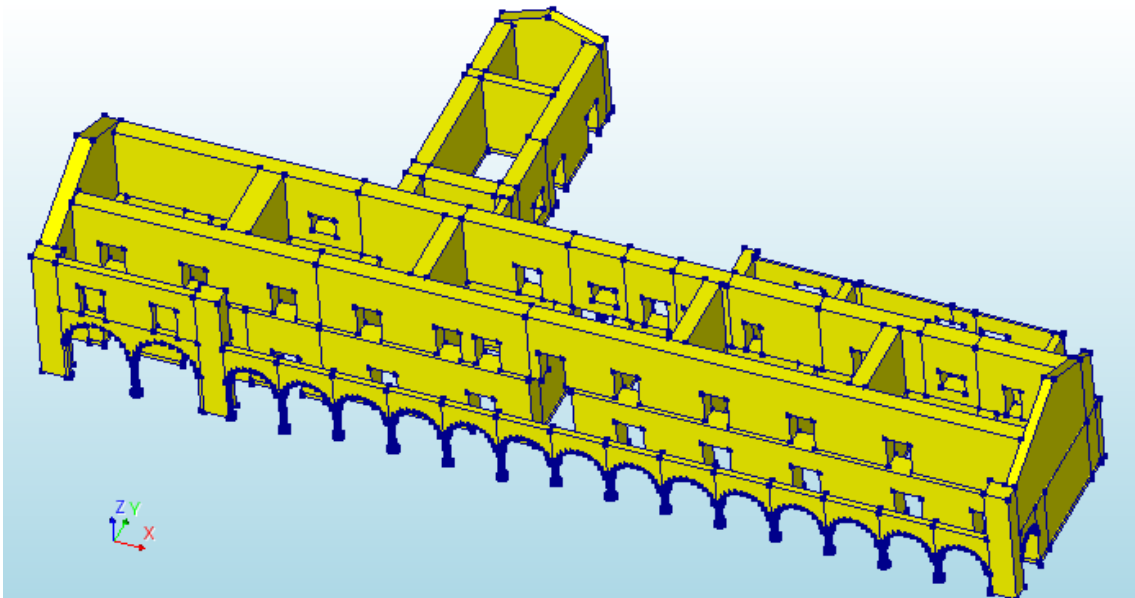
Geometría de la casona en SketchUp Pro, vista posterior



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 41

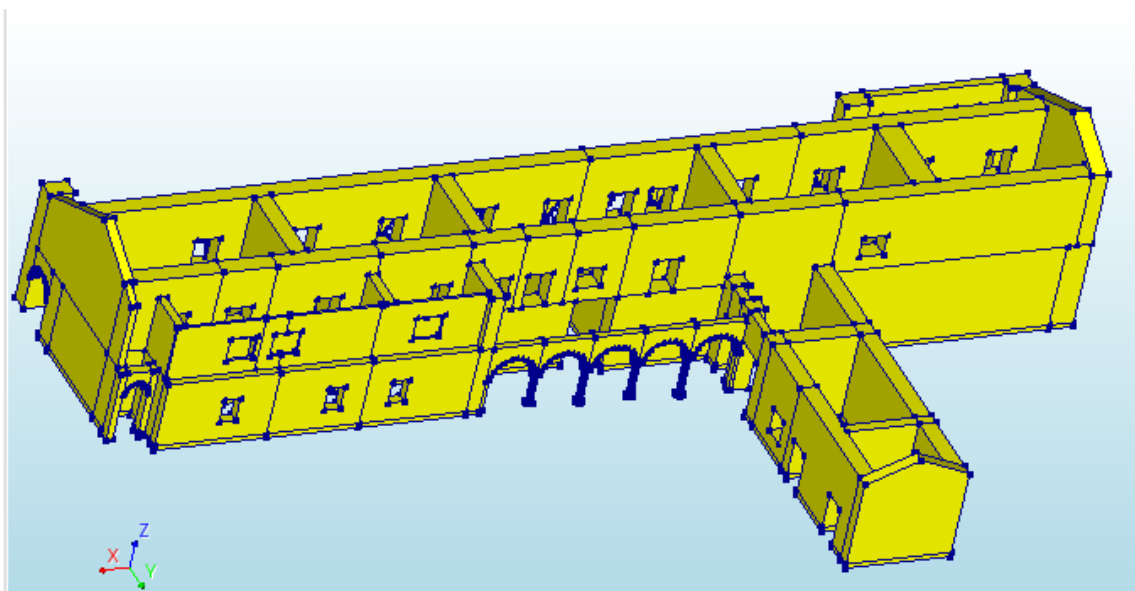
Geometría de la casona en DIANA FEA, vista frontal



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 42

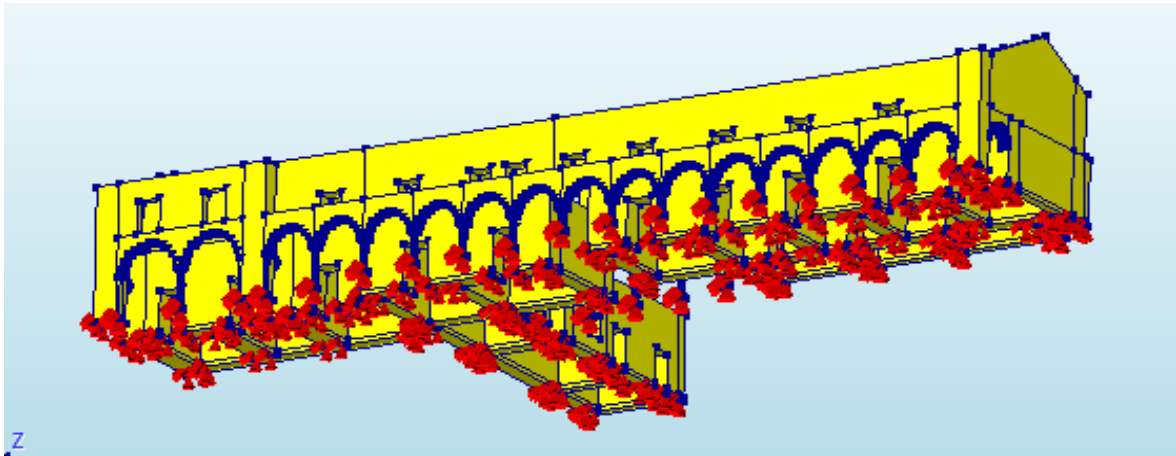
Geometría de la casona en DIANA FEA, vista posterior



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 43

Asignación de las restricciones de la casona en DIANA FEA, vista posterior.



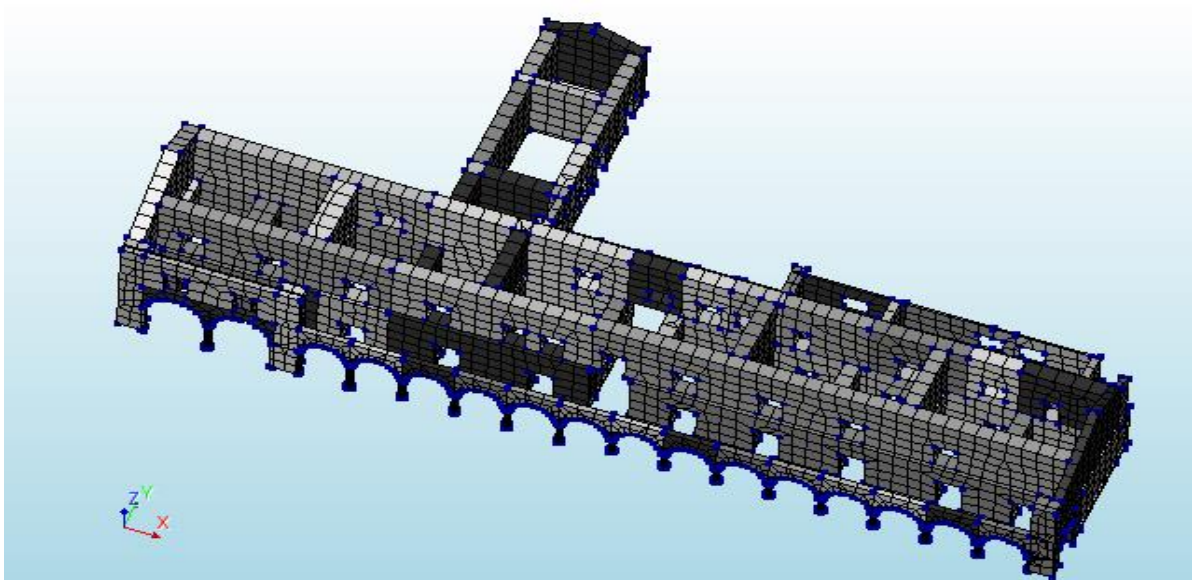
Nota. Elaboración propia, junio del 2021

Descreptización

El enmallado de la edificación se realizó con elementos hexaédricos, con tamaños de 1m como se muestra en la Figura 44

Figura 44

Aplicación de la malla(descreptización)



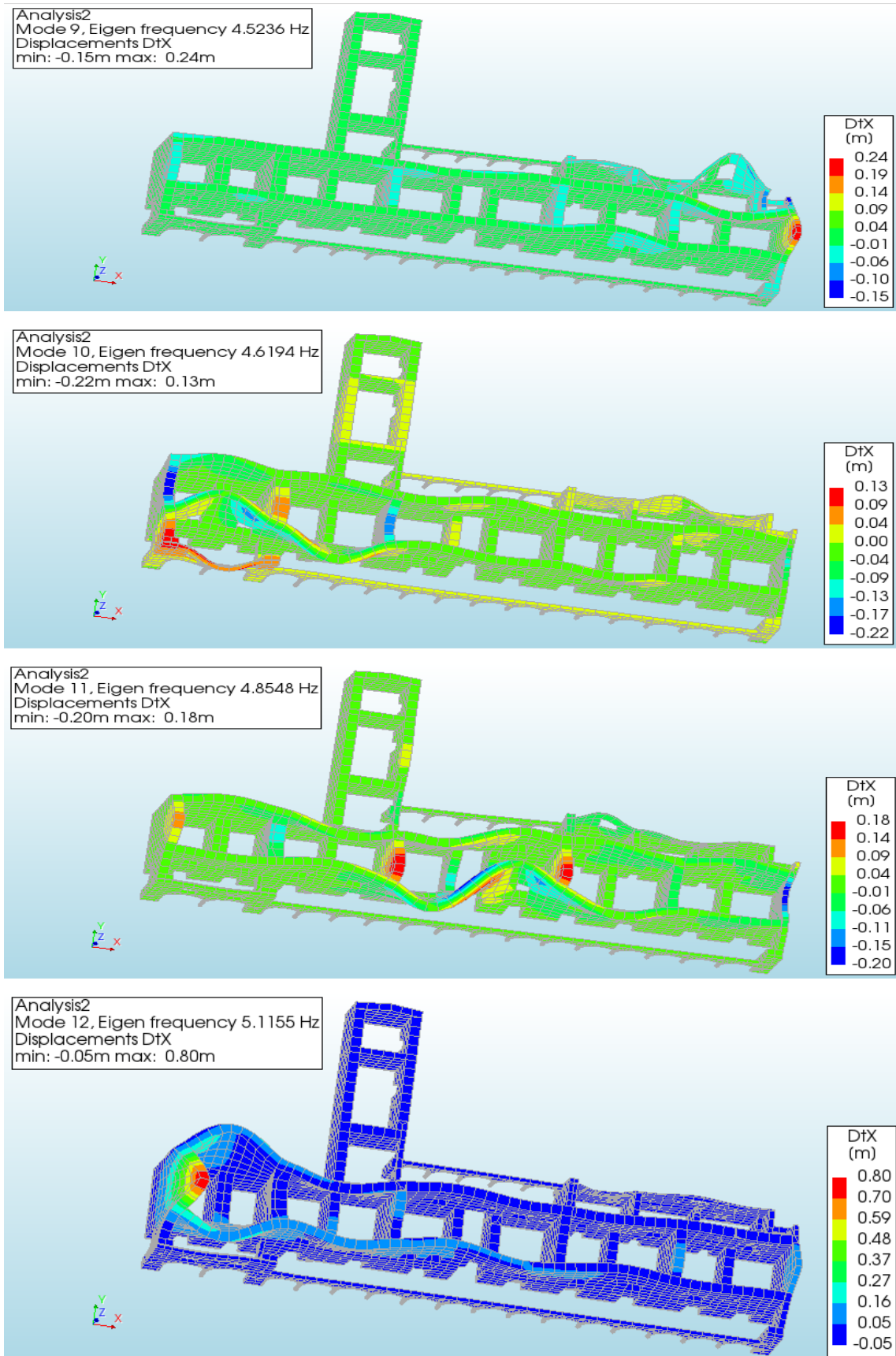
Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Análisis modal

Se realizó el análisis modal considerando 20 modos de vibración de los cuales los modos predominantes son: 9, 10, 11, 12 como se muestra en la Figura 45 y Figura 46.

Figura 45

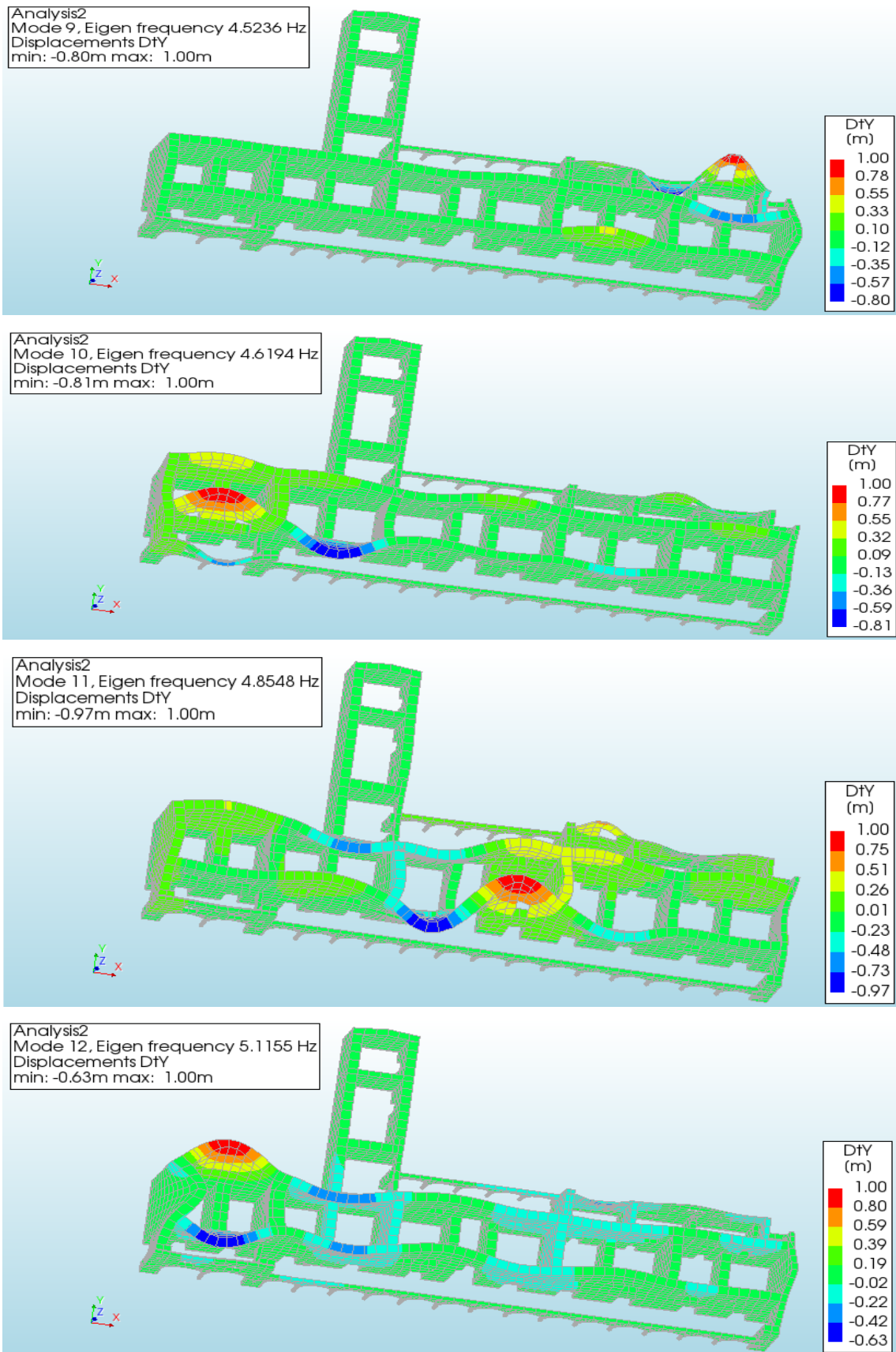
Modos de vibración de la estructura, desplazamientos en X



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 46

Modos de vibración de la estructura, desplazamientos en Y



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

El análisis se realizó con los parámetros de la E030, mencionados anteriormente para tres tipos de sismo ocasional, raro y muy raro.

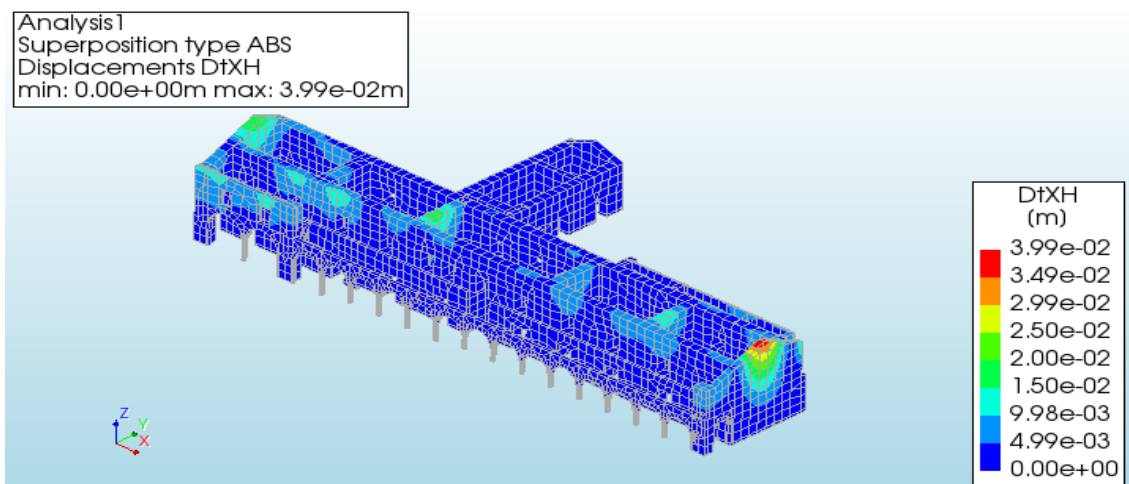
DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS

Para hallar niveles de desempeño sísmico de la casona se determinó los desplazamientos máximos mediante los tres diferentes escenarios sísmicos como en el sismo ocasional, raro y muy raro. Los resulta para cada uno de los desplazamientos se muestra en la **Figura 47** y **Figura 48**.

SISMO OCASIONAL

Figura 47

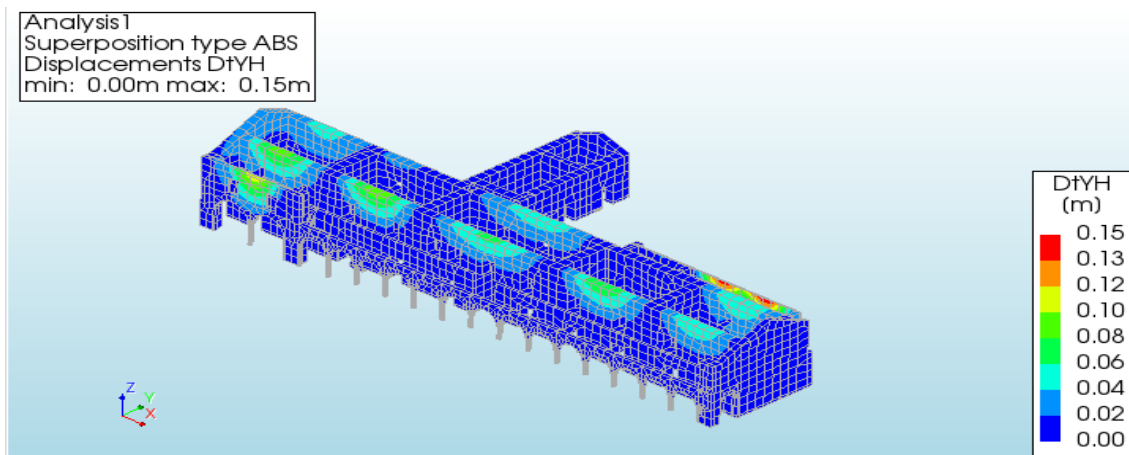
Desplazamientos en X



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 48

Desplazamientos en Y



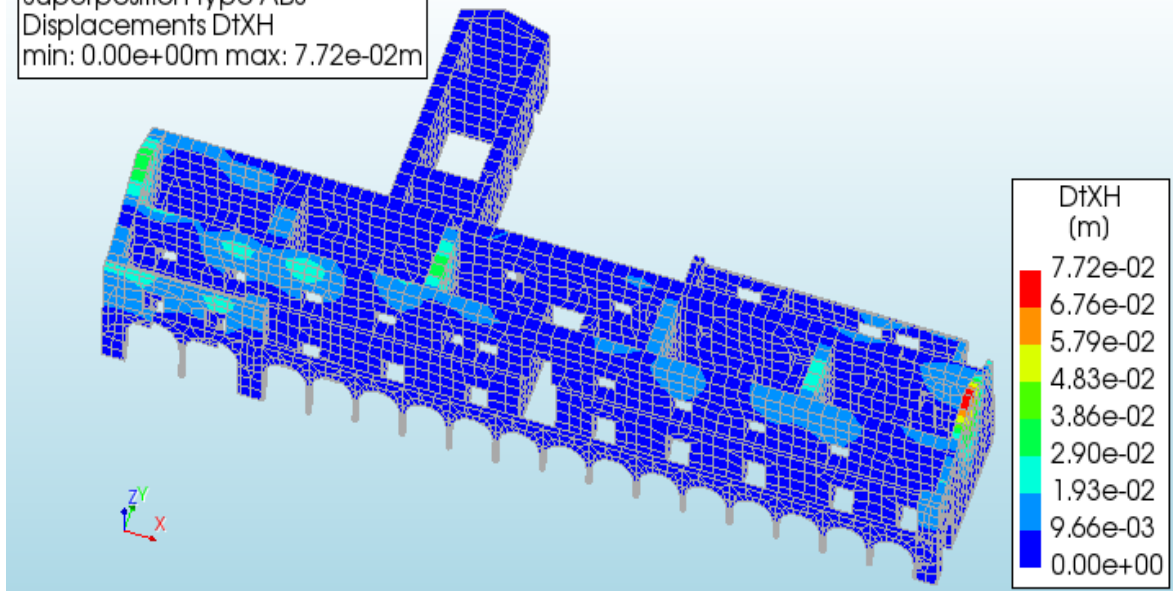
Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

SISMO RARO

Figura 49

Desplazamientos en X

Analysis1
Superposition type ABS
Displacements DtXH
min: 0.00e+00m max: 7.72e-02m

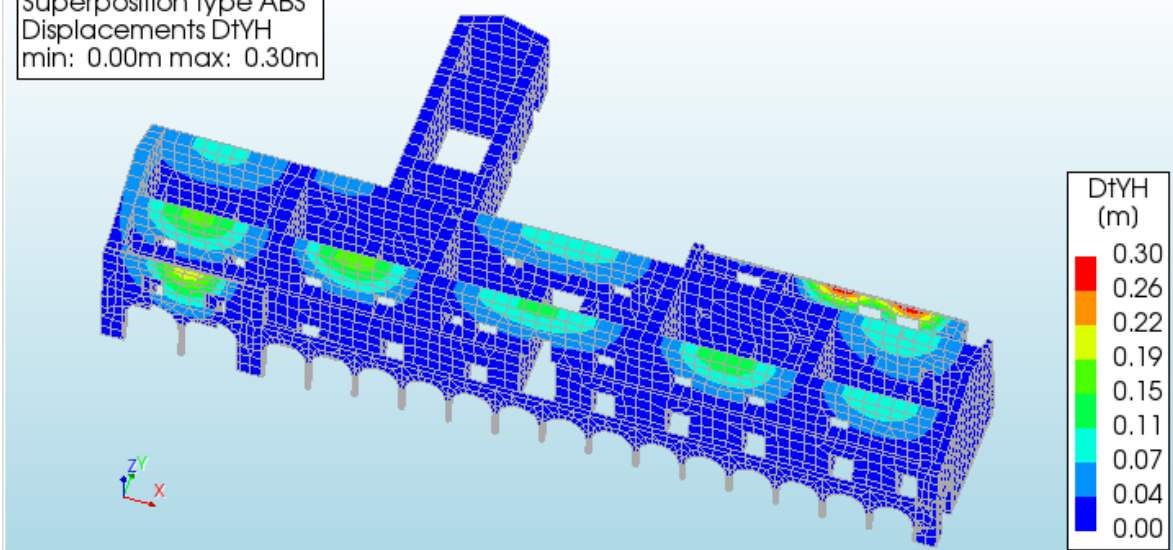


Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 50

Desplazamientos en Y

Analysis1
Superposition type ABS
Displacements DtYH
min: 0.00m max: 0.30m



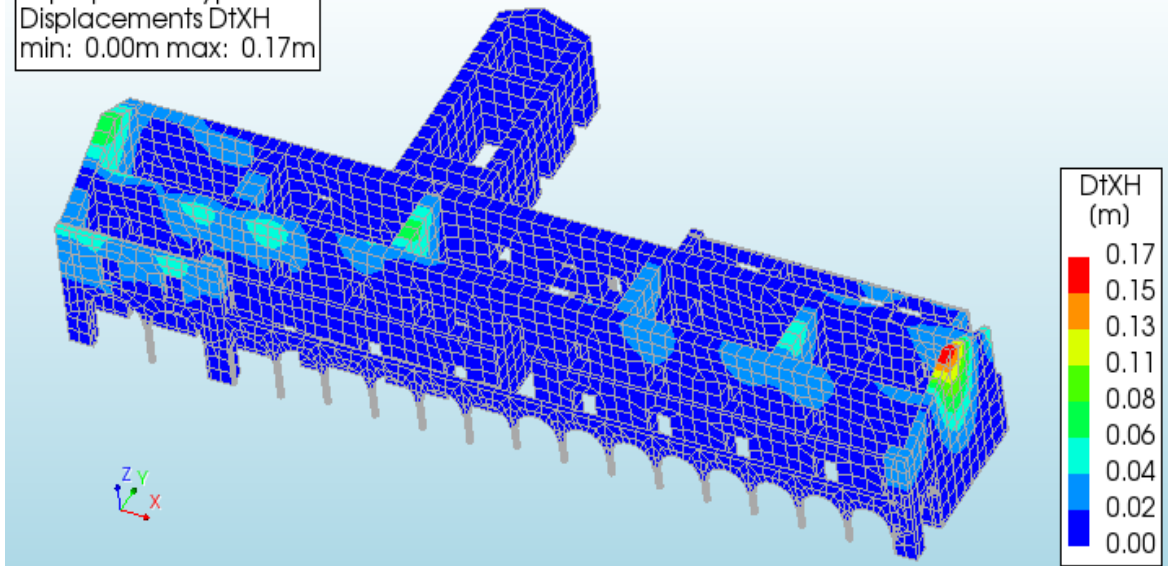
Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

SISMO MUY RARO

Figura 51

Desplazamientos en X

Analysis1
Superposition type ABS
Displacements DtXH
min: 0.00m max: 0.17m

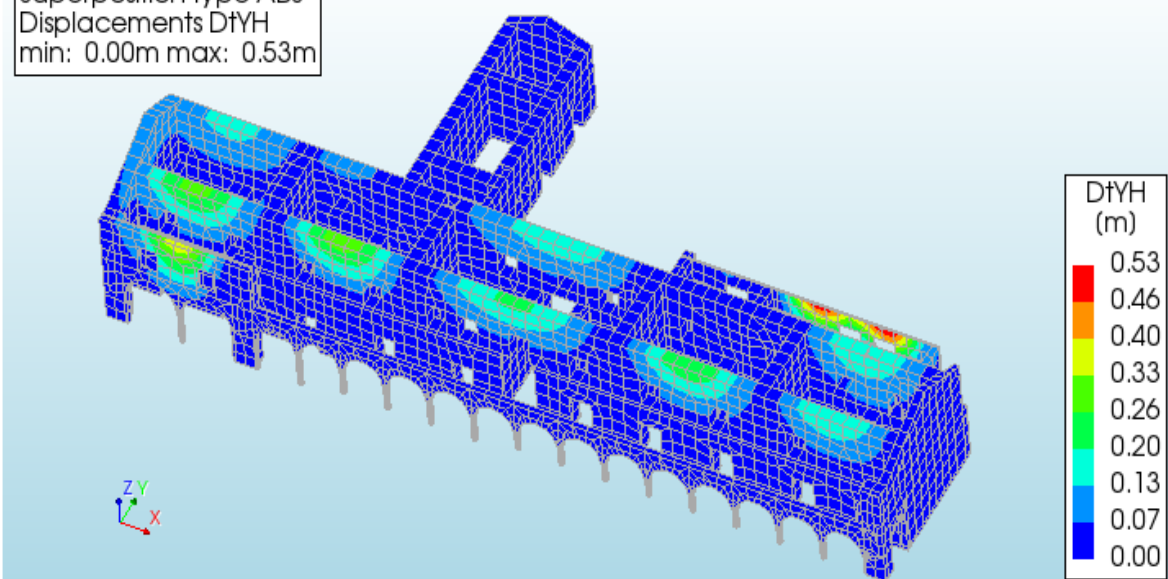


Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

Figura 52

Desplazamientos en Y

Analysis1
Superposition type ABS
Displacements DtYH
min: 0.00m max: 0.53m



Nota. Elaboración propia, junio del 2021.

RESUMEN DE LOS DESPLAZAMIENTOS

La casona presenta grandes desplazamientos (Tabla 37), donde se observa que los desplazamientos en Y superan los desplazamientos en X debido a una geometría irregular de la casona en forma de un rectángulo alargado en sentido X. Además se puede observar que el mayor de desplazamiento en la dirección X y está ubicado en los tímpanos de las elevaciones laterales, en la dirección Y en parte de la elevación posterior en el muro de ladrillo con mortero de cemento.

Tabla 37

Resumen de los desplazamientos en los ejes X – Y.

| DESPLAZAMIENTOS EN X | | | | | |
|----------------------|--------|---------|--------|------------|--------|
| SISMO | SD (m) | H (m) | DERIVA | DERIVA MAX | CUMPLE |
| OCASIONAL | 0.0399 | 10.7000 | 0.0037 | 0.0020 | NO |
| RARO | 0.0772 | 10.7000 | 0.0072 | 0.0050 | NO |
| MUY RARO | 0.1700 | 10.7000 | 0.0159 | 0.0150 | NO |

| DESPLAZAMIENTOS EN Y | | | | | |
|----------------------|--------|---------|--------|------------|--------|
| SISMO | SD (m) | H (m) | DERIVA | DERIVA MAX | CUMPLE |
| ORACIONAL | 0.1500 | 10.7000 | 0.0140 | 0.0020 | NO |
| RARO | 0.3000 | 10.7000 | 0.0280 | 0.0050 | NO |
| MUY RARO | 0.5300 | 10.7000 | 0.0495 | 0.0150 | NO |

Nota. Elaboración propia, junio del 2021

DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA CASONA

La casona está considerada como una edificación esencial debido a que está en uso en el sector de educación, por lo tanto, debe cumplir con las derivas que corresponden a los sismos ocasional, raro, muy raro y a los niveles de desempeño operacional, seguridad de vida, cerca de colapso (Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40).

Debido que la casona supera derivas máximas indicadas en VISIÓN 2000, para edificaciones de mampostería no confinada en los sismos ocasional, raro y muy raro no cumple con los niveles de desempeño requeridos, por lo tanto, tiene una vulnerabilidad sísmica muy alta.

Tabla 38*Movimientos sísmicos y sus niveles de desempeño*

| Movimiento sísmico | Nivel de desempeño |
|--------------------|------------------------|
| Ocasional | Totalmente operacional |
| Raro | Operacional |
| Muy raro | Seguridad de la vida |

*Nota. Elaboración propia, junio del 2021***Tabla 39***Derivas máximas para diferentes desempeños sísmicos*

| Nivel de desempeño | Deriva max |
|------------------------|------------|
| Totalmente operacional | 0.002 |
| Operacional | 0.005 |
| Seguridad de la vida | 0.015 |

*Nota. Elaboración propia, junio del 2021***Tabla 40***Desempeño sísmico de la casona*

| Escenario sísmico | Objetivos de desempeño | | | |
|-------------------|------------------------|-------------|----------------------|------------------|
| | Totalmente operacional | Operacional | Seguridad de la vida | Cerca al colapso |
| Ocasional | NO CUMPLE | | | |
| Raro | | NO CUMPLE | | |
| Muy raro | | | NO CUMPLE | |

Nota. Elaboración propia, junio del 2021

V. DISCUSIÓN

En la parte teórica se describe varios métodos para determinar el riesgo sísmico de una edificación de cuales se escogió dos métodos más adecuados para determinar el riesgo sísmico de la casona.

Los dos métodos aplicados en la investigación, el método cuantitativo mediante el análisis dinámico modal espectral para hallar el nivel de desempeño de la Casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho y el método cuantitativo de índice de vulnerabilidad tienen resultados parecidos comprobando su validez. Por ende, es importante en la evaluación de los monumentos históricos emplear a parte de los métodos analíticos que evalúan en realidad estado inicial de la edificación sin tener en cuenta su estado de conservación y los métodos cualitativos que evalúan no solamente el sistema resistente de la edificación, pero también su estado de conservación, para poder validar sus resultados

Mediante los ensayos de compresión y densidad, para adobe y piedra se obtuvo los siguientes valores para adobe $f_m = 4.70 \text{ kg/cm}^2$, $Y = 1,451.00$, piedra $f_m = 302.83 \text{ kg/cm}^2$.

Meli R. (1998) indica los rangos de los valores para materiales en edificaciones patrimoniales donde para adobe $f_m = 2 - 5 \text{ kg/cm}^2$, $Y = 1,800.00$. piedra $f_m = 300.00 \text{ kg/cm}^2$

Por lo visto valores que se obtuvo mediante los ensayos están en los rangos indicados en la literatura.

El índice de vulnerabilidad obtenido con el método italiano del por Benedetti y Petrini de la casona es de 70.92% lo que la coloca en el rango de la vulnerabilidad alta. El resultado esta consistente con el estado de la conservación de la casona que se encuentra en malas condiciones y en riesgo de colapso, Mendes A. (2017), citado como antecedente nacional en las dos iglesias del Cusco obtiene siguientes resultados Iglesia San Pedro Apóstol IV = 38% lo que indica vulnerabilidad media y para la iglesia San Juan Bautista IV = 55% lo que indica vulnerabilidad alta. Según su evaluación la diferencia de la vulnerabilidad entre los dos monumentos se debe a las diferentes en la configuración en planta donde la iglesia con planta en cruz latino es más vulnerable que la iglesia con la planta rectangular. Teniendo en cuenta esta observación se puede deducir que uno de los factores de alta vulnerabilidad de la casona estudia se deba a su planta irregular. También los otros factores que influyeron en su alta vulnerabilidad son: calidad de sistema resistente, resistencia convencional, posición de edificio y cimentación, tipo de cubierta y estado de conservación.

Los desplazamientos que se obtuvo mediante el análisis dinámico modal espectral, son de: para sismo raro son de en $X = 0.0772$ m, en $Y = 0.30$ m.

Valdez P. (2021), citado como antecedente local en el análisis dinámico de la Iglesia San Cristóbal de Ayacucho obtiene siguientes valores de desplazamientos en $X = 0.16$ m, en $Y = 0.17$ m. como se puede observar los desplazamientos de la casona son diferentes, pero en divergen mucho de los de antecedentes. En ambos casos ambos casos los monumentos históricos no cumplen con los requisitos mínimos de los desplazamientos expuestos en la norma E 030. En la casona se puede observar una considerable diferencia de los desplazamientos, en ambas direcciones, debido a su composición geométrica irregular, donde el modulo principal tiene una planta de un rectángulo alargado en la dirección X. Lo que no ocurre en la iglesia del ejemplo la cual tiene una geometría regular.

En la presente investigación se determinó el grado de desempeño sísmico de la casona como muy bajo, que se obtuvo mediante el análisis sísmico dinámico espectral en tres sismos de diferentes magnitudes. En el sismo ocasional se obtuvo deriva de en $X = 0.0037$ y en el sentido $Y = 0.00140$ que superan la deriva máxima de 0.0020, en el sismo raro se obtuvo deriva en $X = 0.0072$ y en el sentido $Y = 0.0028$ que superan la deriva máxima de .0050 y en el sismo raro se obtuvo deriva en $X = 0.0159$ y en el sentido $Y = 0.0495$, que superan la deriva máxima de 0.0150. Estos resultados indican que la casona no cumple con el desempeño sísmico propuesto por VISIÓN 2000, para edificaciones de mampostería no confinada donde se propone que para las edificaciones esenciales se debe cumplir con tres niveles de desempeño: totalmente operacional, operacional y seguridad de vida.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Conclusión 1: La casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, se encuentra en muy mal estado de conservación presentando múltiples grietas, balanceo de muros fuera de plano y pre colapso del muro del tímpano.

Conclusión 2: Mediante el método Italiano de Índice de Vulnerabilidad se determinó el grado de la vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho que tiene un valor de $IV_n = 70.92 \%$, por lo que la casona se encuentra con Vulnerabilidad Alta.

Conclusión 3: De los ensayos de resistencia a la compresión simple y densidad, se identificó las propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, donde se obtuvo los siguientes valores para adobe $f_m = 4.70 \text{ kg/cm}^2$, $Y = 1,451.00$, y para piedra $f_m = 302.83 \text{ kg/cm}^2$.

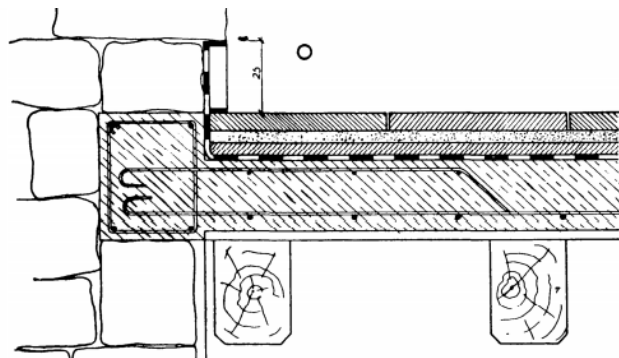
Conclusión 4: Se determinó que las derivas halladas en el análisis sísmico dinámico espectral superan los valores máximos propuestos por VISION 2000, obteniéndose para sismo ocasional es de $D_x = 0.0037$, $D_y = 0.0140$ y $D_{max} = 0.0020$, sismo raro es de $D_x = 0.0072$, $D_y = 0.0280$ y $D_{max} = 0.0050$, sismo muy raro es de $D_x = 0.0159$, $D_y = 0.0495$ y $D_{max} = 0.0150$. Por lo tanto, la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho no alcanza los niveles de desempeño sísmico requeridos y como tal se considera de alto riesgo sísmico ante la ocurrencia de un sismo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear el reforzamiento estructural de la casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho, para disminuir sus desplazamientos laterales y mejorar su desempeño sísmico. Los reforzamientos más comunes utilizadas son los tensores, teniendo en cuenta el gran nivel de deteriorado de la casona, muros de gran espesor y considerables distancias entre muros el método tiene poca efectividad y altera la estética de la edificación. El método más viable es uso de viga collar en el perímetro del segundo piso de acero cual tiene buenas propiedades mecánicas, pero requiere en el futuro un mantenimiento más frecuente que las vigas propuestas por Borusiewicz W,(1997) y usadas en el Castillo de Nedzica en Polonia cual conste en la colocación de una viga de concreto armado incorporada dentro del muro Figura 59, ventaja del método es que la viga no se percibe en partes exteriores de la edificación y puede ser colocada en diferentes niveles del muro. En caso de la casona se podría incorporar dicha viga en la parte superior del muro en primer y segundo piso que la hace más ventajosa que la viga collar de acero cual solamente puede estar colocada en parte superior del segundo piso.

Figura 53

Viga de concreto armado incorporada dentro del muro de mampostería

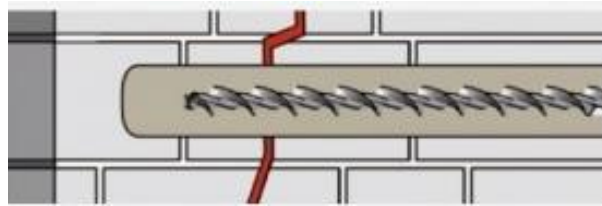


Nota: Imagen tomada de Wzmocnienie Murów Części Zamku Górnego w Niedzicy, Borusiewicz W,(1997 Revista *Ochrona Zabytków* 10/4,

Para las grietas se recomienda aplicación de las costuras de acero para evitar que la grieta sigue abriendo se, es un método simple y efectivo, que consiste en la colocación de los aceros con superficie corrugada (Figura 54) de manera transversal en la grieta en distancias entre 0.30 m hasta 1.0 m, dependiendo del tamaño de la grieta (Figura 55).

Figura 54

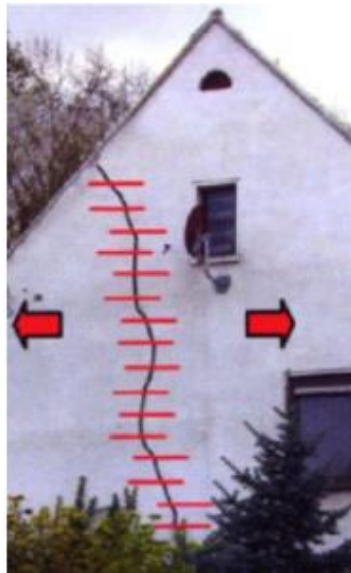
Modo de colocación del acero en la grieta en detalle



Nota: Imagen tomada de *Wzmacnianie murów przy użyciu kotew spiralnych*, <https://www.pl.izoservice.com/wzmacnianie-murow-przy-uzyciu-kotew-spiralnych/>

Figura 55

Ejemplo de una costura con varillas de acero



Nota: Imagen tomada de *Wzmacnianie murów przy użyciu kotew spiralnych*, <https://www.pl.izoservice.com/wzmacnianie-murow-przy-uzyciu-kotew-spiralnych/>

Eliminar partes de la edificación que se incorporó en la actualidad como muro de ladrillo con mortero de cemento en segundo piso, que es el elemento donde ocurren mayores desplazamientos en el análisis sísmico dinámico modal espectral, por eso presenta mayor riesgo de colapso.

La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, actualmente es de la propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y antes de declarar la inhabitable estaba utilizada con fines académicos por lo tanto está clasificada como edificación esencial con factor de uso $Z = 1.5$, Se recomienda el cambio de uso a una edificación común con factor de uso $Z = 1.0$.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad S, Khan R, Gupta H (2014). Seismic Performance of a Masonry Heritage Structure. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-3, Issue-4, April 2014
- Arteaga P. (2016), *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca Ecuador*. Tesis (Ingeniería Civil). Universidad de Cuenca]. Cuenca – Ecuador
- Borusiewicz W,(1997). *Wzmocnienie murów części zamku górnego w Niedzicy*. Revista Ochrona Zabytków 10/4, 1997. Disponible en <http://docplayer.pl/23934678-Wladyslaw-borusiewicz-wzmocnienie-murow-czesci-zamku-gornego-w-niedzicy-ochrona-zabytkow-10-4-39.html>
- Bagheri M Miri M. (2001). *Performance-based design in earthquake engineering state of development*. Engineering Structures, vol.23, 878-884. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029601000360>
- Benito, B. y Jiménez, E. (1999). *Peligrosidad Sísmica*. Revista: Física de la Tierra, 1999 (11), 13-47, ISSN: 0214-4557. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=124577&orden=1&info=link>
- Briceño, C. (2016). *Diagnóstico estructural y análisis sísmico de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas*. Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Ingeniería Civil], Pontificia Universidad Católica del Perú - Escuela de Posgrado, San Miguel-Lima
- Caicedo C, Barbat A, Canas J, Aguiar R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/27020?locale-attribute=es>
- Cancino C. (2009). *Estudio de daños edificaciones históricas de tierra después del terremoto del 15 de agosto del 2007 en Pisco, Perú*. [Informe de investigación]. Los Angeles, The Getty Conservation Institute.
- Calvin G, Pinho R, Magenes G, Bommer J, Restrepo-Vélez Crowley.H (2006). *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*. ISET Journal of Earthquake Technology, vol. 43 (3), 75-104. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/241826044_Development_of_seismic_vulnerability_assessment_methodologies_over_the_past_30_years
- Castro, C. (2011). *Seminario regional de estudios y normalización de la construcción: Diagnóstico de la construcción en Ayacucho*. [Diapositiva]. Ayacucho: Colegio de Ingenieros del Perú. Disponible en <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/ayacucho/1.%20DIAGNOSTICO%20DE%20LA%20CONSTRUCCIÓN.pdf>
- Cennamo C. y Di Fiore, M. (2013). *Structural, seismic and geotechnical analysis of the Sant Agostino church in L'aquila (Italy)*. Italia: Revista Ingeniería de Construcción RIC Vol 28 (1), 7 -20.
- Cconocc, D. (2016). *El patrimonio religioso como recurso para el desarrollo del turismo religioso en el centro histórico de Ayacucho*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro]. Repositorio Universidad Nacional del Centro. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1694>

- Chate, A. (2015). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la iglesia San Juan Bautista del barrio Pueblo Viejo Acobamba- Huancavelica*. [Tesis para Optener El Título Profesional de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional De Huancavelica]. Acobamba- Huancavelica.
- Díaz Fuentes, Daniela Andrea (2018). *La línea estratégica de mitigación del riesgo en los planes de manejo de los sitios de Patrimonio Mundial: propuesta de un sistema de indicadores y su aplicación en Italia*. México: Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología. Disponible en 9(17),48-64. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=355657563005>
- Giovinazzi, S. (2005). *The vulnerability assessment and the damage scenario in seismic risk analysis*. [Tesis doctoral, Universidad de Florencia] Biblioteca de la Universidad Técnica de Braunschweig. Disponible en https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00001757
- Gómez T. (2016) *Análisis de comportamiento estructural; iglesia arciprestal de callosa d'en sarriá. Alicante*. [Trabajo Final de Máster] Valencia – España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Guillen F. (2016) *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco*. Lima: Congreso Internacional De Ingeniería, Ciencias Aeronáuticas y Arquiforo.USMP- VISION 2016. Disponible en https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/Exposicion_SAN_MARTIN_DE_PORRES_congreso.pdf
- Herrera, G. Herrera, G.Reyes, Vielma J, Barbat H, Pujades, L. (2003). *Estado del conocimiento sobre metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios*. Ingeniería y Sociedad UC, vol.8 (1), 7-28. Disponible en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a8n1/art01.pdf>
- ICOMOS, (2003). *Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage*. International Council on Monuments and Sites. Disponible en https://ancientgeorgia.files.wordpress.com/2012/04/recommendations_icomos-principles-and-guidelines.pdf
- Lagomarsino, S. y Giovinazzi, S. (2006). *Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings*. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol.4, 415-443. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/227298362_Macroseismic_and_mechanical_models_for_the_vulnerability_assessment_of_current_buildings
- Leroy E, Kimbro E, Webster A, Ginell S (2015). *Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures Final Report of the Getty Seismic Adobe Project*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute. Disponible en https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/seismicstabilization.pdf
- Lourenço P, Oliveira D, Leite J, Ingham I, Modena C, Porto F (2013). *Simplified indexes for the seismic assessment of masonry buildings: International database and validation*. Engineering Failure Analysis, vol.34, 585-605. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630713000757>
- Llopis V. Alonso Durá A, Fenollosa E, Martínez A. (2016). *Análisis constructivo y estructural de la catedral de valencia*. Universidad Politécnica de Valencia. España: Revista Informes de Construcción, Vol. 68, 543, e158. Disponible en <https://informesdeconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdeconstruccion/article/view/5661/6540>

- Maldonado E, Chio Cho, G (2009). *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra*. Colombia: Revista Ingeniería y Desarrollo, núm. 25, enero-junio, 2009, pp. 180-199. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85212371011>
- Maldonado E. Chio Cho G. Gómez I (2007). *Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos*. Colombia: Revista Ingeniería y Universidad, vol. 11, no. 2, pp. 149-168, 2007. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/26510179>
- Martín R. Cámara L. Murillo J. (2018). *Análisis integrado de construcciones históricas: secuencia estratigráfica y diagnóstico patológico. Aplicación en la iglesia de Santa Clara (Córdoba)*. Arqueología de la arquitectura, vol.15, e067. Disponible en <https://arqarqt.revistas.csic.es/index.php/arqarqt/article/view/222/355>
- Medina, J. Peminchumo, C. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Monsefú aplicando los índices de Benedetti – Petrini* [Tesis de pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3143>
- Medina, R. y Music, J. (2018). *Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena*. Revista Obras y Proyectos, vol.23, 63-77. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132018000100063
- Meli,R. (1998). *Ingeniería estructural de los edificios históricos*. México: Fundación ICA A.C. (1a ed.) Disponible en <https://doku.pub/documents/ingenieria-roberto-meli-z0xj2geevwln>
- Mendes, A. (2017). *Metodología de Evaluación Visual Rápida para Determinar la Vulnerabilidad Sísmica en las Iglesias Coloniales: Aplicaciones en Cusco, Perú*. [Tesis de licenciatura] Repositorio Institucional de la PUCP. Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12155>
- Ministere de la culture, de l'enseignement superieur et de la recgerche (2001). *L'Echelle Macrosismique Européenne 1998*. Luxemburgo: Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie vol.19, 2001. Disponible en http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_French.pdf
- Noel, M. (2017). *Integración de ingeniería inversa y modelamiento numérico para la evaluación sísmica de construcciones históricas de adobe* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú] Repositorio Institucional de la PUCP. Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8740>
- Oliva, F. (2019). *Vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San José de la ciudad de Cajamarca* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil] Universidad Privada Del Norte].
- Orduña A. Roeder G. y Peña F. (2007). *Evaluación sísmica de construcciones históricas de mampostería: comparación de tres modelos de análisis*. Revista de Ingeniería Sísmica, núm. 77, junio-diciembre, 2007, pp. 71-88 Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/618/61807705.pdf>

- Preciado A. Araiza J. Orduña A. (2007). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios históricos en el estado de Colima por métodos empíricos*. Congreso Nacional sobre Terremotos, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica / Earthquake Engineering Research Institute, noviembre 1-3, Ixtapa, México. Disponible en <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/3495/SMIS07%20Preciado%20et%20al%202007.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Preciado A. Ramirez A. Ricardo A. Caro J. Lujan R. (2015). *Earthquake risk assessment methods of unreinforced masonry structures: Hazard and vulnerability*. Earthquakes and Structures, Vol.9, Nr. 4, 719-733. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/283833233_Earthquake_risk_assessment_methods_of_unreinforced_masonry_structures_Hazard_and_vulnerability
- Peña F. Chávez M. (2015). *Comportamiento sísmico de iglesias coloniales*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. XX Mexican Congress of Earthquake Engineering Acapulco – México, Disponible en https://www.researchgate.net/publication/286256074_COMPORTEMIENTO_SISMICO_DE_IGLESIAS_COLONIALES?enrichId=rgreq_d9ae0df5b6dc720e7db862f41785d213-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NjI1NjA3NDtBUzozMDQ0ODIxNjcwMDEwODhAMTQ0OTYwNTYxMzMxNA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Peña F. Lourenço P. Mendes N. (2008). *Seismic assessment of the qutb Minar i& Delhi, India*. Beijing, China: World Conference on Earthquake Engineering October 12-17.
- Perepérez B. (2014). *La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo*. Revista Informes De La Construcción, vol.66 (534), e018. 2014. Disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.13.018>
- SEAOC (1995). *A Framework for performance based desing*. (C. S. California, Ed.) Sacramento, California: Vision 2000.
- Talaverano R. Cámara L. Murillo J. (2018). *Análisis integrado de construcciones históricas: secuencia estratigráfica y diagnóstico patológico. Aplicación en la iglesia de Santa Clara (Córdoba)*. Madrid: REVISTA ARQUEOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA, 15, 2018, e067. Disponible en [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/222-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2860-2-10-20180703%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/222-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2860-2-10-20180703%20(1).pdf)
- Valdez M. (2021). *Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo] Repositorio de la Universidad César Vallejo. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59785>
- Vendaño C. (2017). *Evaluación de las tipologías de intervención en monumentos históricos tipo iglesia: caso específico para la Catedral de Tacna*. [Tesis de Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras], Universidad Privada de Tacna, Tacna – Perú
- Vicente R. (2008). *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra*. [Tesis doctoral, Universidad de Aveiro] Repositorio Institucional de la Universidad de Aveiro. Disponible en http://sweet.ua.pt/romvic/index_ficheiros/Tese_Romeu_Vicente.pdf

ANEXOS

Tabla 9

Matriz De Operacionalización de Proyecto de Investigación

Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho al 2021.

| VARIABLE DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR | INSTRUMENTO | ESCALA DE MEDICIÓN | |
|--|---|--|---|---|--|----------------------|-----------|
| Independiente: Evaluación Estructural | Evaluación se basa en información histórica y análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura. (ICOMOS, 2003) | Para evaluar estructura se realiza tres tipos de análisis: histórica, cualitativa y cuantitativa. Determinando sus características geométricas tipo de construcción y materiales. Reconociendo las propiedades de la estructura y sus patologías. Con ayuda de software, Fichas y ensayos, con la escala de medición ordinario y nominal | Análisis histórico: Determinar condición actual de la estructura | Geometría de la edificación | software AutoCAD | Ordinario | |
| | | | | Tipo de estructura | Ficha de observación | | |
| | | | | Tipo de materiales constructivos | | | |
| | | | | Adiciones y alteraciones en la estructura | | | |
| | | | | Análisis cualitativo Determinación de las patologías en la edificación | grietas fisuras | Ficha de observación | Ordinario |
| | | | | Análisis cuantitativo: Análisis estructural | Periodos y modos de vibración | software SAP 2000 | Nominal |
| | | Cortante basal | | | | | |
| | | Desplazamientos | | | | | |
| Dependiente Riesgo sísmico | El riesgo sísmico de las edificaciones depende directamente del conjunto del peligro sísmico del sitio y la vulnerabilidad estructural. Significa que la evaluación del riesgo sísmico de una edificación o grupo de edificaciones ubicadas en una | Para evaluar el riesgo sísmico es necesario determinar: El peligro sísmico en la zona donde se ubica la edificación a través de la zonificación sísmica y características de suelo. Vulnerabilidad | Peligro sísmico | Factores sísmicos | Norma E 0-30 Ensayos de laboratorio | Nominal | |
| | | | | Características del suelo | | | |
| | | | Vulnerabilidad método empírico | Posición del edificio y cimentación. | Ficha de recolección de datos | Razón | |
| | | | | Diafragma horizontales. | | | |
| | | | | Configuración en planta. | | | |
| | Posición del edificio y cimentación. | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------|
| | zona de peligro sísmico permite indicar el nivel de daño estructural que podría resultar por la acción de un terremoto, dependiendo del nivel de vulnerabilidad de la estructura. (Preciado et al, 2015) | De la estructuración escala de medición ordinario y razón | | Diafragma horizontales. | | |
| | | | | Configuración en planta. | | |
| | | | | Configuración en elevación | | |
| | | | | Distancia máxima entre los muros. | | |
| | | | | Tipo de cubierta. | | |
| | | | | Elementos no estructurales. | | |
| | | | | Estado de conservación. | | |
| | | | Vulnerabilidad método analítico | Espectro de capacidad | Gráficos y matrices | Razón |
| | | | | Desempeño sísmico | | |

Tabla 10

Matriz de Consistencia de proyecto de investigación

Evaluación Estructural Para Determinar la Vulnerabilidad de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho al 2021

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | DIMENSIONES | INDICADOR | METODOLOGIA |
|---|---|--|---|---|--|
| GENERAL | GENERAL | GENERAL | Evaluación Estructural | | tipo de investigación Cuantitativo |
| ¿Qué grado de Riesgo sísmico presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara – Ayacucho? | Determinar el riesgo sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho, presenta grado de riesgo sísmico alto. | Análisis histórico: Determinar condición actual de la estructura | Geometría de la edificación Tipo de estructura Tipo de materiales constructivos Adiciones y alteraciones en la estructura Grietas fisuras Características de los materiales Tipo de suelo Cargas aplicadas en la estructura Factores sísmicos | Diseño de la investigación: no experimental, transversal, descriptivo. Población: General: Casonas coloniales de la ciudad de Ayacucho Específica: Casona Diego Ladrón de Guevara en Ayacucho |
| ESPECÍFICOS | ESPECÍFICOS | ESPECÍFICOS | Análisis cualitativo Determinación de las patologías en la edificación Análisis cuantitativo: Análisis estructural | | |
| ¿Qué patologías presenta la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho? | Identificar patologías y estado de conservación de la estructura de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta en sus estructuras patológicas. | | | |
| ¿Qué grado de Vulnerabilidad presenta la Casona Diego Ladrón de Guevara? | Determinar el grado de vulnerabilidad con el método Italiano del Benedetti y Petrini mediante el Índice de Vulnerabilidad, de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho. | La Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho presenta vulnerabilidad alta. | | | |
| ¿Qué propiedades mecánicas tienen los materiales de construcción empleados en la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y se | Determinar propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho y comparar con valores encontrados en estudios similares | Las propiedades mecánicas de los materiales de construcción de la Casona Diego Ladrón de Guevara son similares a | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| <p>aproximan los resultados a otros estudios similares?</p> <p>¿La Casona Diego Ladrón de Guevara cumple con los niveles de desempeño propuestos por VISIÓN 2000 (SEAO.1995) ante la ocurrencia de un sismo?</p> | <p>Realizar el análisis sísmico dinámico espectral con el software DIANA FEA (Displacement method Analyser Finite Element Analysis) para determinar los niveles de desempeño sísmico, propuesto por VISIÓN 2000 (SEAO.1995), de la Casona Diego Ladrón de Guevara de la ciudad de Ayacucho</p> | <p>otras edificaciones históricas.</p> <p>La Casona Diego Ladrón de Guevara de Ayacucho no alcanza los niveles de desempeño sísmico requeridos ante la ocurrencia de un sismo.</p> | <p>Riesgo sísmico</p> <p>Peligro sísmico</p> <p>Vulnerabilidad método empírico</p> <p>Vulnerabilidad método analítico</p> | <p>Factores sísmicos características del suelo</p> <p>Organización del sistema resistente. Calidad del Sistema resistente. Resistencia convencional. Posición del edificio y cimentación. Diafragma horizontales. Configuración en planta. Configuración en elevación. Distancia máxima entre los muros. Tipo de cubierta. Elementos no estructurales. Estado de conservación.</p> | |
|--|--|--|---|--|--|



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

RECTORADO

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

Ayacucho, 26 de marzo de 2021

CARTA N°18-2021-UNSCH-R

Señoras
Monika KUBIAK KATARZYNA
Lidia VEGA JAIME

ASUNTO : Autorización de ingreso a la casona Diego Ladrón de Guevara

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes con la finalidad de informar que el Rector de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga autoriza el ingreso al Local Diego Ladrón de Guevara, en horario de oficina para que inspeccionen la casona Diego Ladrón de Guevara, declarada en emergencia por encontrarse deteriorada. Ambas personas deberán contar con vestimenta de seguridad de construcción no siendo responsable la UNSCH de daños que pudieran sufrir. Se autoriza para que tomen muestras de calicatas y el levantamiento arquitectónico.

Se otorga estas facilidades a cambio de un informe que deben realizar al Rectorado producto de la evaluación estructural y vulnerabilidad de la casona Diego Ladrón de Guevara.

Sin otro particular, me suscribo de usted no sin antes expresarle la muestra de mi consideración y estima personal.

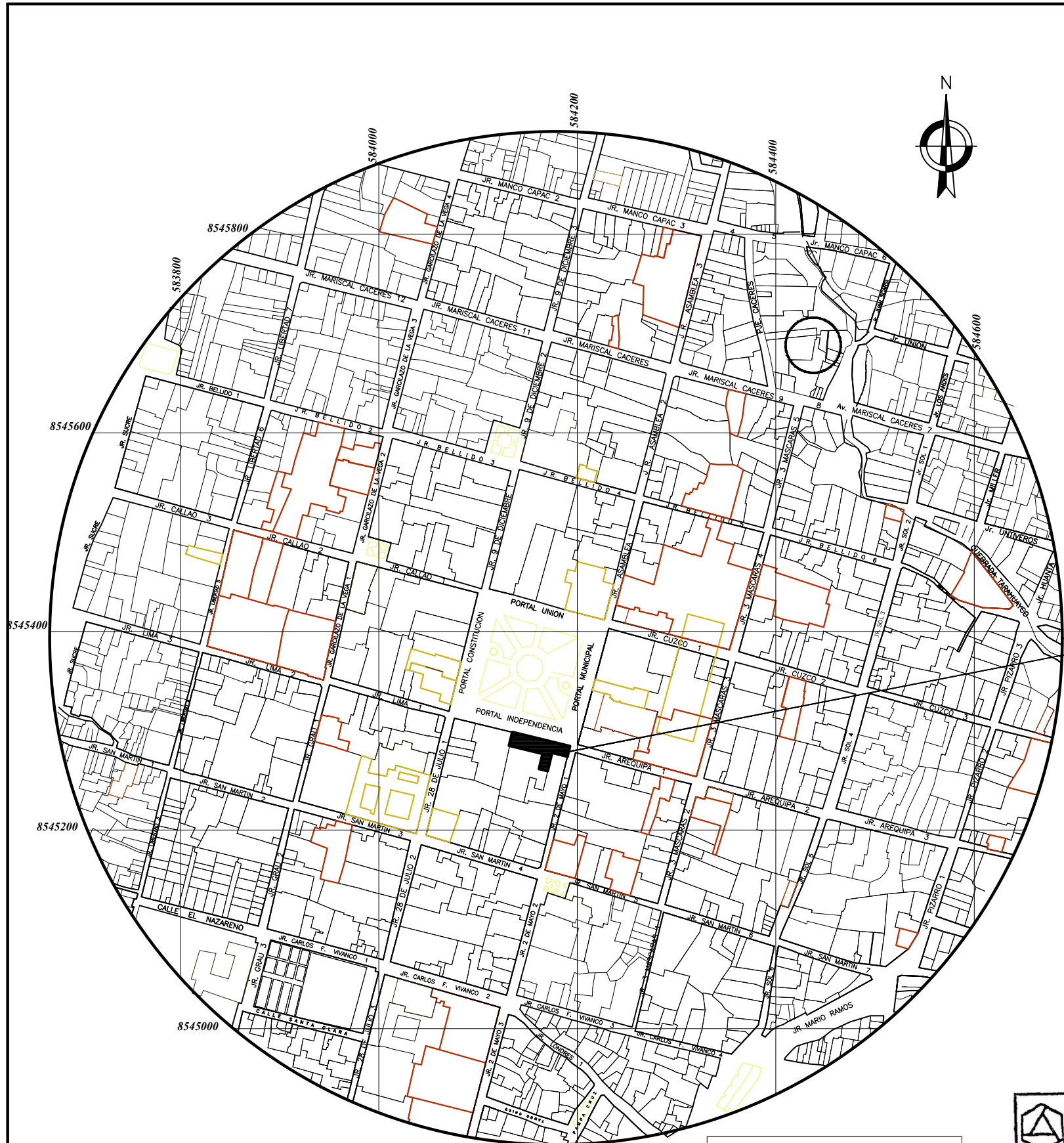
Atentamente,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Dr. Antonio Jerri Chávez
RECTOR

C.c.
Archivo




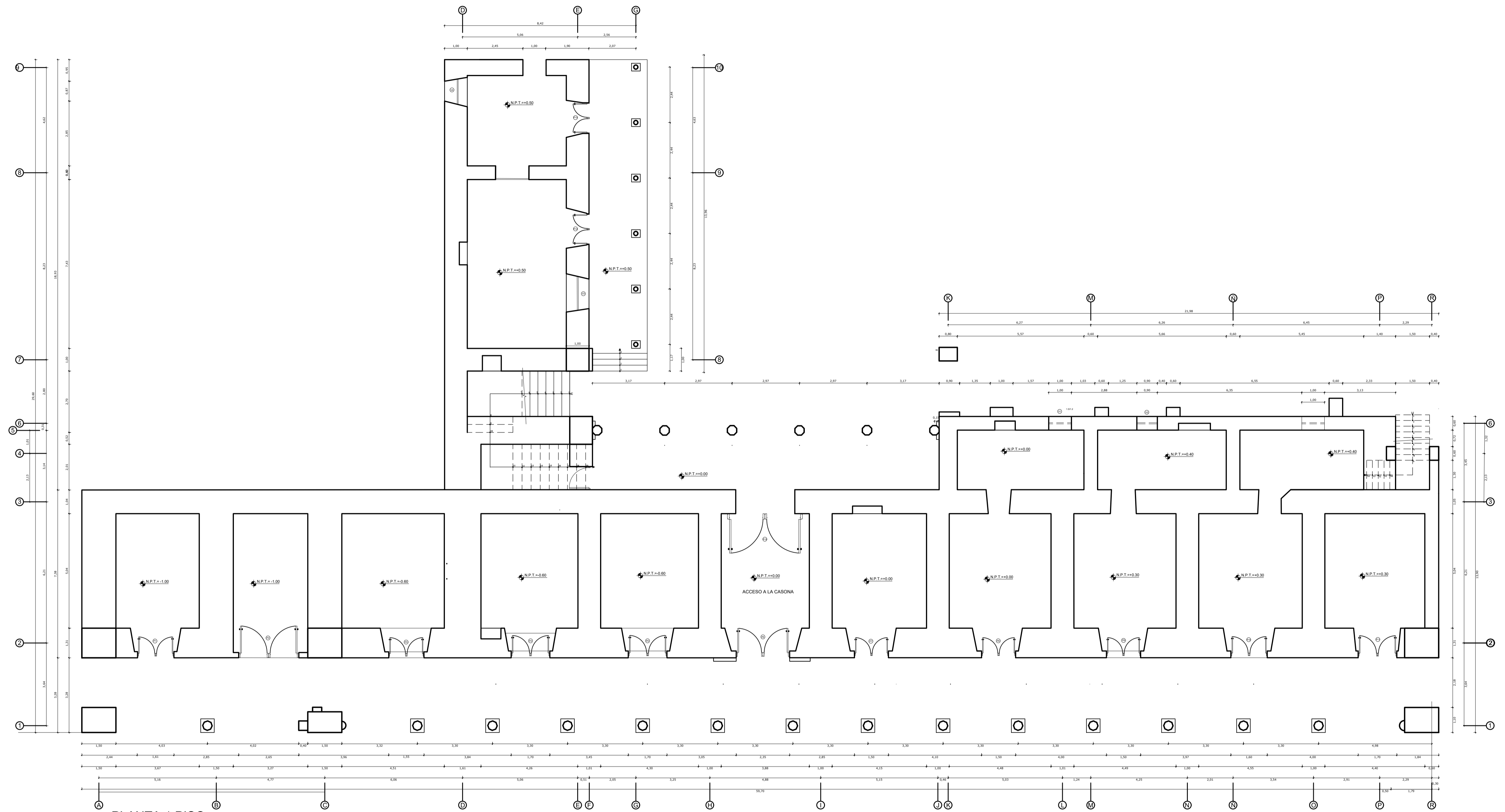
PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA: 1:5000



PLANO DE UBICACION
ESCALA: 1:2000


NIGUEL ANGEL CORDOVA PAREDES
ARQUITECTO
C.A.P. 175393

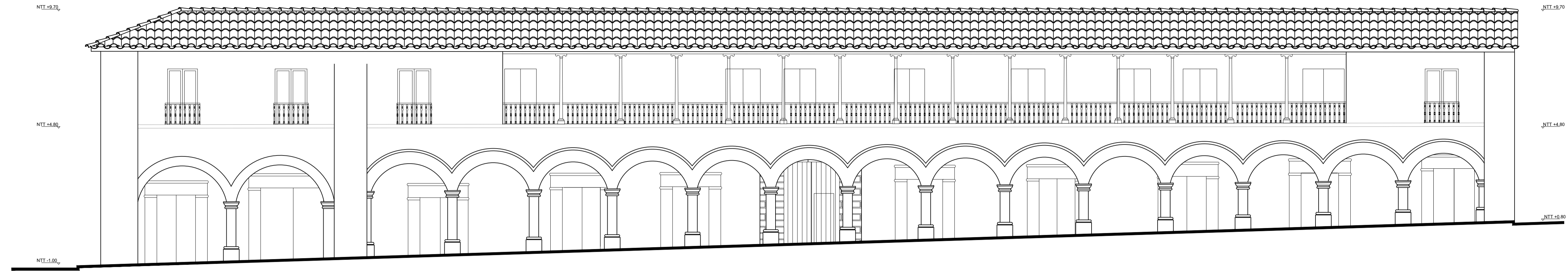
| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | | PROYECTO DE TESIS Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021. | |
| | | PLANO DE LOCALIZACION Y UBICACION | |
| UBICACION: DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA DISTRITO: AYACUCHO LUGAR: PLAZA DE ARMAS | | AUTORES: Kubiak Katarzyna Monika Vega Jaime Lidia | LAMINA U-01 |
| FECHA: JUNIO DEL 2021 ESCALA: indicada | | ASESOR: Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto | |



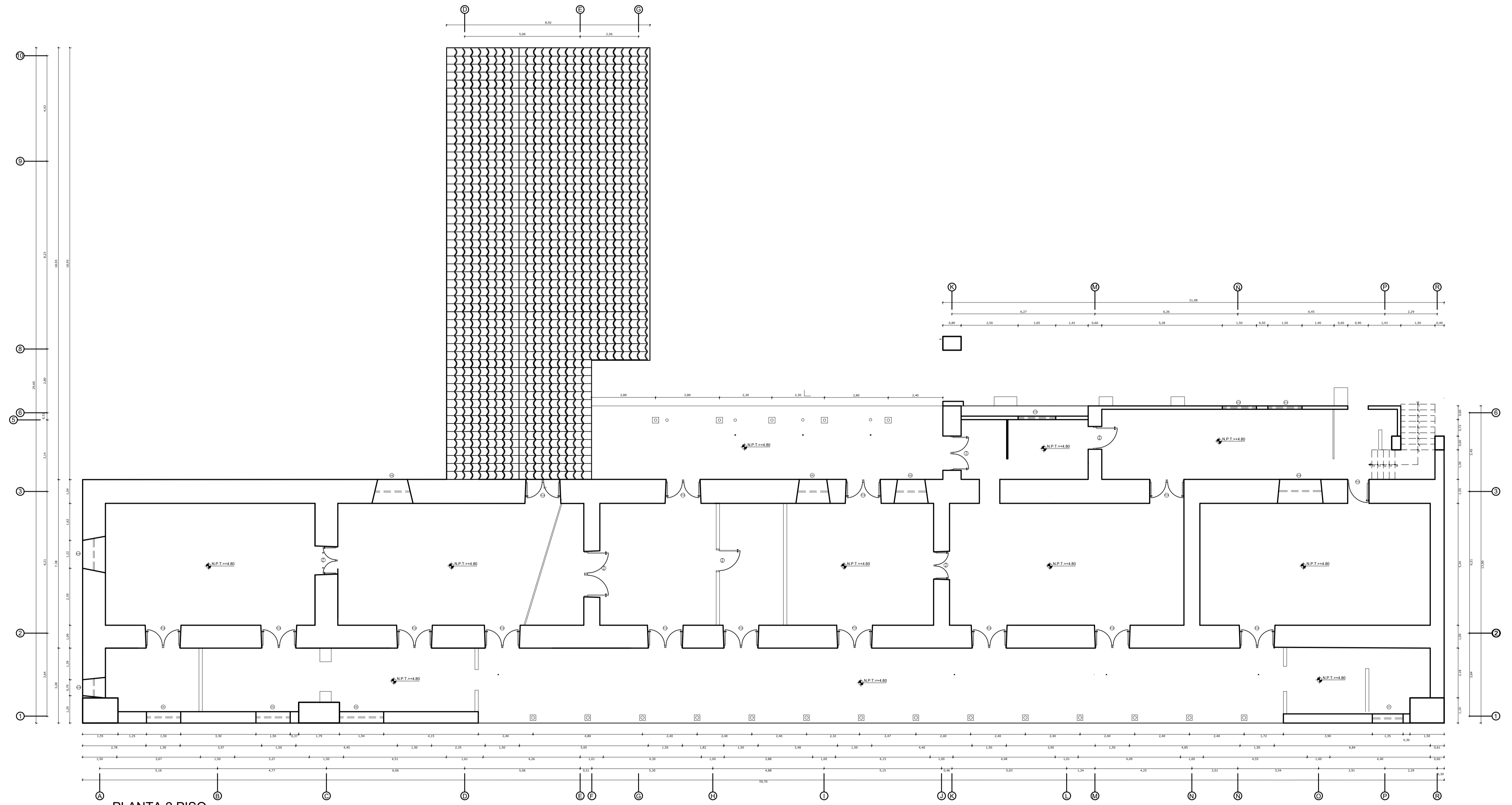
PLANTA 1 PISO
ESCALA 1:50



| | | | |
|---|----------------|--|---|
|  UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | | PROYECTO DE TESIS Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casona Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021. | |
| LIBRACION: | | PLANO DE ARQUITECTURA: 1 PLANTA | |
| DEPARTAMENTO: | AYACUCHO | AUTORES: | Kubiak Katarzyna Monika Vega Jaime Lidia |
| PROVINCIA: | HUAMANGA | ASESOR: | Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto |
| DISTRITO: | AYACUCHO | LUGAR: | PLAZA DE ARMAS |
| FECHA: | JUNIO DEL 2021 | ESCALA: | Indicada |
| | | | LAMINA A-01 |



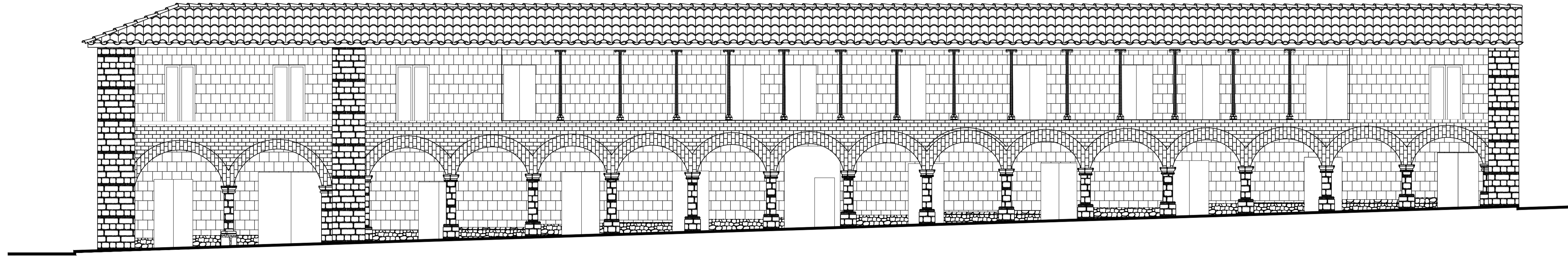
ELEVACION
ESCALA 1:50



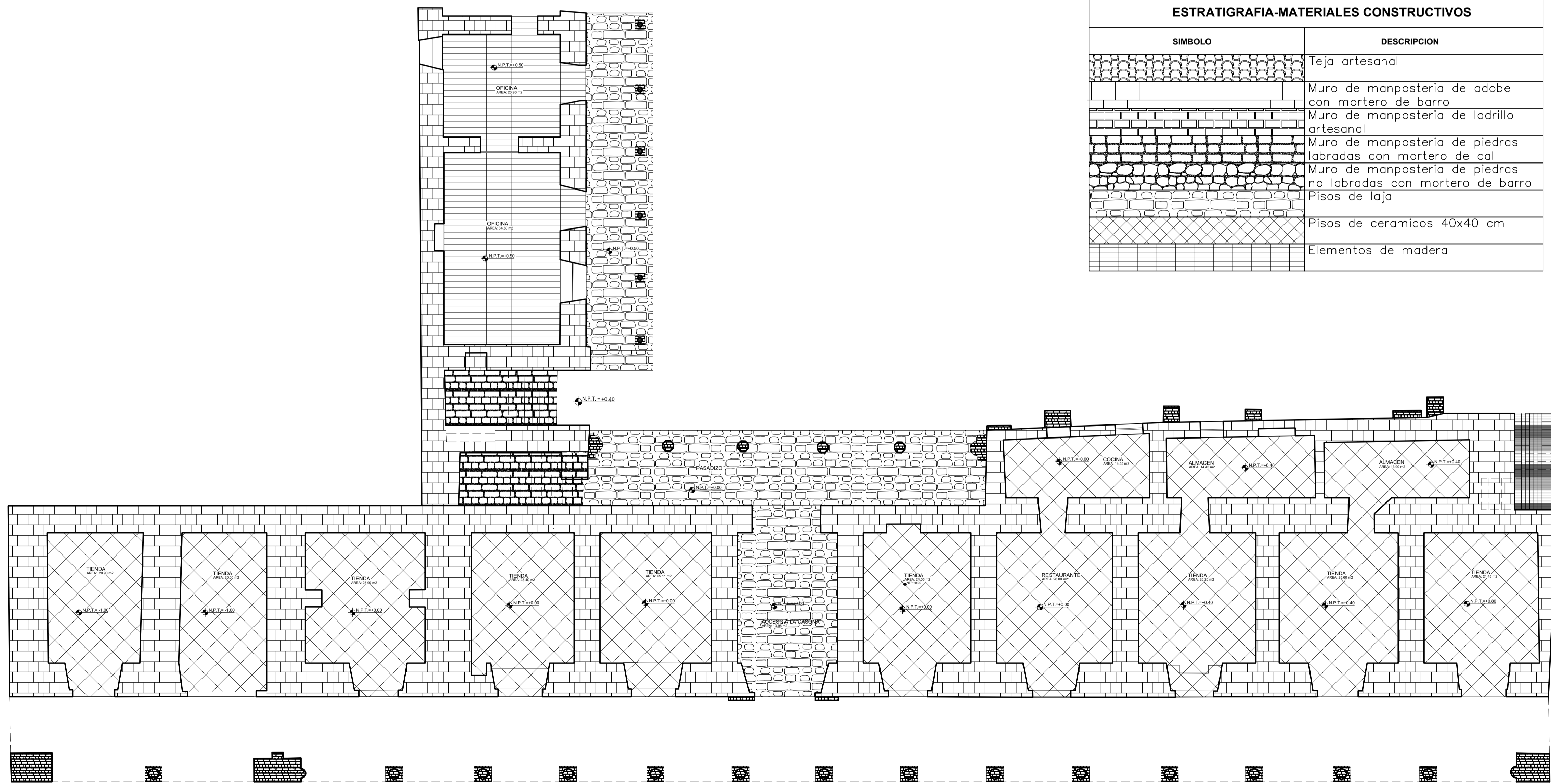
PLANTA 2 PISO
ESCALA 1:50



| | | | |
|---------------------------|--|---|--|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | | PROYECTO DE TESIS Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Caserna Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021. | |
| UBICACION: AYACUCHO | | PLANO DE ARQUITECTURA: 2 PLANTA Y ELEVACION | |
| DEPARTAMENTO: HUAMANGA | AUTORES: Kublak Katarzyna Monika Vega Jaime Lidia | LÁMINA | |
| DISTRITO: AYACUCHO | ASESOR: Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto | A-02 | |
| LUGAR: PLAZA DE ARMAS | FECHA: JUNIO DEL 2021 | ESCALA: Indicada | |



ELEVACION PRINCIPAL - MATERIALES DE CONSTRUCCION
 ESCALA 1 : 50



PLANTA 1 PISO - MATERIALES DE CONSTRUCCION
 ESCALA 1 : 50

| ESTRATIGRAFIA-MATERIALES CONSTRUCTIVOS | |
|--|---|
| SIMBOLO | DESCRIPCION |
| | Teja artesanal |
| | Muro de mamposteria de adobe con mortero de barro |
| | Muro de mamposteria de ladrillo artesanal |
| | Muro de mamposteria de piedras labradas con mortero de cal |
| | Muro de mamposteria de piedras no labradas con mortero de barro |
| | Pisos de laja |
| | Pisos de ceramicos 40x40 cm |
| | Elementos de madera |

MIGUEL ANGEL GORDON ALACDES
 ARQUITECTO
 C.A.P. 17539

| | | | |
|--|--|---|-----------------------|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | PROYECTO DE TESIS Evaluación Estructural Para Determinar el Riesgo Sísmico de la Casaca Diego Ladrón de Guevara, Ayacucho - 2021. | AUTORES: Kubiak Katarzyna Monika Vega Jaime Lidia | LAMINA A-03 |
| | PLANO DE ARQUITECTURA: MATERIALES DE CONSTRUCCION | | |
| UBICACION: DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA DISTRITO: AYACUCHO LUGAR: PLAZA DE ARMAS | ASesor: Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto | FECHA: JUNIO DEL 2021 | ESCALA: Indicado |

INFORME N° 206-2021-LABINGEOMAX
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION SIMPLE DE
BLOQUES DE ADOBE

ADOBE
CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARRA

Proyecto:

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
PARA DETERMINAR EL RIESGO
SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO
LADRÓN DE GUEVARA,
AYACUCHO – 2021”**

Ubicación:

AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Fecha:

MAYO DE 2021



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYOS EN
LABORATORIO**



Ing. Maxwil Anthony Merate Arias
CIP N° 137459
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA NORMAS N.T.P.
 399.613 / 339.604**

PROYECTO : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"
 SOLICITA : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA
 : BACH. VEGA JAIME LIDIA
 MUESTRA : ADOBE ARTESANAL
 FECHA : MAYO DE 2021

UBICACIÓN
 REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : HUAMANGA
 DISTRITO : AYACUCHO
 LUGAR : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

| Nº | MUESTRA | LARGO (cm) | ANCHO (cm) | AREA NETA (cm2) | ALTURA (cm) | PESO (kg) | DENSIDAD APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | LECTURA DIGITAL (Kg) | RESISTENCIA fb (Kg / cm2) | RESISTENCIA PROM. fb (Kg / cm2) | DESVIACION ESTANDAR (Kg / cm2) | RESISTENCIA CARACT. fb (Kg / cm2) | COEFICIENTE DE VARIACION (%) |
|----|---------|------------|------------|-----------------|-------------|-----------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | M - 01 | 24.94 | 14.63 | 364.79 | 15.80 | 9.15 | 1.59 | 17.37 | 1770.64 | 4.85 | 5.11 | 0.40 | 4.71 | 7.77 |
| 2 | M - 02 | 25.20 | 14.93 | 376.11 | 15.60 | 9.23 | 1.57 | 20.85 | 2125.38 | 5.65 | | | | |
| 3 | M - 03 | 25.12 | 14.82 | 372.23 | 15.12 | 8.94 | 1.59 | 17.44 | 1777.78 | 4.78 | | | | |
| 4 | M - 04 | 24.80 | 14.46 | 358.58 | 14.58 | 8.24 | 1.58 | 18.17 | 1852.19 | 5.17 | | | | |

OBSERVACIONES:

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO, CEL 999526400, RPM #999526400, CORREO: ingenieria@ingeomaxsac.com, comercial@ingeomaxsac.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Górriz
 CIP N° 122454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



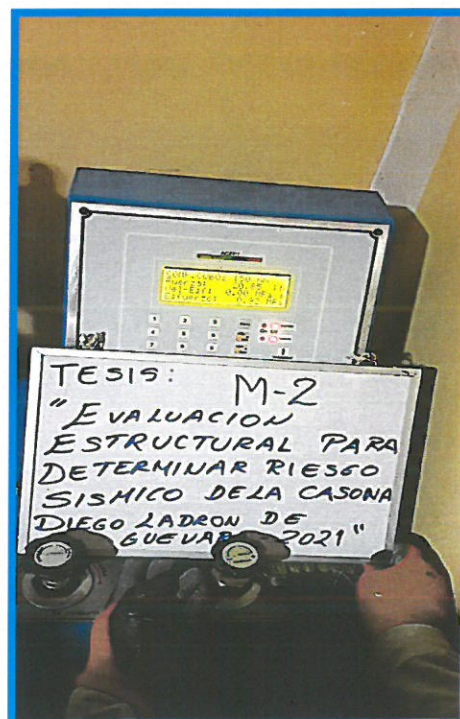
INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**PANEL
FOTOGRAFICO**



Ing. Maxwell Anthony Morote Aguiar
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

VISTA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO



VISTA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CERTIFICADO
DE CALIBRACIÓN**



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures


Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

1 000 kN

Pág. 1 de 3

PINZUAR LTDA.

PC – 42D

286

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA
AL MAXIMO S.A.C

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO
HUAMANGA - JESUS NAZARENO
AYACUCHO

T71P / ZSC

150 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / 5M56609

N° INF – LE – 436 – 20

0.060 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2021 – 02 – 25

2021 – 02 – 28

3





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **126-2021 GLF**
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA DIGITAL DOBLE RANGO PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.00 kN

| Indicación de la Máquina | | Series de medición: Indicación del Patrón | | | | |
|------------------------------|----------|---|---------|-----------|---------|-----------|
| | | 1 (ASC) | 2 (ASC) | 2 (DESC) | 3 (ASC) | 4 (ASC) |
| % | kN | kN | kN | No Aplica | kN | No Aplica |
| 10 | 100.00 | 101.59 | 101.39 | | 102.68 | |
| 20 | 200.00 | 201.14 | 200.94 | | 200.94 | |
| 30 | 300.00 | 300.69 | 300.89 | | 300.99 | |
| 40 | 400.00 | 400.61 | 400.81 | | 401.71 | |
| 50 | 500.00 | 500.32 | 501.02 | No Aplica | 502.73 | No Aplica |
| 60 | 600.00 | 600.79 | 601.79 | | 603.30 | |
| 70 | 700.00 | 702.10 | 702.66 | | 703.67 | |
| 80 | 800.00 | 802.07 | 803.48 | | 804.38 | |
| 90 | 900.00 | 903.19 | 902.85 | | 904.89 | |
| 100 | 1 000.00 | 1004.30 | 1005.20 | | 1005.70 | |
| Indicación después de Carga: | | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | No Aplica |

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

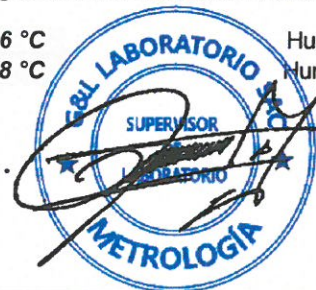
| Indicación de la Máquina | | Errores Relativos Calculados | | | | Resolución Relativa a (%) | Incertidumbre Relativa U± (%) k=2 |
|-------------------------------|----------|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | | Exactitud q (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Accesorios Acces. (%) | | |
| % | kN | | | | | | |
| 10 | 100.00 | -1.85 | 1.27 | | | 0.002 | 0.790 |
| 20 | 200.00 | -0.50 | 0.10 | | | 0.001 | 0.095 |
| 30 | 300.00 | -0.28 | 0.10 | | | 0.001 | 0.090 |
| 40 | 400.00 | -0.26 | 0.27 | | | 0.001 | 0.182 |
| 50 | 500.00 | -0.27 | 0.48 | No Aplica | No Aplica | 0.000 | 0.294 |
| 60 | 600.00 | -0.33 | 0.42 | | | 0.000 | 0.252 |
| 70 | 700.00 | -0.40 | 0.22 | | | 0.000 | 0.148 |
| 80 | 800.00 | -0.41 | 0.29 | | | 0.000 | 0.181 |
| 90 | 900.00 | -0.40 | 0.23 | | | 0.000 | 0.156 |
| 100 | 1 000.00 | -0.50 | 0.14 | | | 0.000 | 0.106 |
| Error Relativo de Cero fo (%) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | No Aplica | |

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 19.6 °C Humedad Mínima: 41.0 %Hr
Temperatura Máxima: 19.8 °C Humedad Máxima: 41.0 %Hr





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **126-2021 GLF**
Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

| Errores relativos absolutos máximos hallados | | | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| <i>Exactitud</i> q(%) | <i>Repetibilidad</i> b(%) | <i>Reversibilidad</i> v(%) | <i>Accesorios</i> aces(%) | <i>Cero</i> fe(%) | <i>Resolución</i> a(%) en el 20% |
| 0,50 | 0,48 | No Aplica | No Aplica | 0,00 | 0,001 |

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 1 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: B504530209 / 5M56609, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,060 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 436 – 20.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 126-2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS
SUPERVISOR

Téc. **Gimner A. Huamán Poquioma**
Responsable Laboratorio de Metrología





Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-20919-001 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 1 de 3

| | |
|---|---|
| Equipo <i>Instrument</i> | PIE DE REY |
| Fabricante <i>Manufacturer</i> | ACCUD |
| Modelo <i>Model</i> | 111-012-12 |
| Número de Serie <i>Serial Number</i> | 171211236 |
| Identificación Interna <i>Internal Identification</i> | NO INDICA |
| Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i> | 0 mm a 300 mm |
| Solicitante <i>Customer</i> | INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C |
| Dirección <i>Address</i> | JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADODE COMISARIA NAZARENAS) AYACUCHO-HUAMANGA-JESUS NAZARENO |
| Ciudad <i>City</i> | AYACUCHO |
| Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i> | 2020 - 06 - 19 |
| Fecha de Emisión <i>Date of issue</i> | 2020 - 06 - 24 |
| Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i> | 03 |

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la comprobación de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the costumer.

This certificate documents and ensures the traceability to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for checking the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar, no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned certificates are not valid.

Firmas Autorizadas

Authorized Signatures

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver Arnulfo López
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-23-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #103B-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



DATOS TÉCNICOS

| | |
|-----------------------------------|--|
| Tipo de Medición | Exteriores, Interiores y Profundidad |
| Método Empleado | Comparación Directa |
| Documento de Referencia | DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1 |
| Tipo de Indicación | Digital |
| Resolución | 0,01 mm |
| Instrumentos de Referencia | Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas |
| Certificado No. | 15-C309V-20-1 de Transcat; 200295 de C.I.E. |

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores

| Valor Nominal mm | Promedio mm | Error µm | Incertidumbre Expandida µm | k (p=95,45%) |
|---------------------|----------------|-------------|----------------------------------|-----------------|
| 30 | 30,000 | 0 | 11 | 2,00 |
| 60 | 60,000 | 0 | 11 | 2,00 |
| 90 | 90,010 | 10 | 11 | 2,00 |
| 120 | 120,010 | 10 | 11 | 2,00 |
| 150 | 150,010 | 10 | 11 | 2,00 |
| 180 | 180,020 | 20 | 11 | 2,00 |
| 210 | 210,000 | 0 | 13 | 2,00 |
| 240 | 240,045 | 45 | 13 | 2,00 |
| 270 | 270,030 | 30 | 13 | 2,00 |
| 300 | 300,030 | 30 | 13 | 2,00 |

Error Vs. Valor Nominal (Medición de Exteriores)

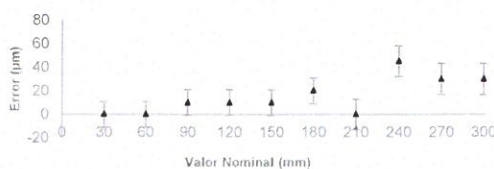


Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores

| Valor Nominal mm | Promedio mm | Error µm | Incertidumbre Expandida ± µm | k (p=95,45%) |
|---------------------|----------------|-------------|------------------------------------|-----------------|
| 30 | 30,000 | 0 | 10 | 2,00 |
| 60 | 60,000 | 0 | 10 | 2,00 |
| 90 | 90,010 | 10 | 10 | 2,00 |
| 120 | 120,010 | 10 | 10 | 2,00 |
| 150 | 150,010 | 10 | 10 | 2,00 |
| 180 | 180,020 | 20 | 10 | 2,00 |
| 210 | 210,020 | 20 | 12 | 2,00 |
| 240 | 240,020 | 20 | 12 | 2,00 |
| 270 | 270,030 | 30 | 12 | 2,00 |
| 300 | 300,030 | 30 | 13 | 2,00 |

Error Vs. Valor Nominal (Medición de Interiores)

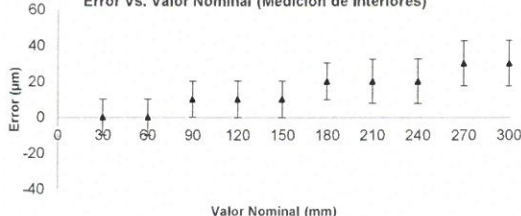
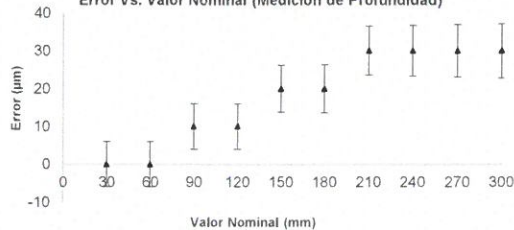


Tabla 3. Resultados para Medición de Profundidad

| Valor Nominal mm | Promedio mm | Error µm | Incertidumbre Expandida ± µm | k (p=95,45%) |
|---------------------|----------------|-------------|------------------------------------|-----------------|
| 30 | 30,000 | 0,0 | 6,0 | 2,01 |
| 60 | 60,000 | 0,0 | 6,0 | 2,01 |
| 90 | 90,010 | 10,0 | 6,0 | 2,01 |
| 120 | 120,010 | 10,0 | 6,0 | 2,01 |
| 150 | 150,020 | 20,0 | 6,2 | 2,01 |
| 180 | 180,020 | 20,0 | 6,3 | 2,01 |
| 210 | 210,030 | 30,0 | 6,5 | 2,01 |
| 240 | 240,030 | 30,0 | 6,7 | 2,01 |
| 270 | 270,030 | 30,0 | 6,9 | 2,01 |
| 300 | 300,030 | 30,0 | 7,1 | 2,01 |

Error Vs. Valor Nominal (Medición de Profundidad)



LM-PC-23-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

| | | | |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 20,1 °C | Humedad Máxima: | 59 % |
| Temperatura Mínima: | 19,6 °C | Humedad Mínima: | 58 % |

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



CONTACTO

Funcionario con quien se estableció comunicación de manera directa para tratar temas relacionados con la solicitud de servicio.

| | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Nombre | ANTHONY MOROTE ARIAS |
| Organización | INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C |
| Cargo | GERENTE GENERAL |
| Teléfono | 999526400 |
| Correo Electrónico | INGEOMAX@HOTMAIL.COM |

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-20919-001**

Fin de Certificado

LM-PC-23-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #103B-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | abmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 134-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-02-28

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8335460267

ALCANCE DE
INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA
/ RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE
VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE
CALIBRACIÓN : 2021-02-25

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3° - ENERO, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Gilmer Antonio Huamanga Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología





5. CONDICIONES AMBIENTALES

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 19.8 °C | 19.8 °C |
| Humedad Relativa | 42 % | 42 % |

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--|-----------------------------------|---|
| Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT | Pesas (exactitud E2 / M1 / M2) | LM - C - 076 - 2020 CM - 2104 - 2020 CM - 2105 - 2020 CM - 2106 - 2020 |

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 29994 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

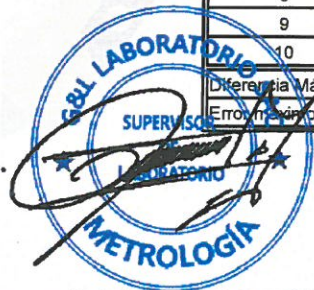
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

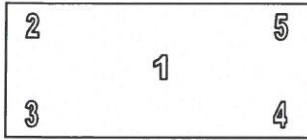
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

| INSPECCIÓN VISUAL | | | |
|-------------------|-------|------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | NIVELACIÓN | TIENE |
| SITEMA DE TRABA | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1= 15,000 g | | | Carga L2= 30,000 g | | |
|--------------------------|--------------------|-------|------|--------------------|-------|------|
| | I(g) | ΔL(g) | E(g) | I(g) | ΔL(g) | E(g) |
| 1 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 2 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 3 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 4 | 14,999 | 0.6 | -1.1 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 5 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 6 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 7 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 8 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 9 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 10 | 14,999 | 0.5 | -1.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| Diferencia Máxima | | | 0.1 | 0.1 | | |
| Error máximo permitido ± | | | 20 g | ± 30 g | | |





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de la Carga | Determinación de E ₀ | | | | Determinación del Error corregido | | | | |
|----------------------|---------------------------------|------|-------|--------------------|-----------------------------------|--------|-------|------|--------------------|
| | Carga mínima (g) | l(g) | ΔL(g) | E ₀ (g) | Carga (g) | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) |
| 1 | 10 | 10 | 0.5 | 0.0 | 10,000 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 9,999 | 0.4 | -0.9 | -0.9 |
| 3 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 9,999 | 0.5 | -1.0 | -1.0 |
| 4 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,000 | 0.4 | 0.1 | 0.1 |

Temp. (°C) Inicial: 19.8 Final: 19.8

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

| Carga L(g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | emp(**) ±(g) |
|------------|------------|-------|------|--------------------|--------------|-------|------|--------------------|--------------|
| | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) | |
| 10 | 10 | 0.5 | 0.0 | | | | | | 10 |
| 20 | 20 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 100 | 100 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 100 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 500 | 500 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 500 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 1,000 | 1,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 10 |
| 5,000 | 5,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 5,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 10,000 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 |
| 15,000 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 |
| 20,000 | 20,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 20,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 |
| 25,000 | 25,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 25,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 30 |
| 30,000 | 30,000 | 0.7 | -0.2 | -0.2 | 30,000 | 0.7 | -0.2 | -0.2 | 30 |

Temp. (°C) Inicial: 19.8 Final: 19.8

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 315E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 1,036E-12 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



INFORME N° 207 - 2021 - LABINGEOMAX

SEÑORES : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA
: BACH. VEGA JAIME LIDIA

DEL : ING. MAXWIL ANTHONY MOROTE ARIAS
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

PROYECTO : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO
DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO – 2021"

ASUNTO : INFORME SOBRE ENSAYOS DE REBOTE CON MARTILLO SCHMIDT EN
ROCAS.

FECHA : mayo de 2021.

Es grato dirigirme a Uds., con la finalidad de saludarlos y a la vez informarles sobre los resultados de los ensayos de rebote de martillo Schmidt realizados a las rocas solicitadas, de lo cual se menciona:

1. GENERALIDADES

Método de prueba estándar para determinar la dureza de la roca por el método de rebote de martillo (ASTM 5873):

El esclerómetro Schmidt mide la resistencia a la compresión simple de la roca mediante el rebote de una masa de acero que golpea, accionada por un resorte, sobre un percusor puesto en contacto con la superficie de la roca. Producido el impacto, la masa rebota hacia el extremo opuesto del percusor arrastrando en su movimiento a un índice que, al desplazarse sobre una escala graduada, marca una magnitud que se denomina Índice de Rebote (IR) y que es la relación entre la altura de rebote y la escala total del aparato. Es útil para determinar la resistencia a la compresión de las rocas, o para comparar su calidad entre distintas zonas de estudio.



Por otra parte, se debe tener en cuenta que una importante limitación de este método para juzgar la calidad de la roca está en que solo suministra información sobre un espesor de dos o tres centímetros de profundidad.

2. OBJETIVO

La presente tiene la finalidad de evaluar la resistencia a la compresión simple de las rocas mediante el rebote de martillo.

3. TRABAJOS EN CAMPO

3.1. ENSAYOS DE REBOTE DE MARTILLO

Los ensayos de rebote de martillo para las rocas analizadas se realizaron bajo los parámetros de la Norma ASTM 5873 y cuyos resultados se presentan a continuación:

Cuadro 1: Resultados de cada ensayo de rebote de martillo Schmidt realizado en campo.

| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 1 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| PILAR | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| PILAR ENTRADA PRINCIPAL (LADO IZQUIERDO) | |
| PROMEDIO | 24 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.2 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 24.0 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 245 kg/cm ² |



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 2 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| PILAR | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| PILAR ENTRADA SEGUNDO PISO (LADO IZQUIERDO) | |
| PROMEDIO | 32 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 22.5 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 39.0 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 398 kg/cm ² |

| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 3 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| COLUMNA | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| COLUMNA SEGUNDO ARCO ENTRADA (LADO DERECHO) | |
| PROMEDIO | 27 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.5 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 28.5 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 291 kg/cm ² |

| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 4 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| PILAR | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| PILAR EXTERIOR (LADO IZQUIERDO) | |
| PROMEDIO | 29 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.5 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 31.0 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 316 kg/cm ² |



| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 5 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| PILAR | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| PILAR EXTERIOR N° 02 (LADO IZQUIERDO) | |
| PROMEDIO | 29 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.0 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 30.0 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 306 kg/cm ² |

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| PRUEBA N°: | 6 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| COLUMNA | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| COLUMNA N° 10 (FRONTAL) | |
| PROMEDIO | 25 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 20.6 Kn/m ³ |
| CORRELACION f'c : | 26.2 Mpa |
| CORRELACION f'c : | 267 kg/cm ² |

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

De los ensayos de rebote de martillo realizados en la zona de estudio se puede concluir que:

Cuadro 2: Resumen de ensayos de rebote de martillo Schmidt realizado en campo.

| ENSAYO | ESTRUCTURA | REBOTE PROMEDIO | f'c ALCANZADO (Mpa) | f'c ALCANZADO (Kg/cm ²) |
|--------|---|-----------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1 | PILAR ENTRADA PRINCIPAL (LADO IZQUIERDO) | 24 | 24 | 245 |
| 2 | PILAR ENTRADA SEGUNDO PISO (LADO IZQUIERDO) | 32 | 39 | 398 |
| 3 | COLUMNA SEGUNDO ARCO ENTRADA (LADO DERECHO) | 27 | 29 | 291 |



| ENSAYO | ESTRUCTURA | REBOTE PROMEDIO | f _c ALCANZADO (Mpa) | f _c ALCANZADO (Kg/cm ²) |
|--------|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|--|
| 4 | PILAR EXTERIOR (LADO IZQUIERDO) | 29 | 31 | 316 |
| 5 | PILAR EXTERIOR N° 02 (LADO IZQUIERDO) | 29 | 30 | 306 |
| 6 | COLUMNA N° 10 (FRONTAL) | 25 | 26 | 267 |

Fuente: Elaboración propia.

Sin otro particular, y a la espera de vuestra comprensión y atención a lo solicitado, es propicia la ocasión para expresarle mi más alta y distinguida estima personal.

Atentamente.




Ing. Maxwil Anthony Morote Agas
 CIP N° 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYOS DE
REBOTE DE MARTILLO**




INGEOMAX S.A.C
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Maxwil Anthony Molote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

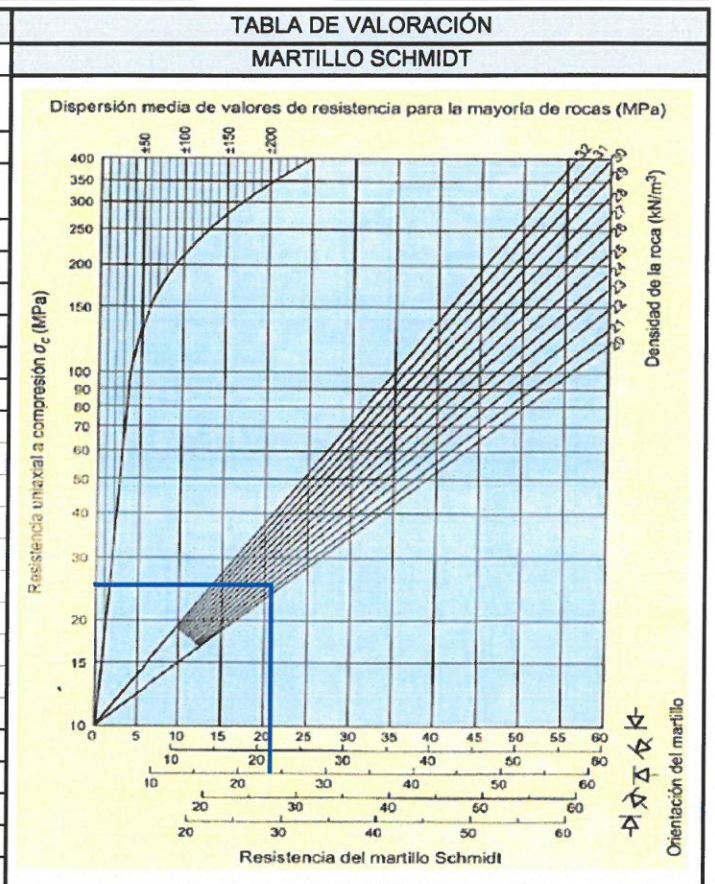
Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

Solicitante : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA Region : AYACUCHO
: BACH. VEGA JAIME LIDIA Provincia : HUAMANGA

Muestra : ROCA Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DE 2021 Lugar : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

| | |
|--|------------------------|
| PRUEBA N°: | 1 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| PILAR | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| PILAR ENTRADA PRINCIPAL (LADO IZQUIERDO) | |
| SUPERFICIE: | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 |
| N° | VALOR DE REBOTE |
| 1 | 23.0 |
| 2 | 22.0 |
| 3 | 26.0 |
| 4 | 26.0 |
| 5 | 23.0 |
| 6 | 23.0 |
| 7 | 22.0 |
| 8 | 26.0 |
| 9 | 23.0 |
| 10 | 22.0 |
| PROMEDIO | 24 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.2 Kn/m ³ |
| CORRELACION f _c : | 24.0 Mpa |
| CORRELACION f _c : | 245 kg/cm ² |



INGEOMAX
S.A.C.
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Maxwil Anthony Miorole Azias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

Solicitante : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA Region : AYACUCHO
: BACH. VEGA JAIME LIDIA Provincia : HUAMANGA

Muestra : ROCA Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DE 2021 Lugar : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

| PRUEBA N°: 2 | | TABLA DE VALORACIÓN MARTILLO SCHMIDT | |
|--|------------------------|--|--|
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | | <p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p> | |
| PILAR | | | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | | | |
| PILAR ENTRADA SEGUNDO PISO (LADO IZQUIERDO) | | | |
| SUPERFICIE: | | | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | | | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 | | |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO | | |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 | | |
| N° | VALOR DE REBOTE | | |
| 1 | 32.0 | | |
| 2 | 30.0 | | |
| 3 | 35.0 | | |
| 4 | 30.0 | | |
| 5 | 33.0 | | |
| 6 | 33.0 | | |
| 7 | 32.0 | | |
| 8 | 30.0 | | |
| 9 | 33.0 | | |
| 10 | 32.0 | | |
| PROMEDIO | 32 | | |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° | | |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 22.5 Kn/m ³ | | |
| CORRELACION f _c : | 39.0 Mpa | | |
| CORRELACION f _c : | 398 kg/cm ² | | |



INGEOMAX
S.A.C.
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 182454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

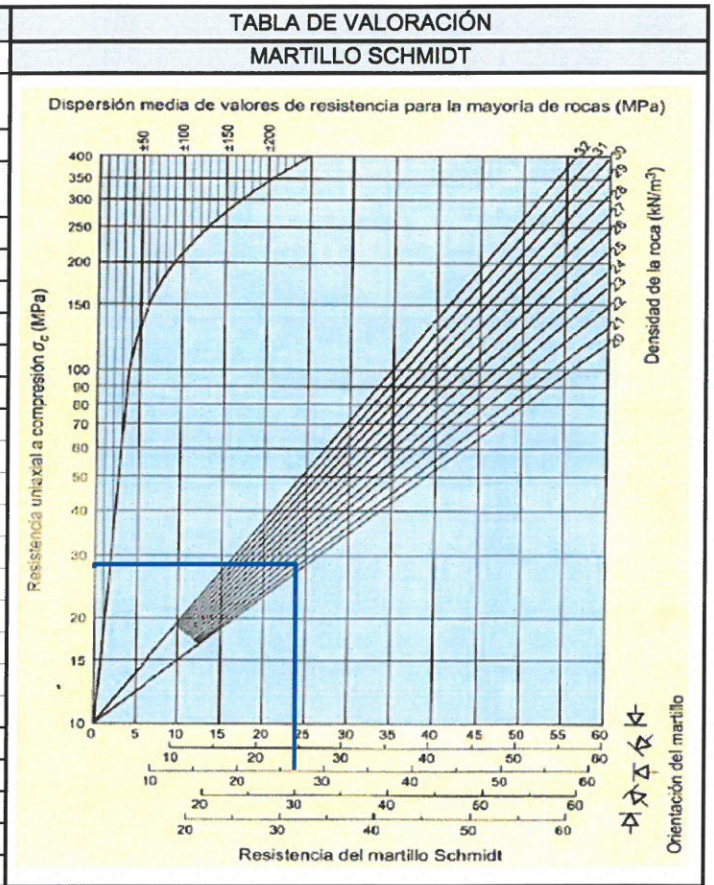
Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

Solicitante : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA Region : AYACUCHO
: BACH. VEGA JAIME LIDIA Provincia : HUAMANGA

Muestra : ROCA Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DE 2021 Lugar : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

| | |
|---|------------------------|
| PRUEBA N°: | 3 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| COLUMNNA | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| COLUMNNA SEGUNDO ARCO ENTRADA (LADO DERECHO) | |
| SUPERFICIE: | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 |
| N° | VALOR DE REBOTE |
| 1 | 29.0 |
| 2 | 25.0 |
| 3 | 28.0 |
| 4 | 29.0 |
| 5 | 27.0 |
| 6 | 25.0 |
| 7 | 27.0 |
| 8 | 28.0 |
| 9 | 29.0 |
| 10 | 25.0 |
| PROMEDIO | 27 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.5 Kn/m ³ |
| CORRELACION f _c : | 28.5 Mpa |
| CORRELACION f _c : | 291 kg/cm ² |



Ing. Maxwil Anthony Morote Apas
 CIP N° 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

| | | | |
|-------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Solicitante | : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA | Region | : AYACUCHO |
| | : BACH. VEGA JAIME LIDIA | Provincia | : HUAMANGA |
| Muestra | : ROCA | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DE 2021 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA |

| | | | |
|--------------------------------------|------------------------|---|--|
| PRUEBA N°: | 4 | TABLA DE VALORACIÓN MARTILLO SCHMIDT | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | | <p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p> <p>Resistencia uniaxial a compresión σ_c (MPa)</p> <p>Densidad de la roca (kN/m³)</p> <p>Resistencia del martillo Schmidt</p> <p>Orientación del martillo</p> | |
| PILAR | | | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | | | |
| PILAR EXTERIOR (LADO IZQUIERDO) | | | |
| SUPERFICIE: | | | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | | | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 | | |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO | | |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 | | |
| N° | VALOR DE REBOTE | | |
| 1 | 30.0 | | |
| 2 | 28.0 | | |
| 3 | 27.0 | | |
| 4 | 29.0 | | |
| 5 | 32.0 | | |
| 6 | 30.0 | | |
| 7 | 28.0 | | |
| 8 | 27.0 | | |
| 9 | 29.0 | | |
| 10 | 32.0 | | |
| PROMEDIO | 29 | | |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° | | |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.5 Kn/m ³ | | |
| CORRELACION f_c : | 31.0 Mpa | | |
| CORRELACION f_c : | 316 kg/cm ² | | |

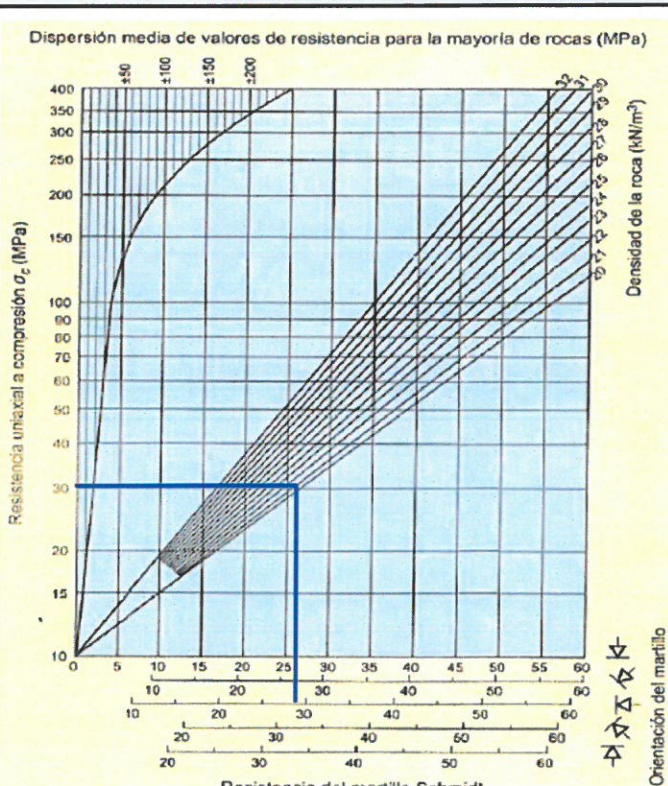


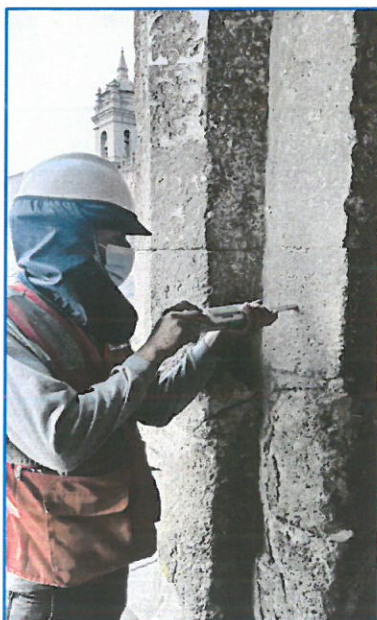


PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

| | | | |
|-------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Solicitante | : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA | Region | : AYACUCHO |
| | : BACH. VEGA JAIME LIDIA | Provincia | : HUAMANGA |
| Muestra | : ROCA | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DE 2021 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA |

| PRUEBA N°: 5 | | TABLA DE VALORACIÓN MARTILLO SCHMIDT | |
|--|------------------------|--|--|
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | | <p>Dispersión media de valores de resistencia para la mayoría de rocas (MPa)</p>  <p>Resistencia uniaxial a la compresión σ_c (MPa)</p> <p>Densidad de la roca (kN/m³)</p> <p>Orientación del martillo</p> <p>Resistencia del martillo Schmidt</p> | |
| PILAR | | | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | | | |
| PILAR EXTERIOR N° 02 (LADO IZQUIERDO) | | | |
| SUPERFICIE: | | | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | | | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 | | |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO | | |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 | | |
| N° | VALOR DE REBOTE | | |
| 1 | 32.0 | | |
| 2 | 27.0 | | |
| 3 | 29.0 | | |
| 4 | 29.0 | | |
| 5 | 29.0 | | |
| 6 | 32.0 | | |
| 7 | 27.0 | | |
| 8 | 29.0 | | |
| 9 | 29.0 | | |
| 10 | 29.0 | | |
| PROMEDIO | 29 | | |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° | | |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 21.0 Kn/m ³ | | |
| CORRELACION f_c : | 30.0 Mpa | | |
| CORRELACION f_c : | 306 kg/cm ² | | |



INGEOMAX
S.A.C.
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 133454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DUREZA DE LA ROCA POR EL MÉTODO DE MARTILLO REBOTE (ASTM 5873)

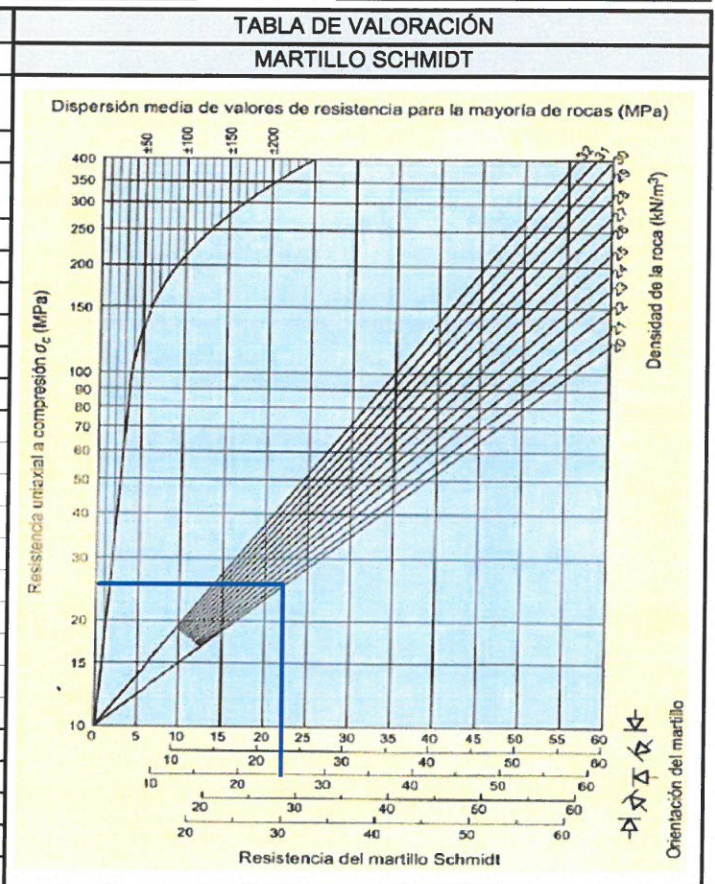
Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

Solicitante : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA Region : AYACUCHO
: BACH. VEGA JAIME LIDIA Provincia : HUAMANGA

Muestra : ROCA Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DE 2021 Lugar : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

| | |
|--------------------------------------|------------------------|
| PRUEBA N°: | 6 |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA: | |
| COLUMNA | |
| LOCALIZACIÓN DE LA PRUEBA: | |
| COLUMNA N° 10 (FRONTAL) | |
| SUPERFICIE: | |
| ACABADA Y PULIDA CON PIEDRA ABRASIVA | |
| FECHA | : MAYO DE 2021 |
| TIPO DE MARTILLO SCHMIDT | : ANALOGO |
| MODELO / SERIE | : PC - 137 / 1339 |
| N° | VALOR DE REBOTE |
| 1 | 26.0 |
| 2 | 25.0 |
| 3 | 26.0 |
| 4 | 25.0 |
| 5 | 23.0 |
| 6 | 24.0 |
| 7 | 26.0 |
| 8 | 25.0 |
| 9 | 26.0 |
| 10 | 23.0 |
| PROMEDIO | 25 |
| ANGULO DE IMPACTO : | 0° |
| DENSIDAD DE LA ROCA | 20.6 Kn/m ³ |
| CORRELACION f_c : | 26.2 Mpa |
| CORRELACION f_c : | 267 kg/cm ² |



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CERTIFICADOS DE
CALIBRACIÓN**


INGEOMAX S.A.C.
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Maxwil Anthony Morote Adas
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 269-2020 GLF

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2020-08-18

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE OMECIÓN : MARTILLO SCHMIDT

MARCA : PINZUAR

MODELO : HT225

NÚMERO DE SERIE : 1339

ALCANCE MÁXIMO : 10 a 100 Div. (70 N/mm²)

DIV. MÍNIMA : 2 Div.

INDICACIÓN : ANÁLOGICA

PROCEDENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LAB. FUERZA DE G&L LABORATORIO SAC

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2020-08-06

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Tomado con referencia el método de Comparación Directa entre Yunque de Calibración FORNEY y el Esclerómetro

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO


Gilmer Antonio Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@qylllaboratorio.com / laboratorio.qylllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C

5. CONDICIONES AMBIENTALES

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24.6 °C | 24.6 °C |
| Humedad Relativa | 25 % | 25 % |

6. OBSERVACIONES

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

El resultado de cada una de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de productos.

G&L LABORATORIO SAC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

| TABLA DE RESULTADOS | |
|-----------------------|------|
| 1 | 70 |
| 2 | 70 |
| 3 | 72 |
| 4 | 70 |
| 5 | 72 |
| 6 | 70 |
| 7 | 70 |
| 8 | 70 |
| 9 | 70 |
| 10 | 72 |
| Promedio = | 70.6 |
| Desviación Estandar = | 0.97 |

** El instrumento se encuentra en buen estado de funcionamiento.*

FIN DEL DOCUMENTO



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima

Teléfono: (01) 622 – 5814

Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@qyllaboratorio.com / laboratorio.qyllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C

INFORME N° 208-2021-LABINGEOMAX
PESO UNITARIO EN SUELOS
COHESIVOS
(METODO DE LA PARAFINA)

ADOBE
CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

Proyecto:

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
PARA DETERMINAR EL RIESGO
SÍSMICO DE LA CASONA
DIEGO LADRÓN DE
GUEVARA, AYACUCHO 2021”**

Ubicación:

AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Fecha:

MAYO DE 2021



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYOS EN
LABORATORIO**



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

PESO UNITARIO EN SUELOS COHESIVOS (METODO DE LA PARAFINA)

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO - 2021"

Solicitante : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA

Region : AYACUCHO

Solicitante : BACH. VEGA JAIME LIDIA

Provincia : HUAMANGA

Material : ADOBE

Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DE 2021

Lugar : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

| | RECIPIENTE | Nº | 6.0 | 7.0 | |
|-----------------------------|------------------------------|----------|-------------|-------|--|
| 1 | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE | gr | 78.17 | 66.52 | |
| 2 | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE | gr | 74.91 | 63.39 | |
| 3 | PESO RECIPIENTE | gr | 27.40 | 16.91 | |
| 4 | PESO AGUA (1)-(2) | gr | 3.26 | 3.13 | |
| 5 | PESO SECO (2)-(4) | gr | 47.51 | 46.48 | |
| 6 | HUMEDAD | % | 6.9% | 6.7% | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | % | 6.8% | | |

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO

| | IDENTIFICACION | | ENSAYO Nº01 | ENSAYO Nº02 | ENSAYO Nº03 |
|----|--------------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| 1 | PESO DEL SUELO | gr | 103.98 | 101.85 | 102.68 |
| 2 | PESO DEL SUELO + PARAFINA | gr | 113.55 | 108.09 | 109.82 |
| 3 | PESO DE LA PARAFINA | gr | 9.57 | 6.24 | 7.14 |
| 4 | VOLUMEN DE LA PARAFINA +SUELO | cm3 | 76.00 | 71.00 | 72.00 |
| 5 | VOLUMEN DE LA PARAFINA | cm3 | 10.63 | 6.93 | 7.93 |
| 6 | VOLUMEN DEL SUELO | cm3 | 65.37 | 64.07 | 64.07 |
| 7 | PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA | gr/cm3 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 8 | DENSIDAD HUMEDA | gr/cm3 | 1.59 | 1.59 | 1.60 |
| 9 | DENSIDAD HUMEDA | gr/cm3 | 1.594 | | |
| 10 | PESO UNITARIO APARENTE | KN/m3 | 15.64 | | |
| 11 | CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 6.8% | 6.8% | 6.8% |
| 12 | DENSIDAD SECA | gr/cm3 | 1.49 | 1.49 | 1.50 |
| 13 | DENSIDAD SECA | gr/cm3 | 1.493 | | |
| 14 | PESO UNITARIO SECO | KN/m3 | 14.65 | | |

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRÍA N° 416 - JESÚS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400
EMAIL: ingenieria@ingemaxsac.com, comercial@ingemaxsac.com



Ing. Maxwii Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PESO UNITARIO EN SUELOS COHESIVOS
(METODO DE LA PARAFINA)**

Proyecto : "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL RIESGO SÍSMICO DE LA CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA, AYACUCHO – 2021"

| | | | |
|-------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Solicitante | : BACH. KUBIAK KATARZYNA MONIKA | Region | : AYACUCHO |
| Solicitante | : BACH. VEGA JAIME LIDIA | Provincia | : HUAMANGA |
| Material | : ADOBE | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DE 2021 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRÓN DE GUEVARA |

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

| RECIPIENTE | Nº | 9.0 | 10.0 |
|--------------------------------|----------|-------------|-------|
| 1 PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE | gr | 79.54 | 70.45 |
| 2 PESO SUELO SECO+RECIPIENTE | gr | 76.08 | 67.68 |
| 3 PESO RECIPIENTE | gr | 27.61 | 27.74 |
| 4 PESO AGUA (1)-(2) | gr | 3.46 | 2.77 |
| 5 PESO SECO (2)-(4) | gr | 48.47 | 39.94 |
| 6 HUMEDAD | % | 7.1% | 6.9% |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 7.0% | |

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO

| IDENTIFICACION | | ENSAYO Nº01 | ENSAYO Nº02 | ENSAYO Nº03 |
|----------------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| 1 PESO DEL SUELO | gr | 93.81 | 84.41 | 100.88 |
| 2 PESO DEL SUELO + PARAFINA | gr | 100.62 | 91.57 | 106.44 |
| 3 PESO DE LA PARAFINA | gr | 6.81 | 7.16 | 5.56 |
| 4 VOLUMEN DE LA PARAFINA +SUELO | cm3 | 67.00 | 61.00 | 70.00 |
| 5 VOLUMEN DE LA PARAFINA | cm3 | 7.57 | 7.96 | 6.18 |
| 6 VOLUMEN DEL SUELO | cm3 | 59.43 | 53.04 | 63.82 |
| 7 PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA | gr/cm3 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 8 DENSIDAD HUMEDA | gr/cm3 | 1.58 | 1.59 | 1.58 |
| 9 DENSIDAD HUMEDA | gr/cm3 | 1.583 | | |
| 10 PESO UNITARIO APARENTE | KN/m3 | 15.53 | | |
| 11 CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 7.0% | 7.0% | 7.0% |
| 12 DENSIDAD SECA | gr/cm3 | 1.47 | 1.49 | 1.48 |
| 13 DENSIDAD SECA | gr/cm3 | 1.479 | | |
| 14 PESO UNITARIO SECO | KN/m3 | 14.51 | | |

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRÍA N° 416 – JESÚS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400
EMAIL: ingenieria@ingemaxsac.com, comercial@ingemaxsac.com



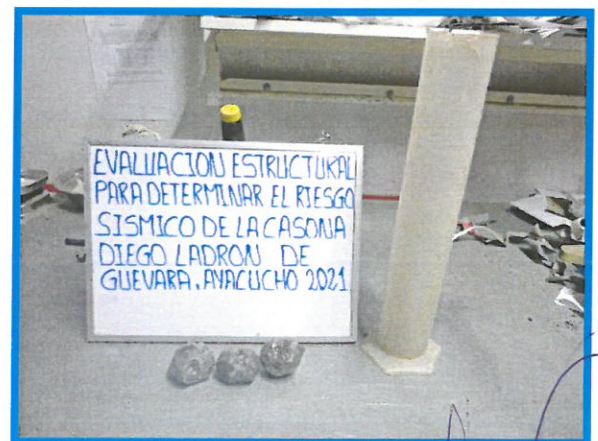
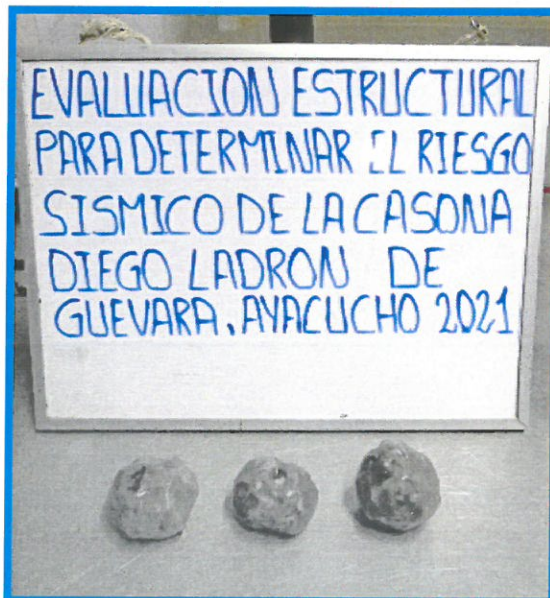
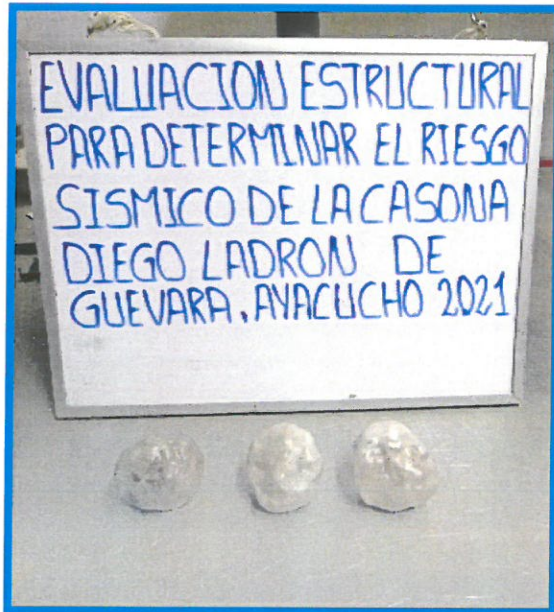
INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**PANEL
FOTOGRAFICO**



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

VISTA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO





INGEOMAX

S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CERTIFICADO
DE CALIBRACIÓN**



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 131-2021 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2021-02-28

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL
MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINZUAR LTDA.
MODELO : PG - 190
NÚMERO DE SERIE : 228
PROCEDENCIA : COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN : EQ - HN - 01
UBICACIÓN : Laboratorio

Descripción del Termometro del Equipo

Tipo : Digital
Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2021-02-25

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

| | Inicial | Final |
|----------------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 20.0 | 20.2 |
| Humedad Relativa %HR | 42 | 42 |

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| TOTAL WEIGHT | Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas | CC - 2505 - 2019 |

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Téc. **Alfonso A. Huamán Pognoma**
Responsable del Laboratorio de Metrología



7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

| Tiempo (min) | Termómetro del equipo (°C) | Indicación termómetros patrones (°C) | | | | | | | | | | T. Prom. (°C) | Tmax-Tmin. (°C) |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110.0 | 113.7 | 110.4 | 107.5 | 107.3 | 108.1 | 110.3 | 110.4 | 108.4 | 108.6 | 110.0 | 109.5 | 6.4 |
| 02 | 110.0 | 114.4 | 110.7 | 107.8 | 107.2 | 108.3 | 110.6 | 110.7 | 108.5 | 108.7 | 110.3 | 109.7 | 7.2 |
| 04 | 109.8 | 114.6 | 110.8 | 107.9 | 107.4 | 108.6 | 110.3 | 110.3 | 108.3 | 108.3 | 110.0 | 109.7 | 7.2 |
| 06 | 110.0 | 114.2 | 110.5 | 107.9 | 107.3 | 108.0 | 110.0 | 110.3 | 108.2 | 108.1 | 109.5 | 109.4 | 6.9 |
| 08 | 109.9 | 114.2 | 110.3 | 107.5 | 106.9 | 108.3 | 110.3 | 110.2 | 108.5 | 108.7 | 109.7 | 109.5 | 7.3 |
| 10 | 110.0 | 114.4 | 110.7 | 107.9 | 107.1 | 108.3 | 110.4 | 110.6 | 108.5 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.3 |
| 12 | 109.9 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.3 | 110.5 | 110.5 | 108.5 | 108.4 | 110.1 | 109.7 | 7.2 |
| 14 | 109.9 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.4 | 110.3 | 110.5 | 108.4 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.2 |
| 16 | 110.0 | 114.1 | 110.6 | 107.9 | 107.5 | 108.5 | 110.4 | 110.5 | 108.5 | 108.3 | 109.9 | 109.6 | 6.6 |
| 18 | 110.0 | 114.2 | 110.6 | 107.7 | 107.1 | 108.2 | 110.2 | 110.4 | 108.4 | 108.2 | 109.8 | 109.5 | 7.1 |
| 20 | 109.8 | 114.2 | 110.5 | 107.6 | 107.0 | 108.1 | 110.1 | 110.3 | 108.2 | 108.2 | 109.7 | 109.4 | 7.2 |
| 22 | 110.0 | 114.0 | 110.4 | 107.4 | 106.8 | 108.0 | 110.0 | 110.0 | 108.1 | 107.9 | 109.3 | 109.2 | 7.2 |
| 24 | 109.8 | 113.4 | 110.0 | 107.1 | 106.6 | 107.7 | 109.7 | 109.8 | 107.7 | 107.7 | 110.0 | 109.0 | 6.8 |
| 26 | 110.0 | 113.7 | 110.4 | 107.5 | 107.3 | 108.1 | 110.3 | 110.4 | 108.4 | 108.6 | 110.0 | 109.5 | 6.4 |
| 28 | 110.0 | 114.4 | 110.7 | 107.8 | 107.2 | 108.3 | 110.6 | 110.7 | 108.5 | 108.7 | 110.3 | 109.7 | 7.2 |
| 30 | 110.0 | 114.6 | 110.8 | 107.9 | 107.4 | 108.6 | 110.3 | 110.3 | 108.3 | 108.3 | 110.0 | 109.7 | 7.2 |
| 32 | 109.9 | 114.2 | 110.5 | 107.9 | 107.3 | 108.0 | 110.0 | 110.3 | 108.2 | 108.1 | 109.5 | 109.4 | 6.9 |
| 34 | 110.0 | 114.2 | 110.3 | 107.5 | 106.9 | 108.3 | 110.3 | 110.2 | 108.5 | 108.7 | 109.7 | 109.5 | 7.3 |
| 36 | 109.9 | 114.4 | 110.7 | 107.9 | 107.1 | 108.3 | 110.4 | 110.6 | 108.5 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.3 |
| 38 | 109.9 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.3 | 110.5 | 110.5 | 108.5 | 108.4 | 110.1 | 109.7 | 7.2 |
| 40 | 109.9 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.4 | 110.3 | 110.5 | 108.4 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.2 |
| 42 | 110.0 | 114.1 | 110.6 | 107.9 | 107.5 | 108.5 | 110.4 | 110.5 | 108.5 | 108.3 | 109.9 | 109.6 | 6.6 |
| 44 | 110.0 | 114.2 | 110.6 | 107.7 | 107.1 | 108.2 | 110.2 | 110.4 | 108.4 | 108.2 | 109.8 | 109.5 | 7.1 |
| 46 | 109.8 | 114.2 | 110.5 | 107.6 | 107.0 | 108.1 | 110.1 | 110.3 | 108.2 | 108.2 | 109.7 | 109.4 | 7.2 |
| 48 | 109.8 | 114.0 | 110.4 | 107.4 | 106.8 | 108.0 | 110.0 | 110.0 | 108.1 | 107.9 | 109.3 | 109.2 | 7.2 |
| 50 | 110.0 | 114.4 | 110.7 | 107.9 | 107.1 | 108.3 | 110.4 | 110.6 | 108.5 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.3 |
| 52 | 110.0 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.3 | 110.5 | 110.5 | 108.5 | 108.4 | 110.1 | 109.7 | 7.2 |
| 54 | 110.0 | 114.5 | 110.8 | 107.7 | 107.3 | 108.4 | 110.3 | 110.5 | 108.4 | 108.4 | 110.0 | 109.6 | 7.2 |
| 56 | 110.0 | 114.1 | 110.6 | 107.9 | 107.5 | 108.5 | 110.4 | 110.5 | 108.5 | 108.3 | 109.9 | 109.6 | 6.6 |
| 58 | 109.9 | 114.2 | 110.6 | 107.7 | 107.1 | 108.2 | 110.2 | 110.4 | 108.4 | 108.2 | 109.8 | 109.5 | 7.1 |
| 60 | 109.9 | 114.2 | 110.5 | 107.6 | 107.0 | 108.1 | 110.1 | 110.3 | 108.2 | 108.2 | 109.7 | 109.4 | 7.2 |
| T. PROM. | 109.9 | 114.2 | 110.6 | 107.7 | 107.2 | 108.2 | 110.3 | 110.4 | 108.4 | 108.3 | 109.9 | 109.5 | |
| T. MAX | 110.0 | 114.6 | 110.8 | 107.9 | 107.5 | 108.6 | 110.6 | 110.7 | 108.5 | 108.7 | 110.3 | | |
| T. MIN | 109.8 | 113.4 | 110.0 | 107.1 | 106.6 | 107.7 | 109.7 | 109.8 | 107.7 | 107.7 | 109.3 | | |
| DTT | 0.2 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | | |

| PARÁMETRO | VALOR (°C) | INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C) |
|---|------------|------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 114.6 | 0.3 |
| Mínima Temperatura Medida | 106.6 | 0.3 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 1.2 | 0.1 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 7.1 | 0.3 |
| Estabilidad Medida (±) | 0.6 | 0.04 |
| Uniformidad Medida | 7.3 | 0.3 |

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

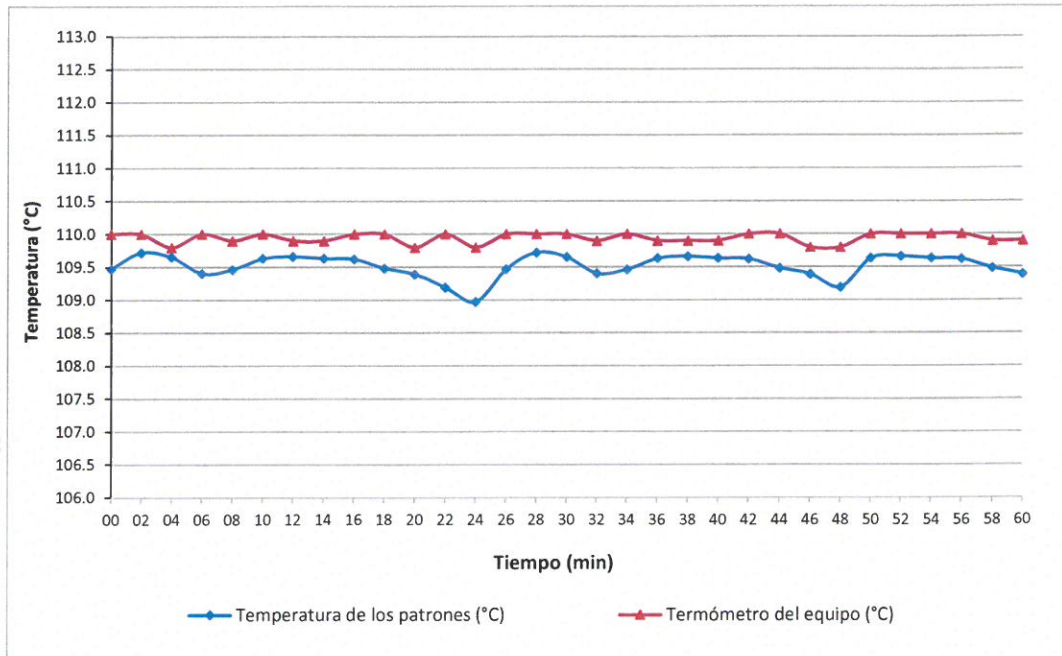
Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



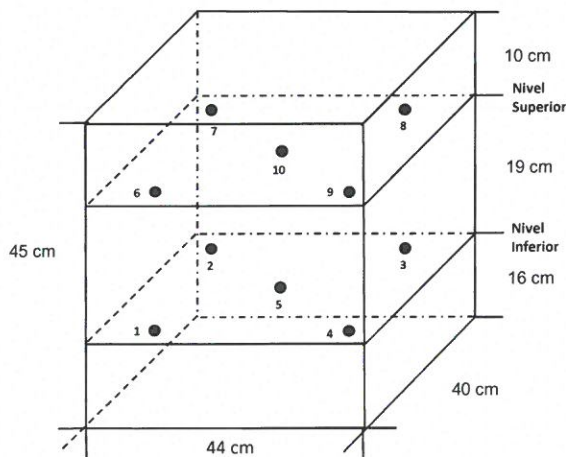


DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO

TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C

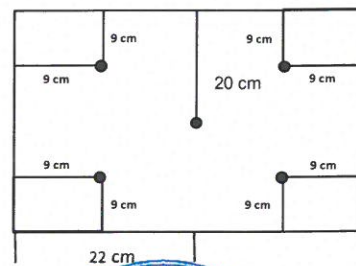


UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.

Vista Frontal





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 133-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-02-28

1. SOLICITANTE : **INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C**

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : PAJ4102

NÚMERO DE SERIE : B635963618

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4100 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-02-25

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO


Gilmer Antonio Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología



☎ Teléfono:
(01) 622 - 5814
☎ Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 853

✉ Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 19.8 °C | 19.8 °C |
| Humedad Relativa | 41 % | 41 % |

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de DM - INACAL | Pesas (exactitud E2) | LM - C - 076 - 2020 |

7. OBSERVACIONES

Para 4100 g la balanza indicó 4099.65 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

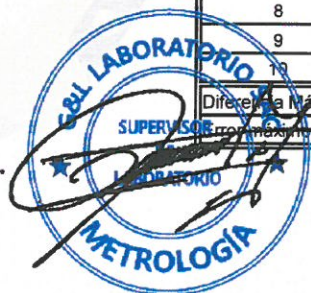
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

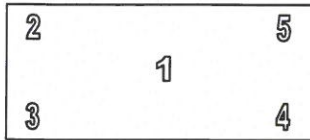
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

| INSPECCIÓN VISUAL | | | |
|-------------------|----------|------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | NIVELACIÓN | TIENE |
| SITEMA DE TRABA | NO TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1= 2,000.00 g | | | Carga L2= 4,100.00 g | | |
|--------------------------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|
| | I(g) | Δ L (g) | E (g) | I(g) | Δ L (g) | E (g) |
| 1 | 2,000.00 | 0.005 | 0.000 | 4,099.97 | 0.007 | -0.032 |
| 2 | 2,000.00 | 0.007 | -0.002 | 4,099.97 | 0.006 | -0.031 |
| 3 | 2,000.00 | 0.004 | 0.001 | 4,099.97 | 0.002 | -0.027 |
| 4 | 2,000.00 | 0.005 | 0.000 | 4,099.97 | 0.007 | -0.032 |
| 5 | 2,000.00 | 0.006 | -0.001 | 4,099.97 | 0.005 | -0.030 |
| 6 | 2,000.00 | 0.004 | 0.001 | 4,099.97 | 0.003 | -0.028 |
| 7 | 2,000.00 | 0.005 | 0.000 | 4,099.97 | 0.003 | -0.028 |
| 8 | 2,000.00 | 0.006 | -0.001 | 4,099.97 | 0.006 | -0.031 |
| 9 | 2,000.00 | 0.007 | -0.002 | 4,099.97 | 0.007 | -0.032 |
| 10 | 2,000.00 | 0.004 | 0.001 | 4,099.97 | 0.008 | -0.033 |
| Diferencia Máxima | | | 0.003 | 0.006 | | |
| Error máximo permitido ± | | | 0.2 g | ± 0.3 g | | |





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de la Carga | Determinación de E ₀ | | | | Determinación del Error corregido | | | | |
|----------------------|---------------------------------|------|---------|---------------------|-----------------------------------|----------|---------|--------|--------------------|
| | Carga Mínima*(g) | l(g) | Δ L (g) | E ₀ (mg) | Carga L (g) | l(g) | Δ L (g) | E (g) | E _c (g) |
| 1 | 0.10 | 0.10 | 0.005 | 0.000 | 1,400.00 | 1,400.00 | 0.007 | -0.002 | -0.002 |
| 2 | | 0.10 | 0.007 | -0.002 | | 1,400.00 | 0.004 | 0.001 | 0.003 |
| 3 | | 0.10 | 0.003 | 0.002 | | 1,400.00 | 0.005 | 0.000 | -0.002 |
| 4 | | 0.10 | 0.008 | -0.003 | | 1,400.00 | 0.004 | 0.001 | 0.004 |
| 5 | | 0.10 | 0.005 | 0.000 | | 1,400.00 | 0.007 | -0.002 | -0.002 |

Temp. (°C) Inicial: 19.8 Final: 19.8

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200.0 g

ENSAYO DE PESAJE

| Carga L(g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | emp(**) ±(g) |
|------------|------------|---------|--------|--------------------|--------------|---------|--------|--------------------|-----------------|
| | l(g) | Δ L (g) | E (g) | E _c (g) | l(g) | Δ L (g) | E (g) | E _c (g) | |
| 0.10 | 0.10 | 0.006 | -0.001 | | | | | | 0.100 |
| 0.50 | 0.50 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 0.50 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 0.100 |
| 1.00 | 1.00 | 0.008 | -0.003 | -0.002 | 1.00 | 0.005 | 0.000 | 0.001 | 0.100 |
| 10.00 | 10.00 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 10.00 | 0.007 | -0.002 | -0.001 | 0.100 |
| 100.00 | 100.00 | 0.007 | -0.002 | -0.001 | 100.00 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 0.100 |
| 500.00 | 500.00 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 500.00 | 0.004 | 0.001 | 0.002 | 0.100 |
| 800.00 | 800.00 | 0.007 | -0.002 | -0.001 | 800.00 | 0.005 | 0.000 | 0.001 | 0.200 |
| 1,000.00 | 1,000.00 | 0.004 | 0.001 | 0.002 | 1,000.00 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 0.200 |
| 2,000.00 | 2,000.00 | 0.006 | -0.001 | 0.000 | 2,000.00 | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.200 |
| 3,000.00 | 3,000.00 | 0.007 | -0.002 | -0.001 | 3,000.00 | 0.005 | 0.000 | 0.001 | 0.300 |
| 4,100.00 | 4,099.97 | 0.008 | -0.033 | -0.032 | 4,099.97 | 0.008 | -0.033 | -0.032 | 0.300 |

Temp. (°C) Inicial: 19.8 Final: 19.8

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 317E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{2,168E-08 \text{ g}^2 + 002E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en entrada Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



000080

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

Proyecto:

**“MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA
CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA
UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA -
AYACUCHO”**



Ubicación:

AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Fecha:

MAYO DE 2014

INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIS 71239

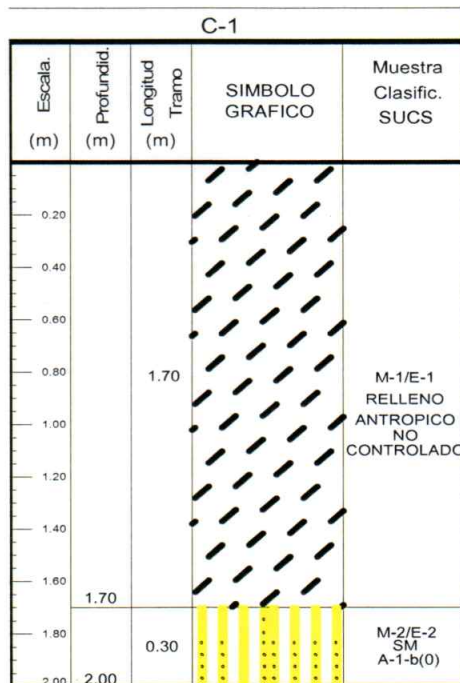
1.0 COMENTARIOS

1.- El presente Estudio de Mecánica de Suelos sirve para la ejecución del proyecto "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO" solicitado por la ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA. Es necesario conocer la estructura del estado inicial del suelo, donde se apoyara la estructura, para poder comprender como será su comportamiento.

Los suelos están conformados por un primer estrato de materiales de cobertura y de rellenos antrópicos no controlados, estrato no aceptable como terreno de cimentación, este estrato tiene espesor de 1.70m.

Luego le siguen estratos de suelos arenas limosas de compacidad muy baja.

2.- Los Suelos encontrados en la zona de emplazamiento presentan los siguientes resultados de los ensayos realizados:



NANCY P. BALTAZAR CORDOVA
ARQUITECTA
C.A.P. 7494

INGEOTECON
ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIR. 71239

| LUGAR | MUESTRA | Cantidad | % GRAVA | Cantidad | % ARENA | Cantidad | % FINOS | D ₁₀ (mm) | D ₃₀ (mm) | D ₆₀ (mm) | Cu | Cc | D ₁₅ (mm) | D ₅₀ (mm) | D ₈₅ (mm) |
|--------------------------------|---------------|-------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA | : C-01 : E-02 | De poca a pequeña | 10.7 | Bastante | 65.7 | Pequeña | 23.6 | 0.0318 | 0.1353 | 0.6680 | 21.0 | 0.9 | 0.048 | 0.446 | 3.140 |

| LUGAR | MUESTRA | Plasticidad en funcion al LL | LL % | LP % | Plasticidad en funcion al IP | Clasificacion del suelo en funcion al IP | w (%) | AASTHO | Clasificacion del suelo en funcion al IG | SUCS | Nombre de Grupo (ASTM 2000) D-2487 |
|--------------------------------|---------------|------------------------------|------|------|------------------------------|--|-------|-----------|--|------|------------------------------------|
| CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA | : C-01 : E-02 | No plastico | NP | NP | NP | NP | 48.2% | A-1-b (0) | Muy bueno | SM | ARENA LIMOSA |

- 3.- La Capacidad de carga de trabajo se considerara teniendo no solo en cuenta la seguridad frente a la falla por resistencia al corte (hundimiento), sino también su tolerancia a los asentamientos, de estos dos conceptos se escoge como Capacidad de Carga de Trabajo el menor valor obtenido que asegure un asentamiento tolerable por la estructura. Haciendo un análisis de todos los datos se obtuvo como Capacidad de Carga admisible de Trabajo, que asegure que los asentamientos esperados estén dentro de lo permisible siendo menores a 1".

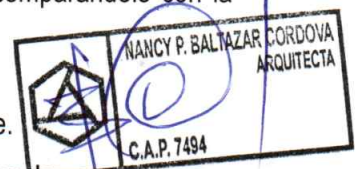
Se ha determinado la capacidad admisible de carga del terreno basándose en las características de resistencia del suelo.

Para el presente estudio haremos los cálculos de capacidad de carga admisible por la fórmula de Vesic, teniendo en cuenta la compresibilidad del suelo, comparándolo con la fórmula de Terzaghi.

Las hojas de cálculo se presentan en el Anexo IV, del presente informe.

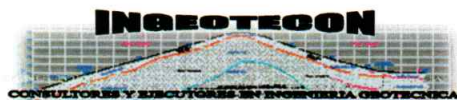
La Capacidad de Carga Admisible de trabajo no será mayor en ningún caso de:

$$q_{ad\ tr} = 0.57 \text{ kg/cm}^2.$$



INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.R. 71299



- 4.- En la zona se hicieron ensayos de penetración dinámica ligera DPL y se encontró que hasta la altura de 4.50m (altura de ensayo) se tiene un número de golpes menores a 10 por lo tanto el terreno no es tan recomendable para el desplante de cimentación a través de cimentaciones convencionales y será necesario la mejora de terreno.

Por tanto la cimentación recomendada será de 5.00m, el cual podrá comprender para el desplante de las zapatas de una profundidad de $D_f=1.20\text{m}$ y estará acompañado de un mejoramiento de terreno en una altura de 2.80m (mejoramiento con un material tipo sub base compactado en capas hasta alcanzar el 95% de la MDS del proctor modificado). Esta dimensión se medirá a partir del nivel del terreno natural.

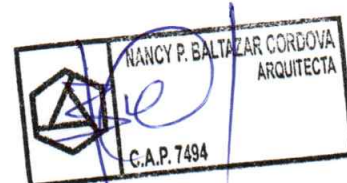
Debido al tipo de terreno encontrado se recomienda por lo menos la construcción de una cimentación tipo zapatas corridas armadas en ambas direcciones o losa de cimentación, esto con la finalidad de controlar los esfuerzos producidos por los posibles asentamientos diferenciales en las estructuras.

- 5.- Los Parámetros Geotécnicos recomendados para el análisis sísmico son.

Factor de Tipo de Suelo, $S = 1.20$

Factor de Zonificación Sísmica, $Z = 0.30\text{ g}$

Periodo, $T_p = 0.60\text{seg.}$



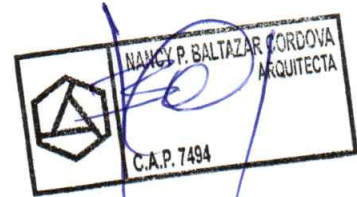
- 6.- Del resultado del Análisis Químico se deduce que el suelo, están dentro del rango "No Agresivo", por lo que se podrá utilizar cemento Portland Tipo I para la elaboración de los concretos para la cimentación.
- 7.- Se recomienda ensayos adicionales y especiales para los estudios definitivos y/o expediente técnico por haberse encontrado condiciones desfavorables en la zona de estudio
- 8.- Las conclusiones y recomendaciones incluidas en este informe, de acuerdo a la práctica usual de la Ingeniería de Suelos, dicho programa se considera adecuado, para la ubicación del terreno estudiado, su extensión y el tipo de estructura de la que se trata.

INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.A.P. 7494



Sin embargo, por la naturaleza misma de los suelos encontrados, en los que siendo necesario generalizar la información obtenida en algunos sondeos a toda el área del proyecto, no siempre es posible tener seguridad total acerca de la información obtenida. Por lo tanto se recomienda, Completar el estudio en la etapa del expediente técnico.



ANEXO I

FIGURAS



000075

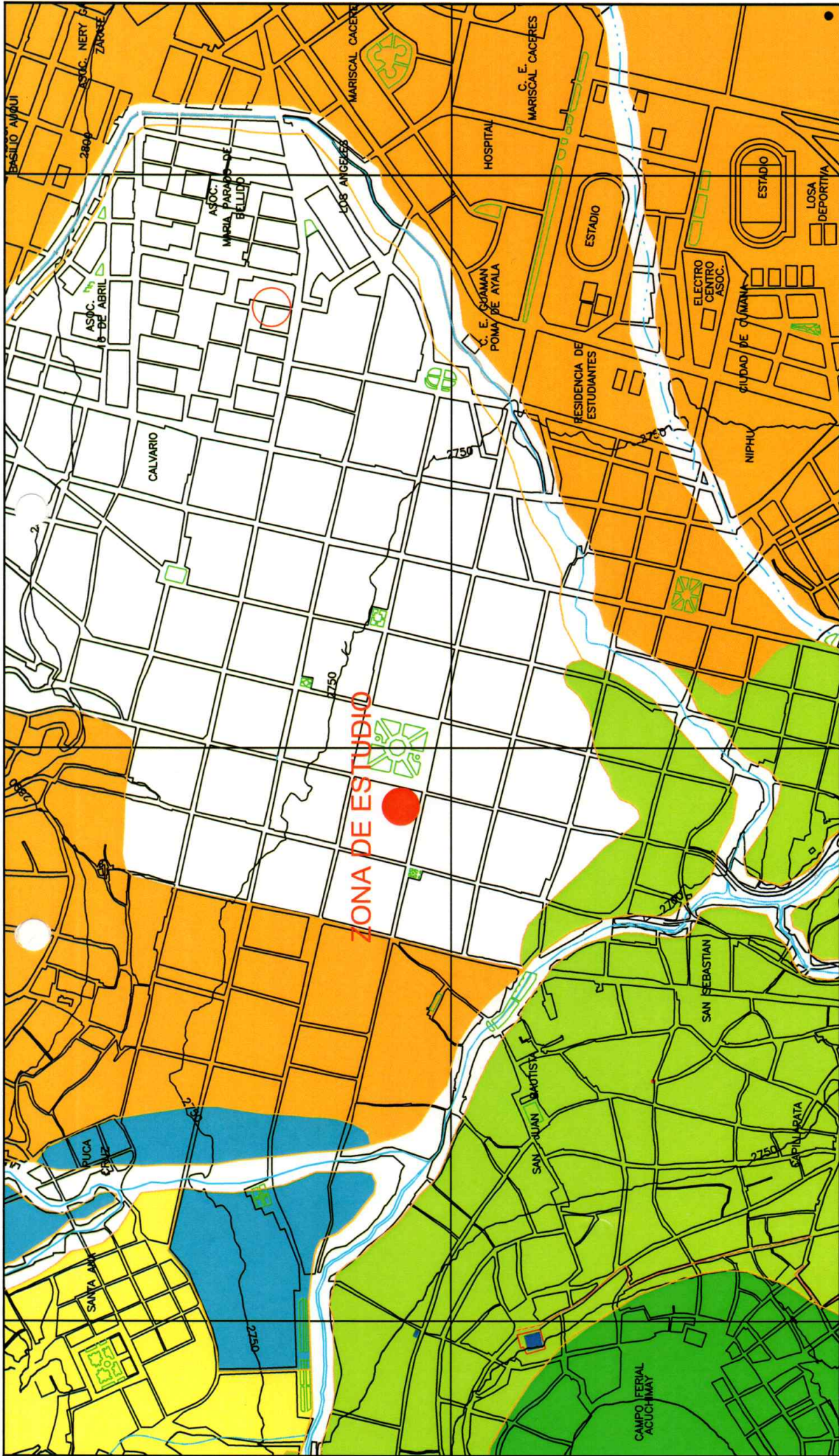


Figura N° 1. Geología Local

(Fuente: INDECI)

INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.A.P. 71-29

NANCY P. BALAZAR CORDOVA
ARQUITECTA
C.A.P. 71-84
LEYENDA

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|---------|-------------------------------------|---------|--|
| | Qr-Al, Fl Depósito fluvial, aluvial | | Ts-Vm Volcánico Molinoyoc |
| | Qp-La Depósitos lacustres | | Ts-Ay3 Formación Ayacucho (M3) (Arenisca Tobácea) |

720100

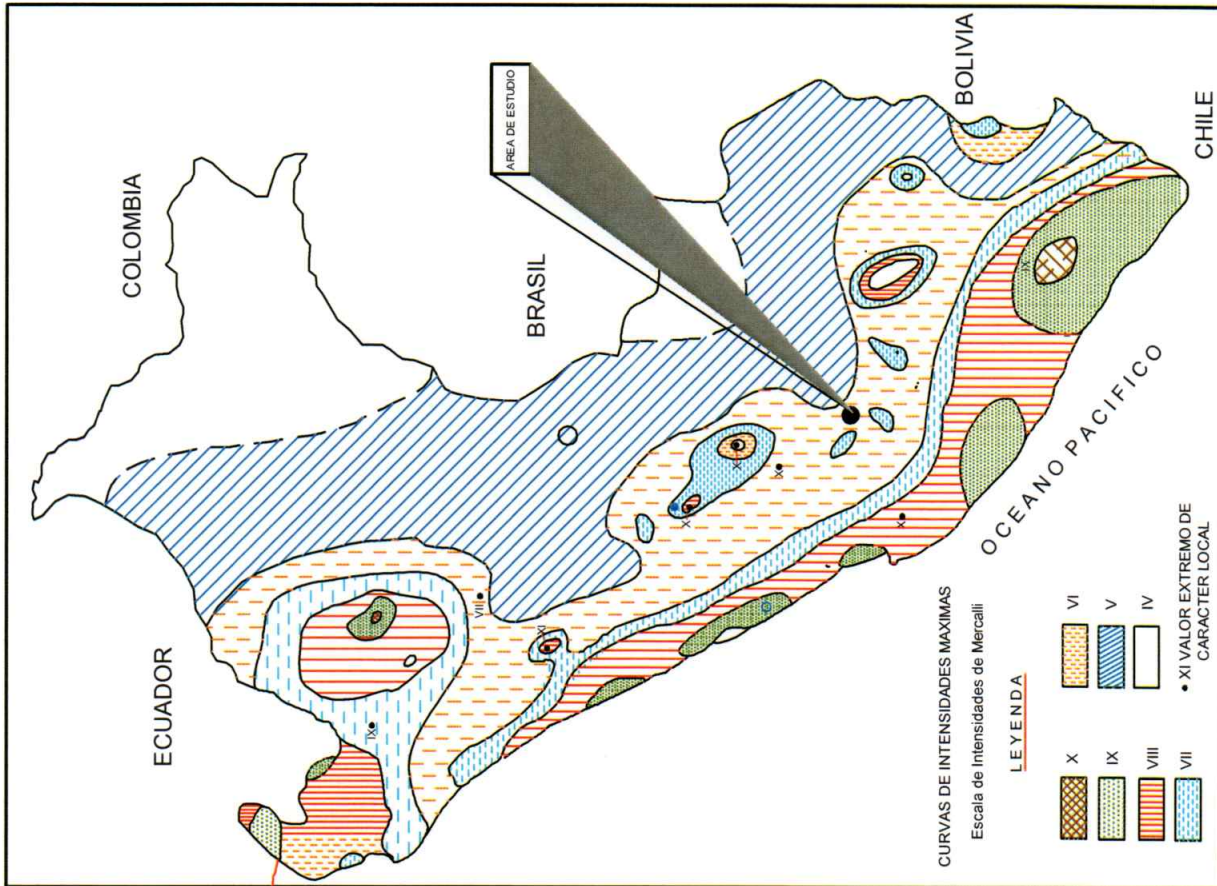


Figura N° 2.- Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (FUENTE Dr. Alva et al, 1984)

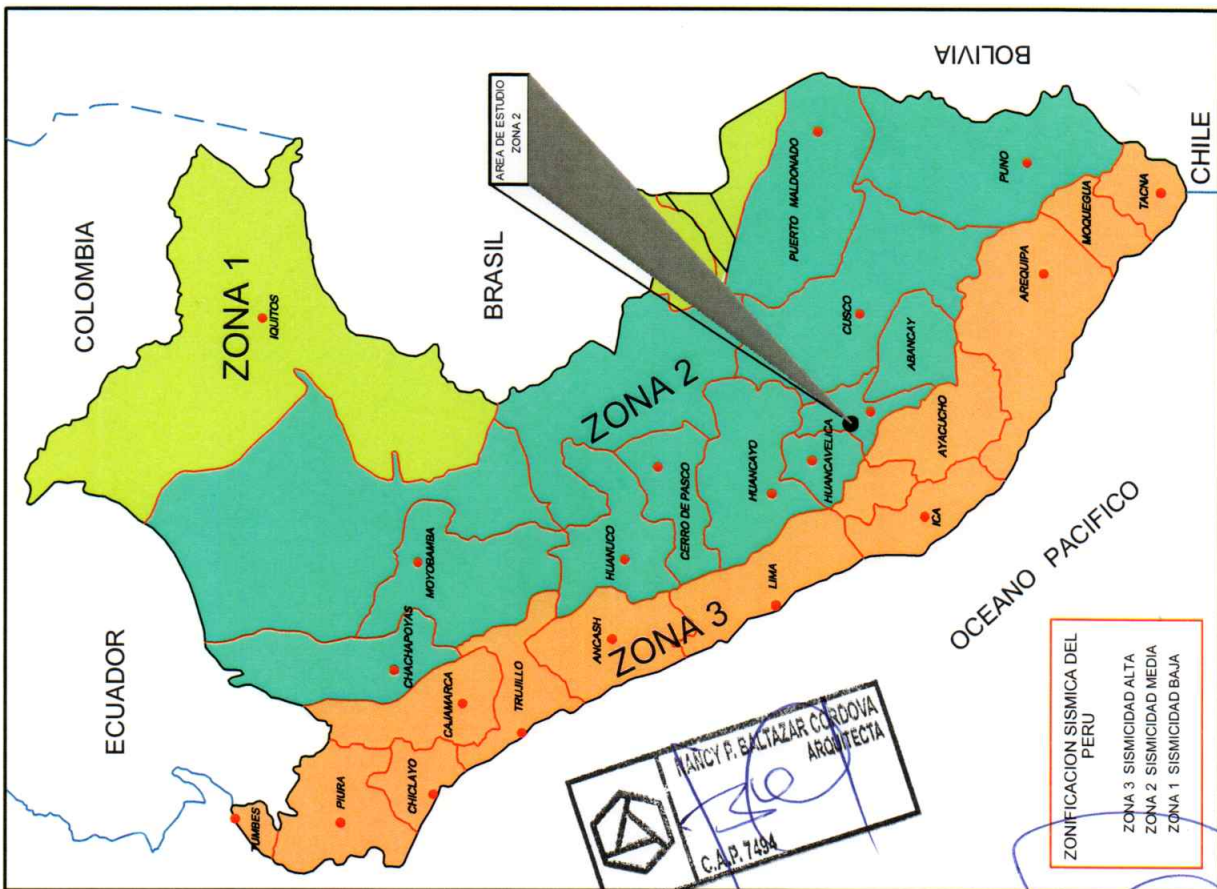


Figura N° 3 Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006)

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.A.P. 7494

INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.A.P. 7494

ANEXO II

REGISTROS DE EXPLORACION



000073

PARTE DE LA EXPLORACION

OBRA

: 'MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA
: DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO
AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO'

CALICATA

: C - 01

LOCALIZACION

: AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

FECHA DE REALIZACION

: MAYO DEL 2014

UBICACION EXPLORAC.

: DATUM WGS84 ZONA 84 HUSO L E=583903 m N=8544887 m

SOLICITANTES

: ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA

TIPO DE EXCAVACION

: MANUAL

PROFUNDIDAD : 2.00 m

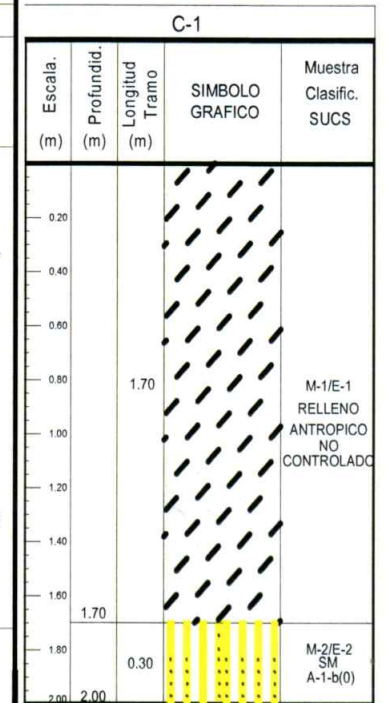
DESCRIPCION :

De 0.00m a 1.70m relleno antrópico no controlado, color negrusco, conformado por material orgánica, con presencia de raíces incipientes, material suelto, estrato no adecuado para el desplante de cimentación, estrato a eliminar.

De 1.70m a 2.00m, depósitos fluviales aluviales, terreno de color blanquesino con presencia de carbonatos de calcio, conformada por una Arena Limosa que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SM, y en el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-1-b(0), presenta de poca a pequeña cantidad de Grava (10.7%), contiene bastante cantidad de Arena (65.7%) y presenta pequeña cantidad de finos (23.6%), la fracción que pasa la malla N° 40 es de plasticidad nula, lo que indica que la fracción fina esta casi exenta de arcilla, húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión casi nula, con una humedad natural de 47.5%, es de compactidad baja, la densidad aparente del terreno es de 1.49 tn/m³ y la densidad seca es de 1.01 tn/m³, el terreno se podría considerar de estructura "homogénea", de talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.

NIVEL FREATICO : No se encontró a la profundidad de excavación.

COLUMNA



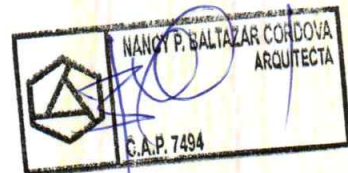
0011070



CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA



ANEXO III LABORATORIO



000069

DENSIDAD INSITU POR EL METODO DEL CONO DE ARENA (ASTM D-1556, MTC E 117-2000)

Proyecto : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO"

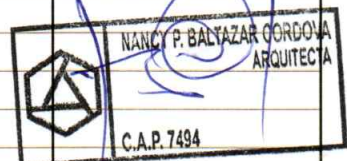
| | | | |
|-------------|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Solicitante | : ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA | Región | : AYACUCHO |
| Calicata | : C-1 | Provincia | : HUAMANGA |
| Estrato | : E-2 | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DEL 2014 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA |

| DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA DE PRUEBA | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|--------------|----------|----------|----------|
| 1 | PESO MOLDE | gr | 2,761.30 | 2,761.30 | 2,761.30 | 2,761.30 |
| 2 | PESO MOLDE + ARENA | gr | 6,687.00 | 6,683.00 | 6,691.00 | 6,685.00 |
| 3 | VOLUMEN DEL MOLDE | cm3 | 2,834.45 | 2,834.45 | 2,834.45 | 2,834.45 |
| 4 | DENSIDAD APARENTE SUELTA | gr/cm3 | 1.385 | 1.384 | 1.386 | 1.384 |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA | | gr/cm3 | 1.385 | | | |

| CALIBRACION DEL CONO Y ESPACIO DE PLACA BASE CON ARENA (CONO - 1) | | | | | | |
|---|---|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | PESO DEL EQUIPO LLENO CON ARENA | gr | 8,007.00 | 8,000.00 | 8,002.00 | 8,001.00 |
| 2 | PESO DEL EQUIPO CON ARENA REMANENTE | gr | 6,526.00 | 6,520.00 | 6,524.00 | 6,523.00 |
| 3 | PESO DE LA ARENA EN CONO Y ESPACIO DE LA PLACA BASE | gr | 1,481.000 | 1,480.000 | 1,478.000 | 1,478.000 |
| PESO ARENA EN CONO Y ESPACIO DE LA PLACA BASE | | gr | 1479.25 | | | |

| PROGRESIVA | | | C-1/E-2 | | | |
|-----------------------------|--|----------|--------------|--------|--|--|
| DETERMINACION DE LA HUMEDAD | | | | | | |
| | RECIPIENTE | Nº | 133.0 | 135.0 | | |
| 1 | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr | 49.41 | 34.75 | | |
| 2 | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr | 42.61 | 28.94 | | |
| 3 | PESO RECIPIENTE | gr | 28.46 | 16.90 | | |
| 4 | PESO AGUA EN LA MUESTRA | gr | 6.80 | 5.81 | | |
| 5 | PESO SECO DE LA MUESTRA | gr | 14.15 | 12.04 | | |
| 6 | CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 48.06% | 48.25% | | |
| 7 | CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 48.2% | | | |

| DETERMINACION DE LA DENSIDAD | | | | | | |
|------------------------------|---|--------------|-------------|--|--|--|
| 1 | DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA SUELTA EMPLEADA | gr/cm3 | 1.38 | | | |
| 2 | PESO DE ARENA DEL CONO Y ESPACIO DE LA PLACA BASE | gr | 1,479.25 | | | |
| 3 | PESO DE LA MUESTRA DE SUELO HUMEDO | gr | 3,150.00 | | | |
| 4 | PESO DE LA MUESTRA HUMEDA RETENIDO EN MALLA DE 2" | gr | 0.00 | | | |
| 5 | PESO DE LA MUESTRA HUMEDA DE CONTROL | gr | 3,150.00 | | | |
| 6 | PESO DEL EQUIPO ANTES DE EMPEZAR EL ENSAYO | gr | 7,940.00 | | | |
| 7 | PESO DEL EQUIPO CON ARENA REMANENTE | gr | 3,590.00 | | | |
| 8 | VOLUMEN DEL HOYO DE ENSAYO | cm3 | 2,073.01 | | | |
| 9 | VOLUMEN DEL MUESTRA RETENIDA EN LA MALLA 2" | cm3 | 0.00 | | | |
| 10 | VOLUMEN DE LA MUESTRA DE CONTROL | cm3 | 2,073.01 | | | |
| 11 | DENSIDAD HUMEDA DE LA MUESTRA DE CONTROL | gr/cm3 | 1.52 | | | |
| 12 | CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 48.2% | | | |
| 13 | DENSIDAD SECA DE LA MUESTRA DE CONTROL | gr/cm3 | 1.03 | | | |
| DENSIDAD APARENTE | | KN/m3 | 14.9 | | | |
| DENSIDAD SECA | | KN/m3 | 10.1 | | | |



 NANCY P. BALTAZAR CORDOVA
 ARQUITECTA
 C.A.P. 7494

INGEOTECON



 ING. VICTOR PORTAL QUICANA
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP. 71239

Proyecto : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitantes : ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA Región : AYACUCHO

Calicata : C-01 Provincia : HUAMANGA

Estrato : E-02 Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DEL 2014 Lugar : CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS
(ASTM D-4318, MTC E 111)**

DEFINICIONES : El Limite Plástico de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado semisólido y el estado plástico.

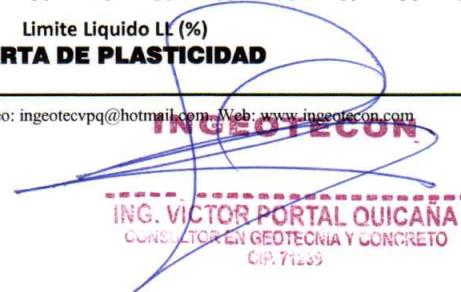
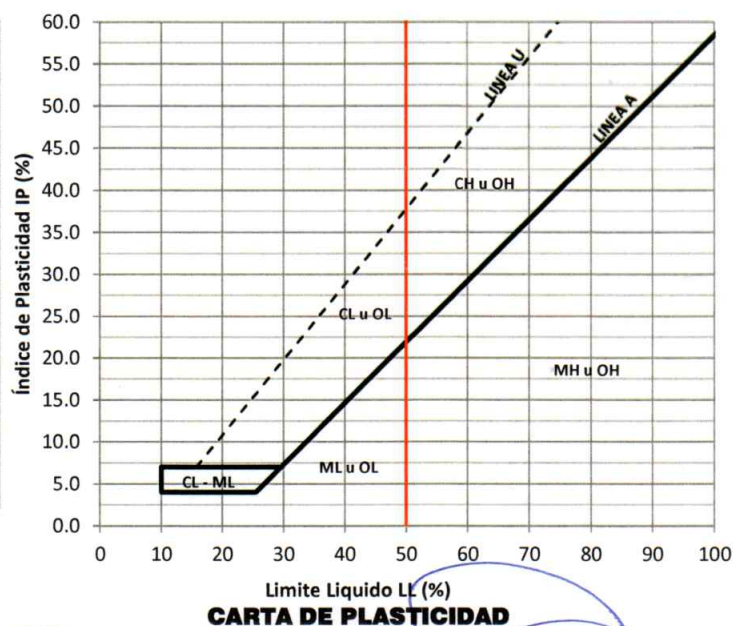
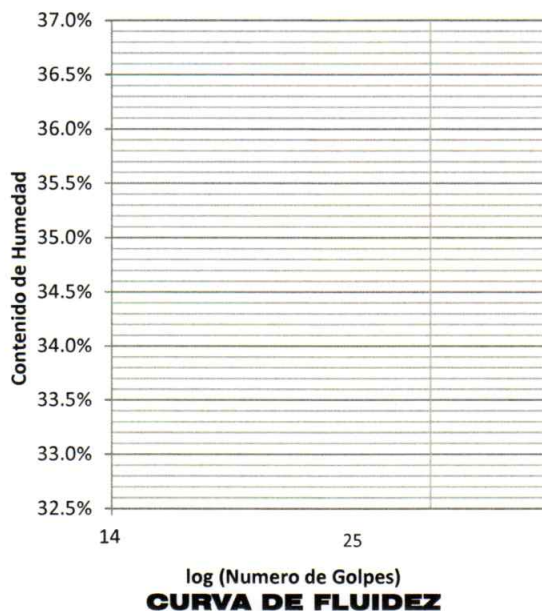
| | RECIPIENTE | Nº | | | | |
|------------------------|------------------------------|----------|--|--|-----------|--|
| 1 | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE | gr | | | | |
| 2 | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE | gr | | | | |
| 3 | PESO RECIPIENTE | gr | | | | |
| 4 | PESO AGUA (1)-(2) | gr | | | | |
| 5 | PESO SECO (2)-(4) | gr | | | | |
| 6 | HUMEDAD | % | | | | |
| LIMITE PLASTICO | | % | | | NP | |

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS
(ASTM D-4318, MTC E 110)**

DEFINICIONES : El limite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado plástico y el estado líquido

| | RECIPIENTE | Nº | | | | |
|-----------------------|------------------------------|----------|--|--|-----------|--|
| 1 | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE | gr | | | | |
| 2 | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE | gr | | | | |
| 3 | PESO RECIPIENTE | gr | | | | |
| 4 | PESO AGUA (1)-(2) | gr | | | | |
| 5 | PESO SECO (2)-(4) | gr | | | | |
| 6 | HUMEDAD | % | | | | |
| 7 | NUMERO DE GOLPES | Nº | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | % | | | NP | |

INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= NP



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)

Proyecto : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA Región : AYACUCHO

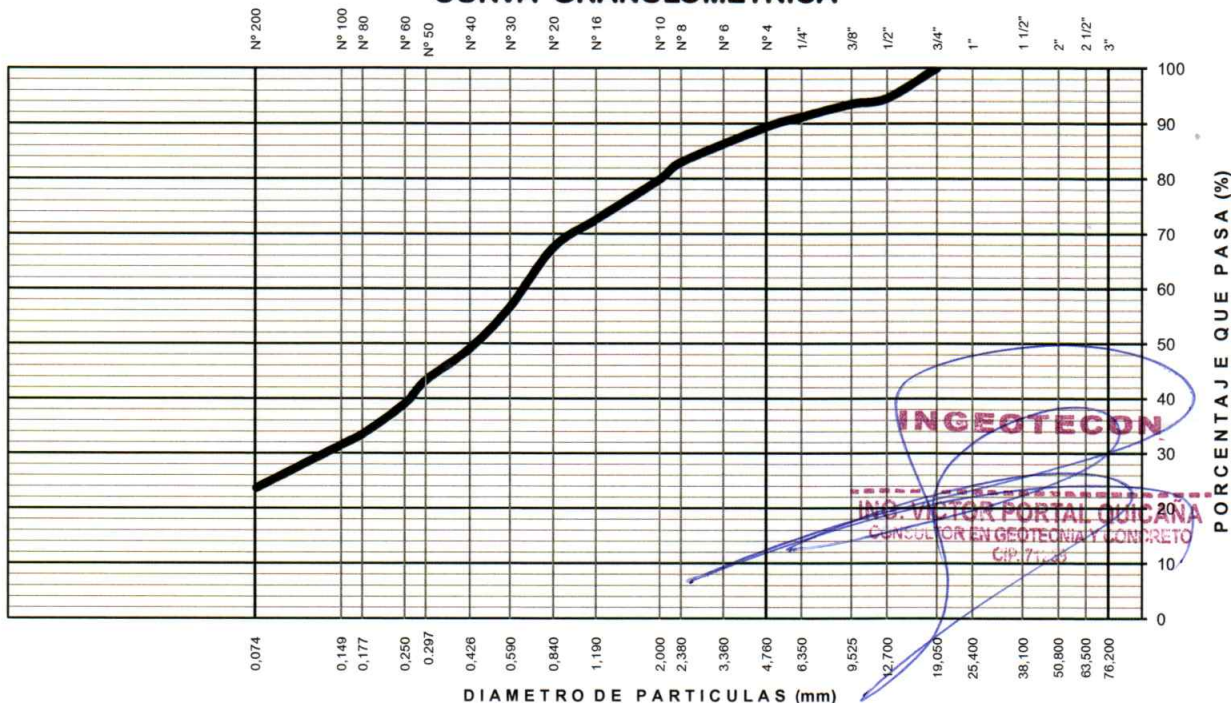
Calicata : C-01 Provincia : HUAMANGA

Estrato : E-02 Distrito : AYACUCHO

Fecha : MAYO DEL 2014 Lugar : CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA

| TAMIZ ASTM | Abertura (mm) | PESO | | % RETEN | | % QUE PASA | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO |
|---------------|------------------|----------------|--------------|-----------|-------|---------------|---|
| | | RETENIDO (gr.) | PARCIAL | ACUMULADO | | | |
| 3" | 76.200 | - | - | - | - | 100.00 | PESOS (gr) |
| 2 1/2" | 63.500 | - | - | - | - | 100.00 | Peso seco inicial 572.6 |
| 2" | 50.800 | - | - | - | - | 100.00 | Peso seco lavado 437.5 |
| 1 1/2" | 38.100 | - | - | - | - | 100.00 | Pérdida por lavado 135.2 |
| 1" | 25.400 | - | - | - | - | 100.00 | ENSAYOS ESTÁNDAR |
| 3/4" | 19.050 | - | - | - | - | 100.00 | % Grava 10.7 |
| 1/2" | 12.700 | 31.26 | 5.46 | 5.46 | 94.54 | 94.54 | % Grava gruesa 0.0 |
| 3/8" | 9.525 | 6.00 | 1.05 | 6.51 | 93.49 | 93.49 | % Grava fina 10.7 |
| 1/4" | 6.350 | 13.22 | 2.31 | 8.82 | 91.18 | 91.18 | % Arena 65.7 |
| Nº 4 | 4.760 | 10.52 | 1.84 | 10.65 | 89.35 | 89.35 | % Arena gruesa 9.5 |
| Nº 8 | 2.380 | 36.58 | 6.39 | 17.04 | 82.96 | 82.96 | % Arena media 30.8 |
| Nº 10 | 2.000 | 17.84 | 3.12 | 20.16 | 79.84 | 79.84 | % Arena fina 25.5 |
| Nº 16 | 1.190 | 41.90 | 7.32 | 27.47 | 72.53 | 72.53 | % de Finos 23.6 |
| Nº 20 | 0.840 | 29.26 | 5.11 | 32.58 | 67.42 | 67.42 | D ₁₀ = D _{e(mm)} = 0.0318 |
| Nº 30 | 0.590 | 61.74 | 10.78 | 43.36 | 56.64 | 56.64 | D _{30(mm)} = 0.1353 |
| Nº 40 | 0.426 | 43.26 | 7.55 | 50.92 | 49.08 | 49.08 | D _{50(mm)} = 0.6680 |
| Nº 50 | 0.297 | 33.52 | 5.85 | 56.77 | 43.23 | 43.23 | Cu = 21.03 |
| Nº 60 | 0.250 | 24.28 | 4.24 | 61.01 | 38.99 | 38.99 | Cc = 0.86 |
| Nº 80 | 0.177 | 31.92 | 5.57 | 66.59 | 33.41 | 33.41 | CLASIFICACION |
| Nº 100 | 0.149 | 11.26 | 1.97 | 68.55 | 31.45 | 31.45 | AASHTO A-1-b (0) |
| Nº 200 | 0.075 | 44.90 | 7.84 | 76.39 | 23.61 | 23.61 | Clasificación SUCS SM |
| Fondo | | | | | | | ARENA LIMOSA |
| Lavado | | 135.2 | 23.61 | 100.00 | | | |
| TOTAL | | 572.6 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



| LIMO Y ARCILLA | ARENA | | | GRAVA | | BOLEOS/B LOQUES |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|--------------------|
| | FINA | MEDIA | GRUESA | FINA | GRUESA | |

NANCY P. BALTAZAR CORDOVA
 ARQUITECTA
 C.A.P. 7494

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

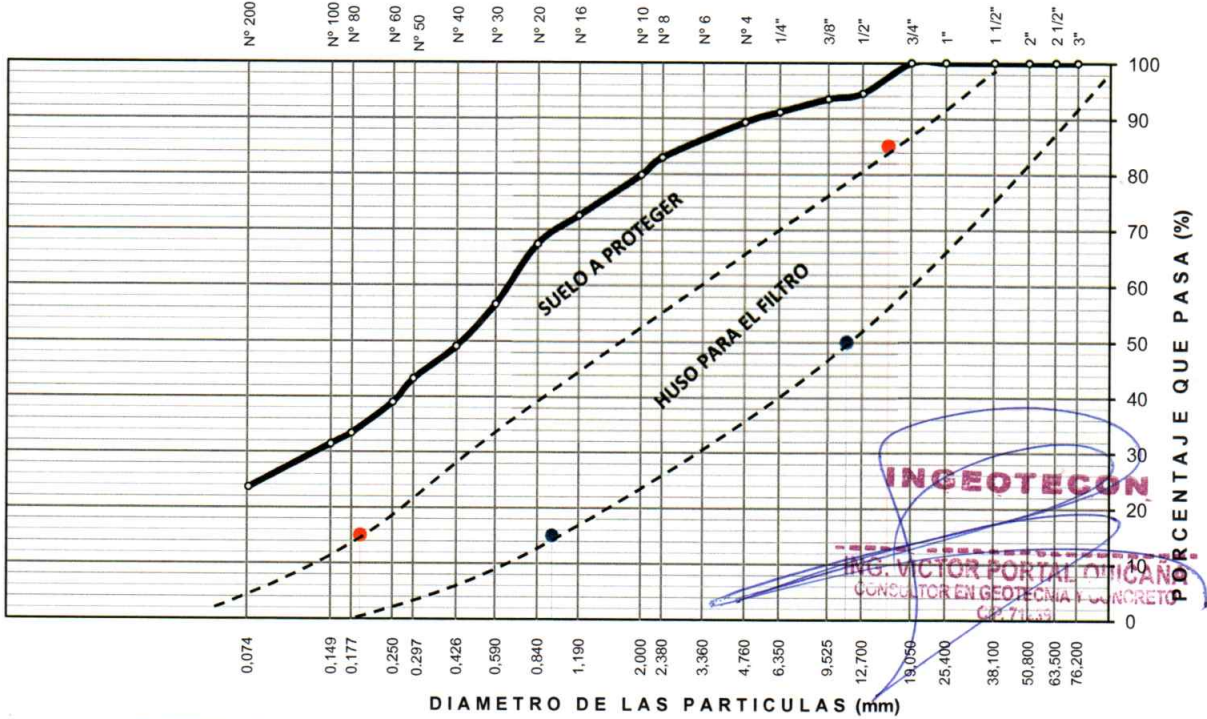
| | | | |
|-------------|---|-----------|-------------------------------|
| Proyecto | : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO" | | |
| Solicitante | : ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA | Región | : AYACUCHO |
| Calicata | : C-01 | Provincia | : HUAMANGA |
| Estrato | : E-02 | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DEL 2014 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRON DE GUEV |

DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

| DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | |
|-----------------------------------|-----------|
| SUELO A PROTEGER | |
| % Grava | 10.7 |
| % Grava gruesa | 0.0 |
| % Grava fina | 10.7 |
| % Arena | 65.7 |
| % Arena gruesa | 9.5 |
| % Arena media | 30.8 |
| % Arena fina | 25.5 |
| % de Finos | 23.6 |
| $D_{10} = D_{e(mm)}$ | 0.0318 |
| $D_{30(mm)}$ | 0.1353 |
| $D_{60(mm)}$ | 0.6680 |
| Cu | 21.0 |
| Cc | 0.9 |
| $D_{15(mm)}$ | 0.0477 |
| $D_{50(mm)}$ | 0.4459 |
| $D_{85(mm)}$ | 3.1402 |
| Clasificación SUCS | SM |
| ARENA LIMOSA | |

| MATERIAL DE FILTRO | | |
|---|---|----------|
| Según Terzaghi y Peck 1967 | | |
| $D_{15(F)} = < 5 D_{85(S)}$ | = | 15.70 mm |
| $D_{15(F)} \geq 4 D_{15(S)}$ | = | 0.19 mm |
| Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971 | | |
| $D_{50(F)} = < 25 D_{50(S)}$ | = | 11.15 mm |
| $D_{15(F)} = < 20 D_{15(S)}$ | = | 0.95 mm |

Clasificación AASHTO
A-1-b (0)



CURVA GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y HUSO DEL FILTRO


NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA
 ARQUITECTA
 C.A.P. 7494

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO DONDE EL SUELO TRABAJE COMO FILTRO

Proyecto : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO"

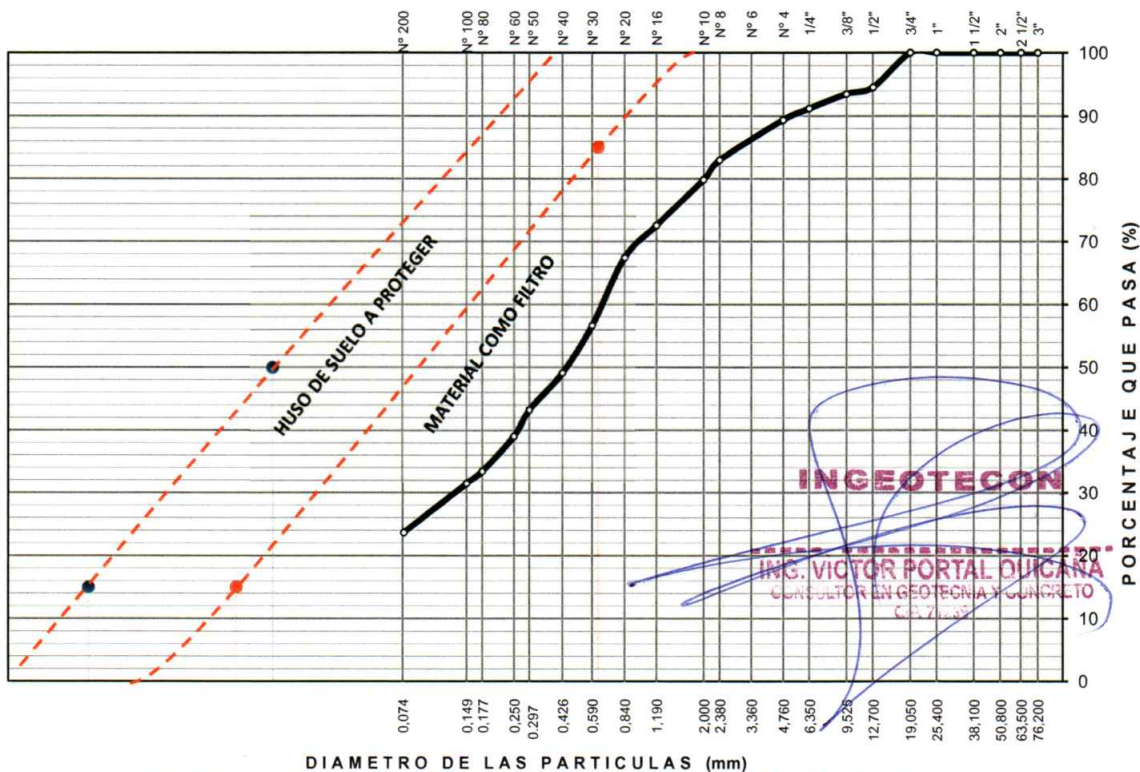
| | | | |
|-------------|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Solicitante | : ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA | Dep. | : AYACUCHO |
| Descripción | : C-01 | Provincia | : HUAMANGA |
| Estrato | : E-02 | Distrito | : AYACUCHO |
| Fecha | : MAYO DEL 2014 | Lugar | : CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA |

DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

| DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | |
|-----------------------------------|-----------|
| AFIRMADO | |
| % Grava | 10.7 |
| % Grava gruesa | 0.0 |
| % Grava fina | 10.7 |
| % Arena | 65.7 |
| % Arena gruesa | 9.5 |
| % Arena media | 30.8 |
| % Arena fina | 25.5 |
| % de Finos | 23.6 |
| $D_{10} = D_{e(mm)}$ | 36.5800 |
| $D_{30(mm)}$ | 17.8400 |
| $D_{60(mm)}$ | 41.9000 |
| Cu | 21.03 |
| Cc | 0.86 |
| $D_{15(mm)}$ | 0.0477 |
| $U_{50(mm)}$ | 0.4459 |
| $U_{85(mm)}$ | 3.1402 |
| Clasificación SUCS | SM |
| ARENA LIMOSA | |

| SUELO A PROTEGER | |
|---|-----------|
| Según Terzaghi y Peck 1967 | |
| $D_{85(S)} \Rightarrow D_{15(F)}/5 =$ | 0.6280 mm |
| $D_{15(S)} \leq D_{15(F)}/4 =$ | 0.0119 mm |
| Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971 | |
| $D_{50(S)} \Rightarrow D_{50(F)}/25 =$ | 0.0178 mm |
| $D_{15(S)} \Rightarrow D_{15(F)}/20 =$ | 0.0024 mm |

Clasificación AASHTO
A-1-b (0)



**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D-2216, MTC E 108-2000)**

Proyecto : "MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA DE LA UNSCH, DISTRITO AYACUCHO, HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : **ARQ. NANCY PAULA BALTAZAR CORDOVA** Región : **AYACUCHO**
 Calicata : **C-01** Provincia : **HUAMANGA**
 Estrato : **E-02** Distrito : **AYACUCHO**
 Fecha : **MAYO DEL 2014** Lugar : **CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA**

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

| | | | | |
|-----------------------------|--|----------|--------------|--------|
| | RECIPIENTE | Nº | 30.0 | 31.0 |
| 1 | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr | 125.00 | 130.00 |
| 2 | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr | 101.27 | 110.49 |
| 3 | PESO RECIPIENTE | gr | 51.343 | 69.629 |
| 4 | PESO AGUA EN LA MUESTRA | gr | 23.73 | 19.51 |
| 5 | PESO SECO DE LA MUESTRA | gr | 49.93 | 40.86 |
| 6 | HUMEDAD | % | 47.5% | 47.7% |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | % | 47.6% | |

INGEOTECON

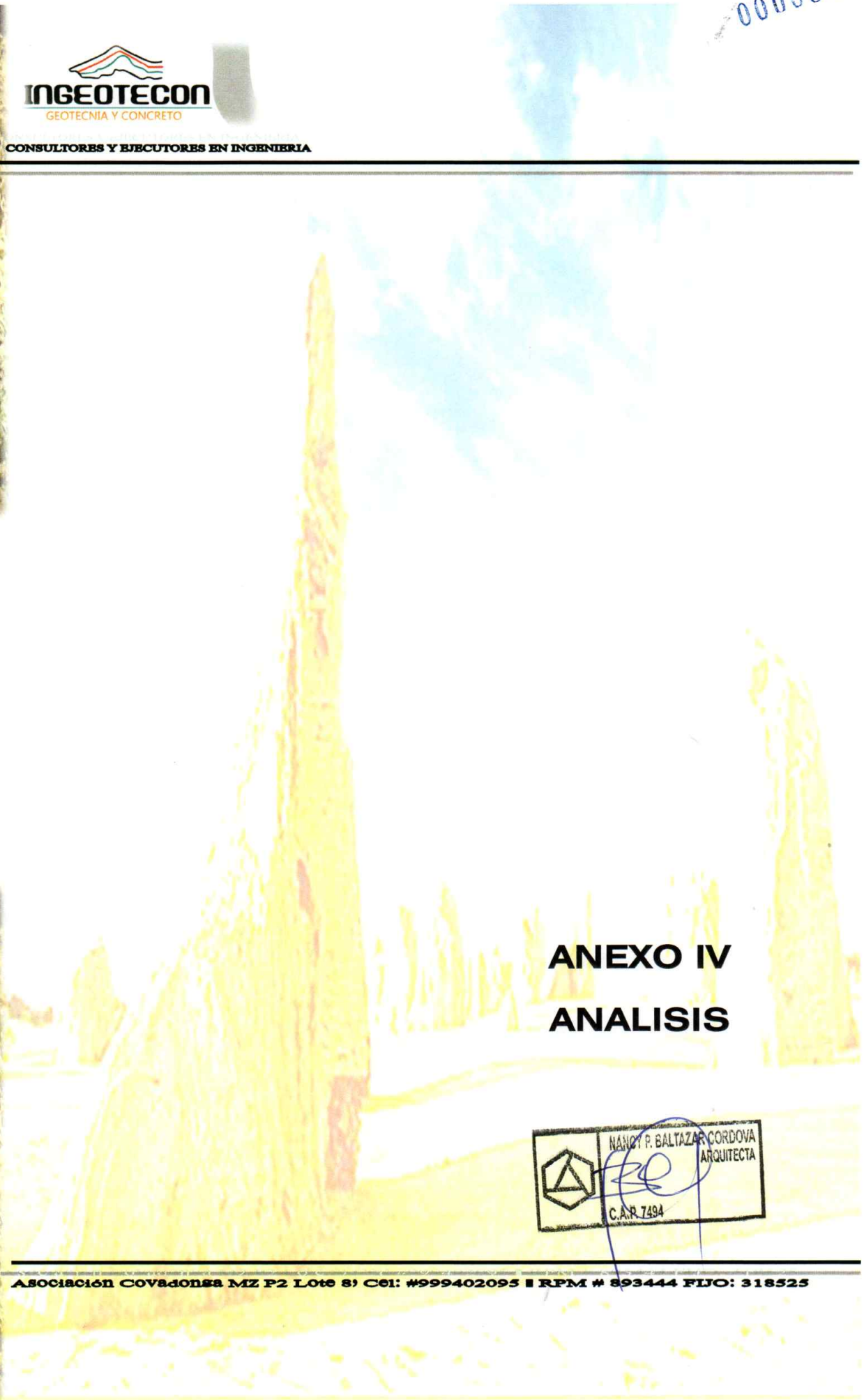
ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP. 71239



000063



CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA



ANEXO IV ANALISIS

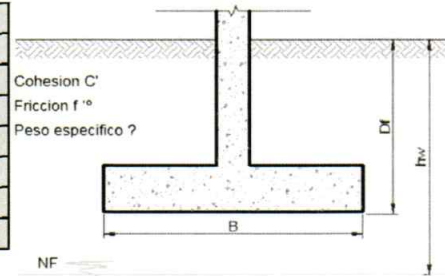


MEJORAMIENTO Y PUESTA EN VALOR DE LA CASONA DIEGO LADRON DE GUEVARA

Análisis de Cimentación - Condición Drenada

Cohesión C' (KN/m²) =
Fricción ϕ' ° =
Peso específico γ (KN/m³) =
Profundidad de cimentación D_f =
Base de cimentación B (m) =
Largo de cimentación (m) =
Altura del nivel Freático (h_w) =
Peso específico saturado γ_{sat} (KN/m³) =

| |
|------|
| 0.00 |
| 24.0 |
| 14.6 |
| 1.2 |
| 1 |
| 1 |
| |
| |
| 20 |



Calculo de la capacidad de carga por la formula de Vesic.

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + q'N_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma'BN_yF_{ys}F_{yd}F_{yc}$$

donde:

c' = Cohesión

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad

F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad

γ' = peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación

q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentación

El esfuerzo efectivo en la base de cimentación:

$$q' = 17.54 \text{ KN/m}^2$$

El peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación:

Caso I ($0 \leq h_w \leq D_f$) $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 20.19$

Caso II ($D_f < h_w \leq D_f + B$) $d = h_w - D_f = 0.00$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w + d/B (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) = 20.19$$

Caso III ($h_w > D_f + B$) $\gamma' = 14.6$

$$\gamma' = 14.62 \text{ KN/m}^2$$

Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{\gamma \tan \phi'} = 9.60$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 19.32$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 9.44$$

Los factores de corrección por forma por De Beer 1970 son:

$$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c) = 1.50$$

$$F_{qs} = 1 + B/L \tan \phi' = 1.45$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L = 0.60$$

Los factores por corrección de profundidad por Hanzen 1970 son:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 D_f / B = 1.48$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 D_f / B = 1.38$$

$$F_{yd} = 1.00$$

Los factores por corrección por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez crítica como:

$$I_{rc} = 0.5 (\exp((3.3 - 0.45 B/L) \cot(45 - \phi'/2)))$$

$$I_{rc} = 13.31$$



INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP. 71289

000061

| Variación de Irc con ϕ' y B/L | | |
|------------------------------------|---------|---------|
| ϕ' grados | B/L = 0 | B/L = 1 |
| 0 | 13 | 8 |
| 10 | 25 | 15 |
| 15 | 37 | 20 |
| 20 | 55 | 30 |
| 25 | 89 | 44 |
| 30 | 152 | 70 |
| 35 | 283 | 120 |
| 40 | 592 | 225 |

Por lo tanto Irc = 44.00

2. Calcule el índice de rigidez como:

$$I_r = E_s / (2(1 + \mu_s)(c' + q' \tan \phi'))$$

Donde :

E_s = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$E_s = m \text{ Pa}$

Donde : P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ KN/m}^2$ o 2000 lb/pie^2)

$m =$
 100 a 200 para suelos sueltos
 200 a 500 para suelo medio denso
 500 a 1000 para suelo denso

$m = 200$

$$E_s = m \text{ Pa} = 2038.74 \text{ tn/m}^2 = 20000.00 \text{ KN/m}^2$$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25) / 20 \text{ para } 25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$$

$$\mu_s = 0.35$$

$I_r = 948.52$

3. Si $I_{rc} \leq I_r$, entonces :

$$F_{qc} = 1.00$$

$$F_{qc} = 1.00$$

$$F_{qc} = 1.00$$

Por lo tanto :

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentación

$$q_u = 376.40 \text{ Kn/m}^2$$

$$q_u = 3.84 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la capacidad de carga por la formula de Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresión:

$$q_u = c' N_c d_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$$

Influencia de la profundidad de cimentación, recomendados para la formula:

$$d_c = 1.20 \text{ Según Skempton}$$

Influencia de la forma de la cimentación, recomendados para la formula:

$$S_c = 1 + 0.2 B/L = 1.20$$

$$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L = 1.67$$

$$S_\gamma = 1 - 0.1 B/L = 0.90$$

Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

$$\phi' \text{ corregido} = 18.00$$

$$c' \text{ corregido} = 0.00$$

$$N_q = (1 - \sin \phi') / (1 - \sin \phi') e^{ntan \phi'} = 5.26$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 13.10$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi' = 2.08$$

$$q_u = 167.46 \text{ KN/m}^2$$

$$q_u = 1.71 \text{ kg/cm}^2$$

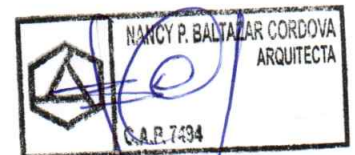
La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$$q_u = 1.71$$

$$q_{ad} = q_u / FS$$

$$FS = 3.00$$

$$q_{ad} = 0.57 \text{ kg/cm}^2$$



INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP. 71.59

Asentamiento elástico

El asentamiento elástico , bajo una carga de trabajo vertical esta dado por:

$$S_e(\text{flexible}) = q_0 B(1-\mu_s^2)I_f/E_s$$

Donde:

q_0 = Presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s = Relación de Poisson del suelo

E_s = Módulo de elasticidad del suelo bajo la cimentación.

B = base de la cimentación

I_f = factor en cm/m

| Cimentación | Valores de I_f (cm/m) | | |
|---|-------------------------|---------|-----|
| Cuadrada | Rígida | | 82 |
| | Flexible | Centro | 112 |
| | | Esquina | 56 |
| | | Medio | 95 |
| Circular | Rígida | | 88 |
| | Flexible | Centro | 100 |
| | | Esquina | 64 |
| | | Medio | 85 |
| Corrida ($L/B \Rightarrow >10$) | Rígida | | 210 |
| | Flexible | Centro | 254 |
| | | Esquina | 127 |
| | | Medio | 225 |
| Rectangular ($5 \Rightarrow L/B \Rightarrow >2$) | Rígida | | 120 |
| | Flexible | Centro | 153 |
| | | Esquina | 77 |
| | | Medio | 130 |

Para cimientos cuadrados:

$q_0 = 5.69 \text{ tn/m}^2$

S_e (rígido) = 0.20 cm

S_e (flexible centro) = 0.27 cm



000059



CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA



ANEXO V
PANEL FOTOGRAFICO

VISTA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



VISTA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO.



VISTA PANORAMICO DE LA CALICATA C-01.



VISTA PANORAMICO ENSAYO DENSIDAD INSITU



VISTA PANORAMICO DEL ENSAYO DE DPL



INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL OLIVERA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
C.R. 71.259