



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales  
del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Nuevo Siancas, Santiago Enrique (orcid.org/0000-0003-4220-6907)

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA – PERÚ**

**2023**

### **Dedicatoria:**

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres, personas responsables de lo que soy hoy en día, y a las personas que estuvieron presentes en los momentos difíciles.

### **Agradecimientos:**

A la facultad de ingeniería y en especial al Dr. Luis Alberto Vargas Chacaltana, quien, gracias a su excelente asesoría y reconocida trayectoria, lograron que consiga prosperar en esta etapa profesional.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023", cuyo autor es NUEVO SIANCAS SANTIAGO ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 01 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO <b>DNI:</b> 09389936 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4136-7189	Firmado electrónicamente por: LAVARGASV el 01- 12-2023 16:36:00

Código documento Trilce: TRI - 0676672



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, NUEVO SIANCAS SANTIAGO ENRIQUE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
NUEVO SIANCAS SANTIAGO ENRIQUE <b>DNI:</b> 46061916 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4220-6907	Firmado electrónicamente por: SNUEVOS el 11-12- 2023 18:31:59

Código documento Trilce: INV - 1614746

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2. Variables y operacionalización.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	43
3.7. Aspectos éticos.....	43
IV. RESULTADOS.....	44
V. DISCUSIÓN .....	98
VI. CONCLUSIONES .....	107
VII. RECOMENDACIONES .....	108
REFERENCIAS .....	109
ANEXOS.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de forma “C” .....	14
Tabla 2. Factores de forma “C” para elementos de cierre .....	14
Tabla 3. Flechas máximas para elementos estructurales .....	15
Tabla 4. Factores de zona sísmica .....	18
Tabla 5. Clasificación de perfiles de suelo .....	19
Tabla 6. Distorsiones de entrepiso admisibles .....	21
Tabla 7. Factores de suelo .....	22
Tabla 8. Periodos TP y TL .....	22
Tabla 9. Patologías registradas .....	58
Tabla 10. Identificación de especímenes de adobe .....	61
Tabla 11. Compresión de cubos de adobe .....	61
Tabla 12. Tipo de edificación para clasificación de suelos .....	62
Tabla 13. Número de puntos de exploración .....	63
Tabla 14. Clasificación de suelos - SUCS .....	65
Tabla 15. Aceleraciones espectrales .....	69
Tabla 16. Periodos y frecuencias .....	83
Tabla 17. Participación modal .....	83
Tabla 18. Desplazamientos laterales máximos .....	92
Tabla 19. Esfuerzos laterales máximos .....	93
Tabla 20. Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal .....	98
Tabla 21. Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Lázaro .....	99
Tabla 22. Esfuerzos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal .....	101
Tabla 23. Esfuerzos laterales máximos - Hotel Comercio “El Cordano” .....	102
Tabla 24. Aceleraciones espectrales - Iglesia San Cristóbal .....	104
Tabla 25. Aceleraciones espectrales - Hotel Comercio “El Cordano” .....	105

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Mapa eólico del Perú.....	13
Figura 2. Mapa de zonas sísmicas del Perú .....	18
Figura 3. Espectro de desplazamientos .....	20
Figura 4. Modelado - Grid system data .....	30
Figura 5. Modelado - Story data .....	30
Figura 6. Modelado - Define materials .....	31
Figura 7. Modelado - Material property data .....	31
Figura 8. Modelado – Wall properties .....	32
Figura 9. Modelado – Wall property data .....	32
Figura 10. Modelado - Mass source data .....	33
Figura 11. Modelado - Define load patterns .....	33
Figura 12. Modelado - Define response spectrum functions .....	34
Figura 13. Modelado - Response spectrum function definition .....	34
Figura 14. Modelado - Load case data .....	35
Figura 15. Modelado - Load combination data .....	35
Figura 16. Modelado – Drawing and editing tools .....	36
Figura 17. Modelado – Joint assignment restraints .....	37
Figura 18. Modelado – Shell loads assignment .....	37
Figura 19. Modelado – Shell assignment pier label .....	38
Figura 20. Modelado – Wall auto mesh options .....	38
Figura 21. Modelado – Check model .....	39
Figura 22. Flujograma del modelado en ETABS.....	40
Figura 23. Flujograma del análisis por cargas sísmicas.....	41
Figura 24. Ubicación política del proyecto.....	44
Figura 25. Plano de sectorización del inmueble.....	47
Figuras 26 y 27: Grietas en muros y sardineles.....	48
Figuras 28 y 29: Fisuras y grietas en muros.....	48
Figuras 30 y 31: Fisuras y grietas verticales en muros.....	49
Figura 32: Fisuras y grietas horizontales en muros.....	49
Figuras 33 y 34: Asentamiento del suelo.....	50
Figuras 35 y 36: Degradación de muros.....	50
Figuras 37 y 38: Desprendimiento de pisos y grietas en muros.....	51

Figura 39: Pérdida parcial de cobertura.....	51
Figuras 40 y 41: Pérdida parcial de base de muros.....	52
Figura 42: Degradación de muros.....	52
Figuras 43 y 44: Falta de arriostramiento de muros portantes.....	53
Figuras 45 y 46: Grietas verticales y pérdida de muros.....	53
Figuras 47 y 48: Pérdida parcial de muros.....	54
Figuras 49 y 50: Asentamiento del suelo y colapso de muros.....	54
Figuras 51 y 52: Erosión de muros por humedad.....	55
Figuras 53 y 54: Grietas en muros y colapso de techo.....	55
Figuras 55 y 56: Erosión de muros por humedad.....	56
Figuras 57: Grietas en muros y colapso de techos.....	56
Figuras 58 y 59: Degradación de muros.....	57
Figuras 60 y 61: Grietas y colapso de muros.....	57
Figuras 62 y 63: Muestras del material de tierra.....	59
Figuras 64 y 65: Cortado y capeado de muestras de adobe.....	60
Figuras 66 y 67: Ensayo de resistencia a la compresión de adobe.....	60
Figuras 68 y 69: Puntos de exploración N°1 y N°2.....	63
Figuras 70 y 71: Puntos de exploración N°3 y N°4.....	64
Figura 72: Punto de exploración N°5.....	64
Figuras 73, 74 y 75: Proceso de clasificación de suelos - SUCS .....	65
Figura 76: Distribución arquitectónica general .....	66
Figura 77: Cortes arquitectónicos generales .....	66
Figura 78: Espectro de aceleraciones - O.F.S. ....	69
Figura 79: MEF - Vista tridimensional N°01 .....	70
Figura 80: MEF - Vista tridimensional N°02 .....	70
Figura 81: MEF - Elevación del eje 2: Fachada principal .....	71
Figura 82: MEF - Elevación del eje 11 .....	71
Figura 83: MEF - Elevación del eje 19 .....	72
Figura 84: MEF - Elevación del eje I .....	72
Figura 85: MEF - Elevación del eje K .....	73
Figura 86: MEF - Elevación del eje C .....	73
Figura 87: Deformada por análisis estático en la dirección "X" .....	74
Figura 88: Deformada por análisis estático en la dirección "Y" .....	74

Figura 89: Esfuerzos por análisis no lineal en “X” .....	75
Figura 90: Esfuerzos por análisis no lineal en “Y” .....	75
Figura 91: Deformada por análisis modal en “X” .....	76
Figura 92: Deformada por análisis modal en “Y” .....	76
Figura 93: Esfuerzos por análisis modal en “X” .....	77
Figura 94: Esfuerzos por análisis modal en “Y” .....	77
Figura 95: Primera forma de modo .....	78
Figura 96: Segunda forma de modo .....	78
Figura 97: Tercera forma de modo .....	79
Figura 98: Cuarta forma de modo .....	79
Figura 99: Quinta forma de modo .....	80
Figura 100: Sexta forma de modo .....	80
Figura 101: Séptima forma de modo .....	81
Figura 102: Octava forma de modo .....	81
Figura 103: Novena forma de modo .....	82
Figura 104: Décima forma de modo .....	82
Figura 105: Instalación de geomallas en muros de adobe .....	85
Figura 106: Traslape de geomallas en muros de adobe .....	85
Figura 107: Corte de geomallas en vanos de muros de adobe .....	85
Figura 108: Reforzamiento por grietas diagonales en muros .....	86
Figura 109: Reforzamiento por grietas verticales en encuentros de muros. ....	86
Figura 110: Reforzamiento por incompatibilidad de material .....	87
Figura 111: Reparación de grietas menores a 20mm .....	87
Figura 112: Reparación de grietas mayores a 20mm .....	88
Figura 113: Colocación de viga collar .....	89
Figura 114: Reforzamiento de muros con drizas .....	89
Figura 115: Colocación de drizas en muros .....	90
Figura 116: Nudos para refuerzo con drizas verticales .....	90
Figura 117: Unión de lazos para refuerzo con drizas verticales .....	91
Figura 118: Desplazamientos laterales máximos .....	92
Figura 119: Esfuerzos máximos de análisis estático y modal .....	93
Figura 120: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal .....	98
Figura 121: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Lázaro .....	99

Figura 122: Desplazamientos laterales máximos .....	100
Figura 123: Esfuerzos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal .....	101
Figura 124: Esfuerzos laterales máximos - Hotel Comercio “El Cordano” .....	102
Figura 125: Espectro de aceleraciones - Iglesia San Cristóbal .....	104
Figura 126: Espectro de aceleraciones - Hotel Comercio “El Cordano” .....	105

## RESUMEN

La presente investigación sostuvo como objetivo principal: Determinar el comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S., analizado mediante metodologías convencionales. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental – transversal y enfoque cuantitativo. Asimismo, la población estuvo conformada por 31 monumentos históricos situados en la zona delimitada por los jirones Amazonas, Huánuco, Junín y la Av. Abancay en el centro histórico de Lima, con una antigüedad mínima de 100 años. Los resultados obtenidos son: mediante el análisis estático no lineal, desplazamientos laterales de  $X = (0.00, 0.03)$  m. e  $Y = (0.00, 0.35)$  m. y esfuerzos máximos de  $X = (-2.01, 60.17)$  ton/m<sup>2</sup>. e  $Y = (-41.65, 61.73)$  ton/m<sup>2</sup>.; mientras que en el análisis modal espectral se obtuvieron desplazamientos laterales de  $X = (0.00, 0.29)$  m. e  $Y = (0.00, 0.04)$  m., esfuerzos máximos de  $X = (-77.56, 62.29)$  ton/m<sup>2</sup>. e  $Y = (-138.83, 73.47)$  ton/m<sup>2</sup>. y aceleraciones espectrales en el rango de 0.010 a 0.649 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0 a 10 segundos. Se concluye, que los desplazamientos laterales obtenidos, superan los límites establecidos por la norma E.030, calificándose una estructura inhabitable; de igual manera, los esfuerzos por corte en los muros de adobe, sobrepasan lo admisible por la norma E.080, conformando una estructura vulnerable ante alguna actividad sísmica severa. Por lo tanto, el monumento histórico O.F.S. amerita ser reforzado estructuralmente, mediante la aplicación de métodos compatibles con sus materiales originales, a fin de controlar los indicadores obtenidos por el sismo de diseño, para garantizar la eficiencia y durabilidad de la estructura, conservación del patrimonio histórico – cultural, y la seguridad de sus ocupantes.

Palabras clave: Análisis modal espectral, diseño sismorresistente, monumento.

## ABSTRACT

The main objective of this research was: Determine the structural behavior of the historical monument OFS, analyzed using conventional methodologies. The methodology used was applied, explanatory level, experimental – transversal design and quantitative approach. Likewise, the population was made up of 31 historical monuments located in the area delimited by the Amazonas, Huánuco, Junín and Abancay Avenues in the historic center of Lima, with a minimum age of 100 years. The results obtained are: through nonlinear static analysis, lateral displacements of  $X = (0.00, 0.03)$  m. and  $Y = (0.00, 0.35)$  m. and maximum stresses of  $X = (-2.01, 60.17)$  ton/m<sup>2</sup>. and  $Y = (-41.65, 61.73)$  ton/m<sup>2</sup>.; while in the modal spectral analysis lateral displacements of  $X = (0.00, 0.29)$  m were obtained. and  $Y = (0.00, 0.04)$  m., maximum stresses of  $X = (-77.56, 62.29)$  ton/m<sup>2</sup>. and  $Y = (-138.83, 73.47)$  ton/m<sup>2</sup>. and spectral accelerations in the range of 0.010 to 0.649 m/s<sup>2</sup>. in a period of 0 to 10 seconds. It is concluded that the lateral displacements obtained exceed the limits established by standard E.030, classifying an uninhabitable structure; Likewise, the shear stresses in the adobe walls exceed what is admissible by the E.080 standard, forming a structure vulnerable to some severe seismic activity. Therefore, the historical monument O.F.S. deserves to be structurally reinforced, through the application of methods compatible with its original materials, in order to control the indicators obtained by the design earthquake, to guarantee the efficiency and durability of the structure, conservation of the historical-cultural heritage, and the safety of its occupants.

Keywords: Spectral modal analysis, earthquake-resistant design, monument.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la evaluación estructural de edificaciones es crucial para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras en todo el mundo. Estas edificaciones pueden ser modernas, como también, antiguas. En Europa, existe una gran cantidad de monumentos históricos provenientes de la edad media, como iglesias, catedrales, palacios, entre otros, que hoy en día son considerados como patrimonio cultural de la humanidad, en consecuencia, su conservación es una tarea importante asumida por las organizaciones responsables (UNESCO, 1972, pág. 3). Sin embargo, existen monumentos históricos con una tipología estructural frágil, en relación con las fuerzas producidas por eventos sísmicos, debido a los materiales que la componen (QUISHPE & TORRES, 2022, pág. 20), conglomerando una serie de daños estructurales a lo largo del tiempo, lo que podría ocasionar el colapso de este tipo de edificaciones.

A nivel nacional, se conoce que nuestro país se sitúa en una región, cuya actividad sísmica es considerada muy alta, dando lugar al acontecimiento de diversos sismos de gran magnitud en las últimas décadas, como por ejemplo, el terremoto en Ancash de 1970, Lima de 1974, sur del Perú en 2001, o el ocurrido en Pisco en el año 2007 según el IGP, evidenciando la alta peligrosidad sísmica latente en nuestra nación, que, como consecuencia, trae consigo una serie de pérdidas materiales reflejadas en las estructuras, desde agrietamientos hasta el colapso total de las edificaciones más vulnerables, como son los monumentos históricos.

A nivel regional, existen diversos tipos de edificaciones, de las cuales, un gran porcentaje de estas tienen un valor arquitectónico o histórico declarado por el INC, configurando el patrimonio histórico de la ciudad. (MVCS, 2021, pág. 2). A pesar de la sismicidad latente en el país, con el paso del tiempo muchas de estas edificaciones cayeron en total abandono, y otras fueron desapareciendo ante el incremento de la modernidad. Por otro lado, la carencia de mantenimiento de estas edificaciones históricas, en ocasiones se ve opacada por la alteración estructural del diseño original ocasionada por los propios usuarios, tales como, la incorporación muros, apertura de vanos, reparaciones con materiales no compatibles, instalación

inadecuada de redes de servicio, o el cambio de uso de los ambientes para los que fueron destinados, entre otros factores, que conforman un incremento considerable en la probabilidad de tener una edificación inhabitable, amenazando la integridad física de las personas.

En consecuencia, se aborda el siguiente problema general: ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en el comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023? Del mismo modo, se establecen los siguientes problemas específicos: ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023 ?; ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023?; ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023?.

Asimismo, se describieron cinco justificaciones para este proyecto de investigación, las cuales son: La justificación técnica, nos permitió conocer más acerca de la influencia del paso del tiempo y otros factores como los daños por corrosión, defectos constructivos, daños por sismo, alteraciones debido al cambio de uso, o el uso de materiales deficientes o incompatibles, en el comportamiento estructural de las edificaciones más antiguas de Lima, de las cuales, muchas están compuestas por muros de adobe y quincha. La justificación social, el conocer las deficiencias estructurales de los monumentos históricos más antiguos del centro histórico de Lima, aporta medidas relacionadas a la conservación de dichos inmuebles, recuperando el legado histórico que nos define como personas, además de mejorar su entorno, en beneficio de su calidad de vida. La justificación económica, gracias al análisis estructural, se logran proponer soluciones anticipadas que previenen daños mayores en la edificación, las cuales se ven reflejadas en un ahorro económico. Asimismo, la conservación de las edificaciones categorizadas como monumentos arquitectónicos, es una valiosa oportunidad para promover el turismo en nuestro país. La justificación ambiental, mediante el análisis estructural, damos pie a las necesidades que requiere una estructura para su conservación, en ese

sentido, se evita o reduce la reconstrucción de elementos estructurales, mitigando el consumo y producción del cemento, cuyos insumos requeridos perjudican el medio ambiente. La justificación metodológica, esta investigación contribuye a conocer los alcances y resultados obtenidos producto del análisis estructural, para el cual se han utilizado diferentes técnicas que establecen el diagnóstico del estado actual de la edificación.

Por otro lado, se fijó el objetivo general: Determinar el comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S., analizado mediante metodologías convencionales, para el cual, se establecieron los siguientes objetivos específicos: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S.; determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S.; determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.

Por otro lado, la hipótesis general de esta investigación es: El comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S., cambia considerablemente mediante el análisis convencional. Asimismo, las hipótesis específicas serán: Los desplazamientos del monumento histórico O.F.S., se incrementan considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales; los esfuerzos del monumento histórico O.F.S., son mínimos mediante el análisis con metodologías convencionales; las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S., cambian considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales.

## II. MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de desarrollar este proyecto de investigación, se indagó diversos estudios relacionados al tema, y realizados en los últimos cinco años. En el ámbito internacional tenemos a (QUISHPE & TORRES, 2022), cuya investigación sostiene como objetivo precisar la influencia de la resistencia a la compresión del adobe, así como su módulo de elasticidad, en el comportamiento estructural de tres viviendas patrimoniales mediante la modelación por software, metodología con enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y diseño experimental, teniendo una población definida por 55 viviendas patrimoniales de la localidad de Guamote, obteniendo los siguientes resultados: los valores para el módulo de elasticidad del adobe van desde  $E_m = 0.90119MP_a$  hasta  $E_m = 2.11955MP_a$ ; periodos fundamentales máximos y mínimos de 2.168s. y 1.496, 2.191s. y 1.591s., 9.224s. y 6.027s., para los casos 1, 2 y 3 respectivamente; máximos valores de derivas de entrepiso en “X” e “Y” de 0.09205 y 0.02884, 0.43614 y 0.59585, 0.87009 y 0.30517, para los casos 1, 2 y 3 respectivamente. Se concluye, que la configuración estructural tiene influencia directa con el periodo, debido a que obtuvieron periodos fundamentales elevados en el caso que presenta irregularidad en planta y altura. Para los demás casos, no se alcanzó el porcentaje admisible de participación modal, a pesar de tener una configuración regular. Finalmente, se debe considerar que los bloques de adobe reforzado pueden alcanzar hasta  $E_m = 144MP_a$ .

(DELGADO, 2019), cuya investigación sostiene como objetivo aplicar métodos actuales de reforzamiento en la rehabilitación de una edificación patrimonial de dos niveles, metodología con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental, teniendo una población que contempla a todas las edificaciones patrimoniales de la ciudad de Riobamba, obteniendo estos resultados: se determinó que la estructura de la edificación, está conformada por cimientos de piedra, muros portantes de adobe, entrepiso y cubierta configurada en madera de eucalipto. También, se detectaron fallas por flexión y cortante, ausencia de un diafragma rígido, sección insuficiente de elementos de madera, deformaciones en vigas y excentricidad en columnas. Asimismo, en ensayos de compresión, se obtuvo que el módulo de elasticidad del adobe es 143 kg/cm<sup>2</sup> y su resistencia a la compresión es 46.32 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, en el análisis estructural, se determinó que las

derivas de la edificación inicial en los nodos 184 (N+7.20m) y 178 (N+3.60m) son 0.0195 y 0.0373 en el sentido "X", y 0.1451 y 0.0170 en el sentido "Y", respectivamente; el esfuerzo máximo actuante en el entrepiso es de 90.557 t/m.; esbeltez en los muros de 7.2; la diferencia del índice de densidad de los muros en los sentidos "X" e "Y", es de 2%. Se concluye, necesario el siguiente reforzamiento: para muros, refuerzo de tipo solera más componentes de refuerzo horizontal y vertical en las intersecciones; y para el diafragma rígido, un reforzamiento de placa de concreto con malla electrosoldada. Por lo cual, el esfuerzo máximo en el entrepiso disminuyó a de 0.675 t/m., los índices de densidad en los muros alcanzaron similitud en "X" e "Y", el periodo fundamental de vibración disminuyó de 1.10s. a 0.16s., aumentando la rigidez, controlando la torsión en planta y evidenciando un mejor comportamiento de la estructura frente a fuerzas de sismo.

(GAXIOLA, 2018), en su investigación indica el objetivo de determinar el comportamiento de la estructura del templo de San Antonio en diferentes estados de degradación de sus materiales, y establecer el tiempo en que la estructura adquiera un comportamiento inestable, metodología con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental, con una población compuesta por todas las edificaciones históricas, de carácter religioso, pertenecientes al estado de Aguascalientes. Se obtuvieron los resultados: determinación de la estructura de la edificación, compuesta por muros de piedra, unidos con mortero de cal y arena, y cubierta de madera. Por otro lado, el análisis modal se realizó mediante tres softwares: CodeAster, Calculix y Sap2000; y para tres estados: inicial, actual, y futuro; obteniendo una comparativa en donde las frecuencias más altas se alcanzaron con el software Calculix. Asimismo, las frecuencias más representativas fueron las de CodeAster, por ser el protagonista del modelamiento de elementos finitos, cuyos valores para el modo 1, son: inicial, 2.618020Hz; actual, 2.520060Hz; futuro, 2.494220Hz. Estos valores fueron relacionados con la edad de la edificación y el módulo de elasticidad del material predominante, obteniendo la siguiente ecuación,  $f = 3E - 0.6t^2 - 0.0012t + 2.618$ , donde: "f", es la frecuencia expresada en Hz., y "t", la edad de la edificación expresada en años, la cual representa el comportamiento decadente de la estructura en el primer modo de vibrar. Se concluye que, los valores obtenidos con el software Calculix, no se aproximaron a

la frecuencia experimental, por lo que no se consideraron como confiables. Asimismo, identificando el motivo de decadencia en las frecuencias modales, se puede determinar un indicador, que revele el momento en el que la estructura adquiera un comportamiento sísmico deficiente.

Como antecedentes nacionales tenemos a (VALDEZ, 2021), en cuya investigación sostiene el objetivo de determinar el comportamiento estructural del monumento histórico iglesia San Cristóbal analizado por medio de métodos convencionales, la metodología de este trabajo sostiene el enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño cuasi experimental, conformando una población de 33 iglesias ubicadas dentro de los límites de la ciudad de Ayacucho. Se obtuvieron los resultados: los cambios que sufren los desplazamientos en el análisis modal en ambas direcciones son  $X=(0;0.16)$  e  $Y=(0;0.17)$ m., mientras que para el análisis estático son  $X=(0;0.04)$  e  $Y=(0;0.05)$ m.; los esfuerzos en el análisis modal espectral para ambos sentidos son  $X=(-18.07;48.47)$  e  $Y=(3.84 \text{ E-}04;38.56)$  t/m<sup>2</sup>., mientras que para el análisis estático son  $X=(-68.91;14.15)$  e  $Y=(-34.56;9.07)$  t/m<sup>2</sup>.; las aceleraciones espectrales tienen valores que van desde 9.56 hasta 0.11m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0 a 10s.; los desplazamientos en el análisis modal espectral para ambas direcciones son  $X=0.16$ m. e  $Y=0.17$ m., mientras que para el análisis estático son  $X=0.04$ m. e  $Y=0.05$ m. Por otro lado, para el modelo con refuerzo se obtuvo, en el análisis modal espectral  $X=0.11$ m. e  $Y=0.14$ m., mientras que para el análisis estático son  $X=0.04$ m. e  $Y=0.02$ m., con derivas en la dirección X,  $\Delta_i/h_{ei}=0.024/7.56=0.0032$ , y en la dirección Y,  $\Delta_i/h_{ei}=0.04/7.56=0.005$ . Se concluye que, los desplazamientos máximos alcanzados, son superiores en ambos análisis y en condición normal, por lo que, la estructura colapsaría frente a un evento sísmico calificando a la edificación como inhabitable; los esfuerzos cortantes máximos obtenidos superan el esfuerzo admisible establecido por la norma; referente a la aceleración espectral, los valores alcanzados están de acuerdo a lo estipulado por la norma E0.50 y ensayos pertinentes, en cuanto al comportamiento estructural, gracias al refuerzo se minimizan los desplazamientos y deformaciones, y por ende, no sobrepasa las exigencias mínimas indicadas por la norma E.030.

(ROJAS & ISIDRO, 2021), cuya investigación indica como objetivo realizar el análisis estructural de la Iglesia San Lázaro localizada en el centro histórico del Rímac, una metodología que sostiene el enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, y diseño no experimental, con una población definida por todas las edificaciones de categorizadas como monumento histórico dentro de los límites del Centro Histórico del Rímac, en donde se obtuvo como resultados: la determinación de los componentes que configuran la estructura de la edificación, siendo estos, la piedra y cal en cimentaciones, muros de adobe en la planta baja con espesor máximo de 1.00m., y muros de quincha con ligero espesor en la parte alta y techo de madera con revestimiento de caña y cal. Asimismo, en el análisis estático de los muros, campanario y contrafuerte, se alcanzaron los siguientes valores mínimos y máximos: esfuerzos de -223.881 ton/m<sup>2</sup>. y 722.518 ton/m<sup>2</sup>., cortantes de 0.402 ton/m<sup>2</sup>. y 650.05 ton/m<sup>2</sup>. Por otro lado, en el análisis dinámico se determinó el periodo fundamental  $T=0.471s.$  en la dirección "X" y  $T=0.648s.$  para la dirección "Y", y el periodo más representativo  $T=0.4392s.$  También, se obtuvieron los siguientes valores mínimos y máximos en la dirección "X": esfuerzos de -137.155 ton/m<sup>2</sup>. y 482.621 ton/m<sup>2</sup>., cortantes de -451.418 ton/m<sup>2</sup>. y 100.724 ton/m<sup>2</sup>., desplazamiento máximo en "X" igual a 25.87mm.; en la dirección "Y": esfuerzos de -153.471 ton/m<sup>2</sup>. y 448.042 ton/m<sup>2</sup>., desplazamiento máximo en "Y" igual a 23.68mm. Se concluye, que las altas derivas obtenidas en el análisis sísmico, son producto del bajo módulo de elasticidad del adobe; respecto al análisis modal, solo se presentó un caso de torsión. Asimismo, se determina el siguiente reforzamiento: en el encuentro de muros, refuerzo de tipo llave de madera para proveer rigidez, en la bóveda, la sustitución de la torta de barro por un entablado sellado con poliuretano en las juntas y cobertura con manto asfáltico de tipo arenado negro.

(CONDOR & MOLINA, 2019), cuya investigación indica el objetivo de determinar si el reforzamiento estructural y la utilización de una geomalla biaxial tiene influencia en el comportamiento estructural de muros compuestos por adobe, la metodología de esta investigación considera un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y diseño no experimental, asimismo, contempla una población que se define como todas las edificaciones con muros de adobe pertenecientes al Centro Histórico de Lima, donde se obtuvo los siguientes resultados: referente al comportamiento

estructural, en el análisis dinámico se obtuvieron los siguientes valores: desplazamientos máximos por fuerza de sismo  $D_x=0.00710\text{m}$ . y  $D_y=0.00566\text{m}$ .; para la estructura sin reforzamiento se alcanzaron los siguientes esfuerzos en los muros por sismo: tracción de 1.43 y 1.28  $\text{kg/cm}^2$ ., corte de 5.97 y 5.82  $\text{kg/cm}^2$ ., compresión de 7.85 y 9.28  $\text{kg/cm}^2$ ., en las direcciones “X” e “Y” respectivamente; para la estructura con geomalla se obtuvieron los siguientes esfuerzos en los muros por sismo: tracción de 0.15 y 0.29  $\text{kg/cm}^2$ ., corte de 0.36 y 0.38  $\text{kg/cm}^2$ ., compresión de 1.88 y 2.15  $\text{kg/cm}^2$ ., en las direcciones “X” e “Y” respectivamente; para la estructura con geomalla electrosoldada se obtuvieron los siguientes esfuerzos en los muros por sismo: tracción de 0.33 y 0.31  $\text{kg/cm}^2$ ., corte de 1.41 y 1.43  $\text{kg/cm}^2$ ., compresión de 2.14 y 2.28  $\text{kg/cm}^2$ . en las direcciones “X” e “Y” respectivamente; también, análisis de costos unitarios para el reforzamiento con ambos tipos de mallas, determinó un costo de 191.04 soles por  $\text{m}^2$ . para la geomalla biaxial, y 424.09 soles correspondiente a la malla electrosoldada. Se alcanzaron las siguientes conclusiones, la implementación de la geomalla reduce los esfuerzos por tracción en 81.48% y 64.20%, por corte en 10% y 5%, por compresión en 69.28% y 64.87% en las direcciones “X” e “Y” respectivamente; en cuanto a los desplazamientos, se obtienen valores dentro de los límites dados por la norma E.030, evidenciando que la aplicación de la geomalla mejora significativamente el comportamiento estructural de la edificación.

In other languages we have, (FERRERO & OTHERS, 2021), whose investigation indicates as objective to evaluate the structural damages of the church San Carlo Borromeo, located in the Liguria region (Italy), was obtained as results: the maximum global displacements for landslide are 6cm. 43cm., in the “X” and “Y” directions respectively; maximum local vertical settlement on the left side of the church of 11cm. and local vertical settlement of the right chapel of 9cm.; properties adopted for walls and vaults  $E=1.5\text{ GPa}$ ,  $\nu=0.18$ ,  $\rho=7850\text{ kg/m}^3$ ,  $f_{uc}=2.6\text{ MPa}$ ,  $f_{bc}=3.0\text{ MPa}$ .,  $f_{ut}=0.46\text{ MPa}$ .; a maximum plastic deformation of 0.40 ton/m; it is concluded that, in this investigation, the evaluation of structural damages was carried out through the combination of structural analysis, historical investigation, inspections and laser study. The critical analysis of the cracks makes it possible to

identify the possible causes of damage. The existence of differential settlements of the foundations was discovered, together with the landslide.

(AGUILAR & OTHERS, 2021), whose investigation indicates as objective to structural analysis of a historic adobe building, the San Pedro Apostol church, in Andahuaylas, was obtained as results: in the vibration tests, the first five natural frequencies, damping coefficients and mode shapes of the structure were determined, these are  $f_1=2.44$  Hz.,  $f_2=2.91$  Hz.,  $f_3=3.09$  Hz.,  $f_4=3.21$  Hz.,  $f_5=3.45$  Hz.; the analysis in the "Y" direction, showed a lower seismic capacity, whose maximum load factors were 0.15 and 0.20 in "+Y" and "-Y" respectively; in the numerical dynamic behavior, the calibrated modal forms were determined, these are  $f_1=2.46$  Hz.,  $f_2=3.02$  Hz.,  $f_3=3.23$  Hz.,  $f_4=3.36$  Hz.,  $f_5=3.58$  Hz.; it is concluded that, rigid diaphragms must be implemented to improve the seismic behavior of the structure; the simultaneous use of pushover analysis, kinematic limit and adapted N2 procedure, demonstrates the significant efficiency to characterize the seismic response of a building of this type; finally, the results obtained suggest that the building is not safe during earthquakes with a return period of 72 years, which can cause the overturning of the façade, collapse and displacement of walls.

(KARANIKOLOUDIS & LOURENCO, 2018), whose investigation indicates as objective the structural evaluation of the Kuñotambo church in Cusco, was obtained as results: in the static analysis it was determined that the maximum displacement was 10.6 mm for the GM1 model and 3.6 mm for the GM2 model, while the compression values in the foundation oscillate between 0.1 and 0.3 MPa; in the Pushover analysis, a maximum lateral displacement of 14cm. was obtained; In the non-linear dynamic analysis, a minimum displacement of 5cm was obtained. and a maximum of 13cm. It is concluded that, the existing damages are consequences of seismic forces; for the quantification of the structural dynamic response, a sufficient number of accelerograms are needed, as stipulated by different seismic codes.

También se consideraron artículos de investigación, entre estos tenemos a: (RUIZ & OTROS, 2023), cuyo artículo científico sostiene como objetivo analizar dos edificaciones del siglo XVI, compuestos por adobe y tapia apisonada, por

encontrarse en zonas de actividad sísmica intermedia y alta, utilizando la norma AIS-610-EP-2017, incluida en el año 2019, para reforzamiento de edificaciones patrimoniales, metodología que contempla un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y diseño experimental, con una población definida por las edificaciones patrimoniales de la ciudad de Bogotá, obteniendo como resultados que el 24% de los muros sin refuerzo y el 98% de muros reforzados, generan tensiones más bajas que la resistencia a la tracción del suelo para las cargas sísmicas, y las tensiones en los refuerzos compuestos por acero y madera son menores que los límites admisibles por la normativa. Se concluye que el espesor promedio de los muros es de 0.62 y 0.70 metros para edificaciones patrimoniales de un nivel y dos niveles respectivamente, mientras que las alturas promedio para las edificaciones de dos niveles es de 3.52 y 3.01 metros para el segundo y primer nivel respectivamente, y la altura promedio para las edificaciones de un nivel es de 3.11 metros, basándose en un análisis estadístico. Asimismo, la evaluación de las edificaciones patrimoniales, compuestas por tapia apisonada, generan valores de sobre tensión para todos los muros, en cortante y momento, evidenciando un problema de volteo, corroborado con las pruebas de laboratorio y lo atestiguado in situ. También, con la implementación de placas de acero como refuerzo estructural, se lograrán reducir los periodos de vibración hasta en un 20%, y los desplazamientos de entrepiso hasta en un 66%.

(CHACÓN & OTROS, 2021), en su artículo científico establece como objetivo evaluar la estructura del antiguo colegio Simón Bolívar en Quito, y proponer reforzamientos en sus muros portantes, metodología con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental. Obteniendo los siguientes resultados: el valor de la densidad alcanzada en los muros de adobe es de 12%; esfuerzos por corte en adobe de 3.5 ton/m<sup>2</sup>.; desplazamiento máximo en muros de adobe de 313mm. Se concluye que, el 90% de la edificación describe una falla por colapso, debido a que el cortante en adobe sobrepasa el mínimo admisible por la norma (2.5ton/m<sup>2</sup>). Consecuentemente los desplazamientos en los muros también exceden el límite permitido, incrementando el riesgo de colapso de la edificación. Asimismo, se determina que la estructura configura una irregularidad en planta considerable, en

tal sentido, se sugiere la división en bloques uniformes, separados por juntas estructurales

(SÁNCHEZ & OTROS, 2020), en su artículo científico establece como objetivo analizar el sistema constructivo del teatro de Castellón ubicado en Valencia, así como, la evaluación de la resistencia estructural en su conjunto y de cada una de las partes que lo conforman, metodología con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental. Obteniendo los siguientes resultados: Referente al Análisis Lineal, se tienen las deformaciones del modelo completo, en donde se obtuvo que las deformaciones están en el rango de 0.007 a -0.798 centímetros, mientras que en la bóveda se genera una deformación aproximada de 0.8 centímetros, considerando que hay una luz de 17.5 metros, se genera una deformada equivalente a  $1/2187$ , sin embargo, la deformada es nula en el resto de elementos estructurales; la deformada de la bóveda, están en un rango de 0.007 y -0.25 centímetros; la deformada de la cúpula, muestra un intervalo de 0.001 a -0.798 centímetros; las tensiones del modelo completo, que van desde -1MPa hasta 1 MPa; carga axial en cerchas, muestra los valores de la sección más desfavorable, haciendo un total de 120 KN con una sección del perfil de 4050 mm<sup>2</sup>, lo que ocasiona una tensión de 30 KN/mm<sup>2</sup>. Mientras que, en el Análisis no Lineal, se tienen tensiones para el modelo completo que van desde 0.2 MPa hasta -2.0 MPa. Se concluye que, los valores de los desplazamientos verticales constituyen una deformada mínima por lo que se asume que no se generarán daños mayores. Asimismo, los valores obtenidos de los análisis estructurales de cada elemento, se encuentran dentro de lo permitido. Demostrando, que la estructura no se encuentra en un riesgo de colapso.

Por otra parte, se consideraron las siguientes bases teóricas que describen de manera conceptual los aspectos importantes de esta investigación, entre estas tenemos: Metodologías convencionales, son enfoques tradicionales o clásicos empleados para determinar el comportamiento estructural de una edificación, en esta investigación se ha considerado el método de elementos finitos, análisis estático no lineal y diseño sismorresistente.

Método de elementos finitos, tiene el propósito de determinar el comportamiento de una estructura sometida a diferentes cargas, cuyo procedimiento típico, es el siguiente: en primer lugar, se realiza la representación geométrica de la estructura mediante un software de modelado que define a la estructura como un conjunto de elementos finitos conectados entre sí; en segundo lugar, se definen los materiales, es decir, se asignan las propiedades de los materiales que conforman cada elemento estructural, como peso específico, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, entre otros; en tercer lugar, se establecen las condiciones de carga, definiendo las fuerzas externas que serán aplicadas a la estructura; en cuarto lugar, se establecen las restricciones que describen el comportamiento estructural según el tipo de análisis; en quinto lugar, se lleva a cabo la determinación de los desplazamientos, deformaciones, tensiones, entre otros indicadores; y finalmente, el análisis de los resultados obtenidos para determinar el comportamiento de la estructura y proponer alternativas de reforzamientos para mejorar su desempeño sísmico dentro de lo estipulado por la norma E.030.

Esfuerzos laterales, son aquellas fuerzas o cargas horizontales que actúan perpendicularmente sobre el eje principal de una estructura, como la carga del viento, presión del suelo, fuerzas sísmicas. Respecto al esfuerzo producido por el viento, se debe considerar que todas las estructuras que se vean afectadas por este, deben diseñarse para soportar sus cargas actuantes en ambas direcciones. Asimismo, la normativa peruana categoriza a las estructuras en tres tipos: (1) de poca altura, esbeltez limitada, o aisladas con coberturas, (2) de dimensión corta en el sentido de acción del viento, y (3) aquellas con características aerodinámicas particulares, como antenas o estructuras esbeltas, según la norma E.020. La velocidad de diseño para cada altura, está definida por:  $V_h = V(h/10)^{0.22}$ , expresada en km/h, en donde: "V" es la velocidad máxima adoptada por el mapa eólico del Perú, hasta una altura de 10m y según la ubicación de la estructura, optando por 75 km/h. como valor mínimo, y "h" es la altura en donde se aplica la velocidad respecto del terreno, según la norma E.020. (MVCS, 2020, pág. 12)

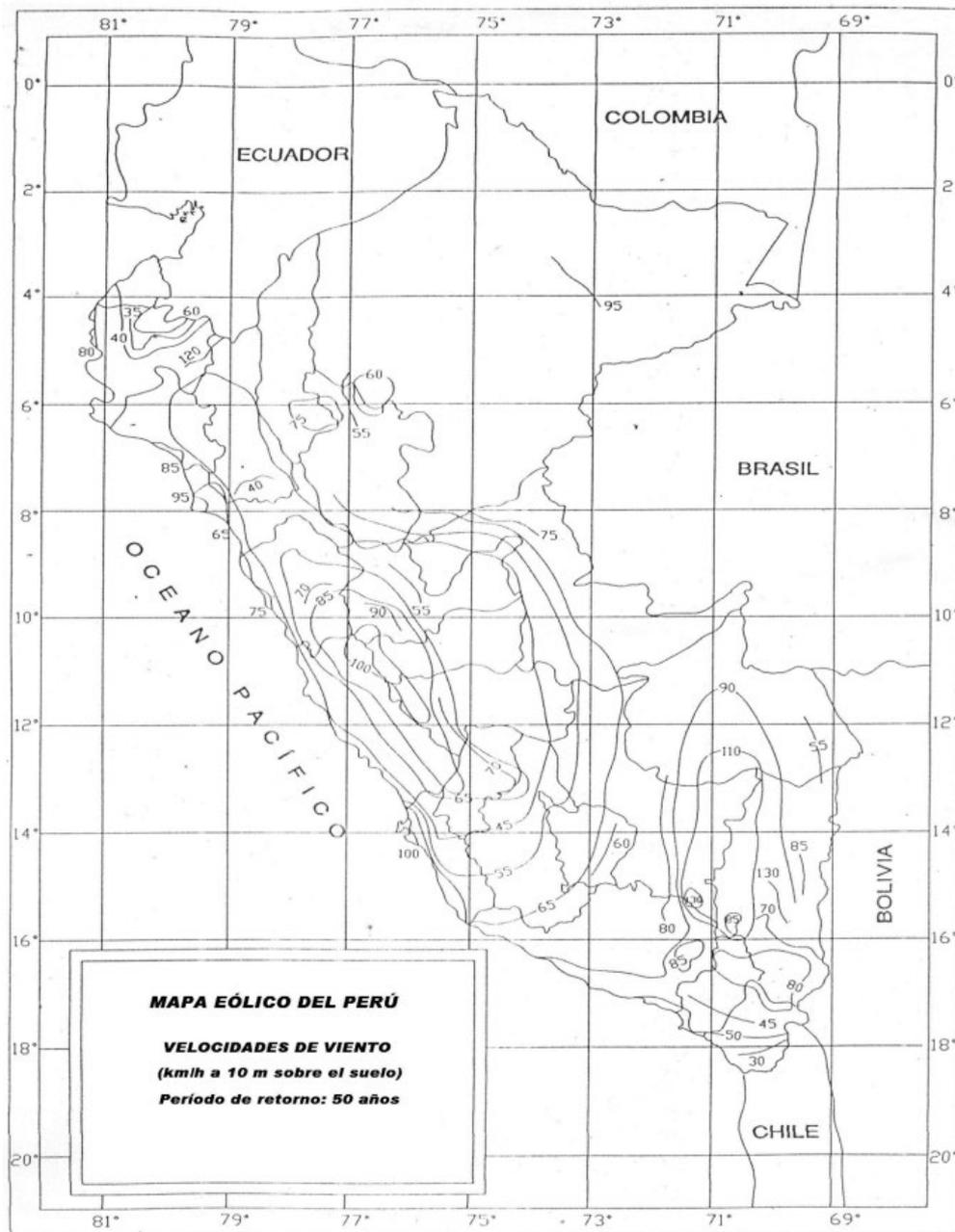


Figura 1: Mapa eólico del Perú.

Fuente: Norma E.020 (MVCS, 2020, pág. 21).

Las cargas que debe resistir la estructura, en relación a la acción del viento, son: carga exterior del viento, se considera el 1.2% del valor obtenido por la ecuación:  $P_h = 0.005CV_h^2$ , en donde los valores del factor "C" están normalizados por la siguiente tabla:

Tabla 1: Factores de forma “C”.

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 -0.7	
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	+0.7	-0.7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: Norma E.020 (MVCS, 2020, pág. 12).

Por otro lado, se tiene a la carga interior del viento, considerada para diseñar los componentes de cerramiento en una edificación, tales como, alfeizar, paneles o coberturas. Para determinar esta carga, se aplica el concepto de carga exterior, considerando los factores de forma de la siguiente tabla:

Tabla 2: Factores de forma “C”, para elementos de cierre.

Aberturas	
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	±0.3
Principales en lado a barlovento	±0.8
Principales en lado a sotavento o en los costados	-0.6

Fuente: Norma E.020 (MVCS, 2020, pág. 13).

Asimismo, la presión lateral del suelo, así como la presión hidrostática, son consideradas adicionalmente en el diseño de muros de contención, determinadas mediante los procesos establecidos en la mecánica de suelos, según la norma E.020. (MVCS, 2020, pág. 13)

Por otro lado, las fuerzas sísmicas, consideradas fuerzas horizontales distribuidas en cada entrepiso (i), para ambas direcciones, están definidas por la expresión  $F_i = \alpha_i \cdot V$ , en donde  $\alpha_i = [P_i(h_i)^k] / [\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k]$ , donde "n" es el número de niveles de la edificación, y "k" se define como el exponente con relación al periodo fundamental "T", cuyo valor está condicionado por la siguiente regla: para  $T \leq 0.5s \rightarrow k = 1.0$ , y para  $T > 0.5s \rightarrow k = (0.75 + 0.5 * T) \leq 2.0$ , según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 22)

Deformaciones, son alteraciones físicas ocasionadas por fuerzas externas, cambios de temperatura, desplazamientos, o como consecuencia de una rigidez estructural deficiente, pudiendo ser de tipo elástica o permanente. Sin embargo, en todo elemento estructural las deformaciones provocadas son permanentes, considerando que son casi imperceptibles. Asimismo, el desplazamiento máximo entre pisos, producto de la acción del viento, debe ser igual a  $d = 0.01(h_{piso})$ , y el desplazamiento consecuente por fuerzas sísmicas está regido por la norma sismorresistente. Además, las flechas máximas no deben superar los siguientes valores, estipulados por la norma E.020. (MVCS, 2020, pág. 15)

Tabla 3: Flechas máximas para elementos estructurales.

Tipo de elemento	Flecha por carga viva	Flecha por carga viva más flechas diferidas
Pisos	L/360	L/240
Techos	L/180	-

En donde:

L: Luz del elemento. Para volados se tomará como L, el doble de la longitud del elemento.  
 Flecha diferida: Se establece en función de cada material de acuerdo a su norma respectiva. La flecha diferida se calculará para las cargas permanentes más la fracción de sobrecarga que actúa permanentemente.

\* No aplicable a estructuras metálicas

Fuente: Norma E.020 (MVCS, 2020, pág. 16)

Carga de compresión, es la fuerza axial de aplastamiento que debe soportar un elemento o componente estructural con el propósito de ser resistente, dentro de los parámetros mínimos estipulados por la normativa vigente. En tal sentido, el valor de la resistencia a la compresión del concreto sometido a fuerzas de sismo debe estar

en el siguiente rango  $21MP_a < f'_c < 55MP_a$ , según la norma E.060 (MVCS, 2020, pág. 155), mientras que para el adobe es  $0.025MP_a$ , según la norma E.080 (MVCS, 2017, pág. 16).

Análisis estático no lineal, se basa en someter la estructura diseñada al colapso por medio de una simulación, atribuyendo cargas laterales progresivas y cargas gravitacionales constantes, aplicándose en la misma dirección. Esto, con el propósito de evaluar el desempeño estructural a través de una estimación de fuerzas y deformaciones en el diseño sísmico. Este análisis, refleja las necesidades sísmicas de la estructura, por medio de una serie de fuerzas aplicadas en el centro de masas en cada entrepiso de la estructura. Asimismo, este método es aplicable para estructuras pertenecientes a la zona sísmica 1. Mientras que, para las demás zonas, se utiliza para estructuras regulares que no superen los 30 metros de altura. También, se puede utilizar para las estructuras conformadas por muros de concreto armado con una altura inferior a los 15 metros, según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 21)

Cortante basal, determinada como una fuerza lateral total que actúa en la base de la estructura de forma horizontal, requiere la determinación previa de los parámetros sísmico de la edificación en análisis. Para ambas direcciones de la estructura, esta fuerza se define como:  $V = (Z.U.C.S/R) * P$ , aplicando la siguiente condición  $C/R \geq 0.11$ , según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 21)

Aceleración espectral, para ambas direcciones de análisis, se determina por la siguiente expresión:  $S_a = (Z.U.C.S)g/R$ . Asimismo, para analizar la estructura verticalmente, se considera un espectro que represente los 2/3 del empleado en la dirección horizontal, según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 24)

Periodo fundamental de vibración, para ambas direcciones, se precisa mediante la ecuación:  $T = h_n/C_T$ , en donde los valores de " $C_T$ ", dependen del tipo de componentes que conforman la estructura en la dirección de análisis elegida, según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 22)

Diseño sismorresistente, en una edificación, se interpreta como la estructura que cuenta con las capacidades mínimas de soportar competentemente las fuerzas ocasionadas por un evento sísmico severo, para ello, su diseño debe proyectar dichas solicitudes en base a la normativa vigente.

Asimismo, la filosofía de diseño sismorresistente, tiene como propósito evitar la muerte de personas, garantizar la persistencia del funcionamiento de los servicios esenciales y aminorar los daños estructurales en las edificaciones. Sin embargo, no es viable otorgar una protección íntegra para todas las edificaciones, frente a todos los sismos. En tal sentido, se consideran algunos principios como: la estructura no tendría que sufrir el colapso ni ser causal de daños severos en las personas; la estructura debe tener la capacidad de tolerar movimientos moderados del suelo; se debe considerar atenciones particulares en el caso de edificaciones esenciales, para garantizar su funcionamiento luego de un evento sísmico, según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 4)

Categorías y usos de edificación, según la Norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 13), son cuatro: edificaciones esenciales (A), incluyen establecimientos de salud del segundo y tercer nivel, según lo estipulado por el MINSA, así como, aquellas edificaciones indispensables para el desempeño de emergencias, mecánicas gubernamentales, o que sean de utilidad para el amparo post desastre; edificaciones importantes (B), referidas a aquellas en donde exista una alta concentración de personas y las utilizadas como almacén valioso para el abastecimiento; edificaciones comunes (C), en esta categoría se consideran las edificaciones ordinarias como viviendas, hoteles, restaurantes, cuya pérdida no genere riesgos mayores. Edificaciones Temporales (D), compila las construcciones provisionales destinadas como casetas, depósitos o semejantes.

Categoría de zona, la norma E.030 establece la subdivisión del Perú en cuatro zonas justificadas por la distribución espacial, características y atenuación de los sismos, incluyendo datos neotectónicos, mostradas en la siguiente figura. (MVCS, 2020, pág. 7)



Figura 2: Mapa de zonas sísmicas del Perú.  
 Fuente: Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 7)

Consecuentemente, a cada zona le corresponde un factor “Z”, el cual representa una porción del valor de la aceleración de la gravedad, asignados en el siguiente orden:

Tabla 4: Factores de zona sísmica.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 8)

Perfiles de suelo, la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 10) establece los perfiles de suelo según las siguientes propiedades: velocidad promedio de las ondas de corte ( $V_s$ ), promedio ponderado de ensayos de penetración estándar ( $N_{60}$ ), y el promedio

ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ), obtenidos en los 30 m. superiores al perfil de suelo, clasificando a los perfiles de suelo como: roca dura ( $S_0$ ), roca o suelos muy rígidos ( $S_1$ ), suelos intermedios ( $S_2$ ), suelos blandos ( $S_3$ ), y de condiciones excepcionales ( $S_4$ ), cuyos valores característicos se indican en la siguiente tabla:

Tabla 5: Clasificación de perfiles de suelo.

Perfil	$V_s$	$N_{60}$	$S_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 KPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 KPa a 100 KPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 KPa a 50 KPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 10)

Comportamiento estructural, es la respuesta del sistema estructural, representada en desplazamientos y deformaciones, frente a la atribución de fuerzas externas actuantes sobre la estructura. El procedimiento para determinar esta respuesta se denomina el análisis estructural, el cual se efectúa teniendo en cuenta que toda la fuerza sísmica ejercida, se aplica en las dos direcciones de manera independiente para las estructuras regulares, a diferencia de las estructuras irregulares, en donde se conjetura que la fuerza sísmica total ejerce en la dirección menos favorable para el diseño. Asimismo, los requerimientos mínimos verticales, se toman en cuenta para diseñar componentes estructurales verticales, horizontales con una luz considerable, voladizos y componentes estructurales post o pre tensados, considerando que la acción sísmica vertical y horizontal, actúan al mismo tiempo sobre los elementos estructurales en la dirección más perjudicial para el análisis. (MVCS, 2020, pág. 20)

Desplazamiento lateral espectral modal, representa la máxima respuesta absoluta de desplazamiento de una estructura ante un evento sísmico, para un periodo natural de vibración determinado. Este se determina por medio del análisis modal, el cual define los modos de vibración de la estructura, produciendo frecuencias

naturales para cada modo, y cada uno de estos tiene un factor de participación modal, que, al ser multiplicado por el desplazamiento lateral espectral, da origen al desplazamiento lateral espectral modal.

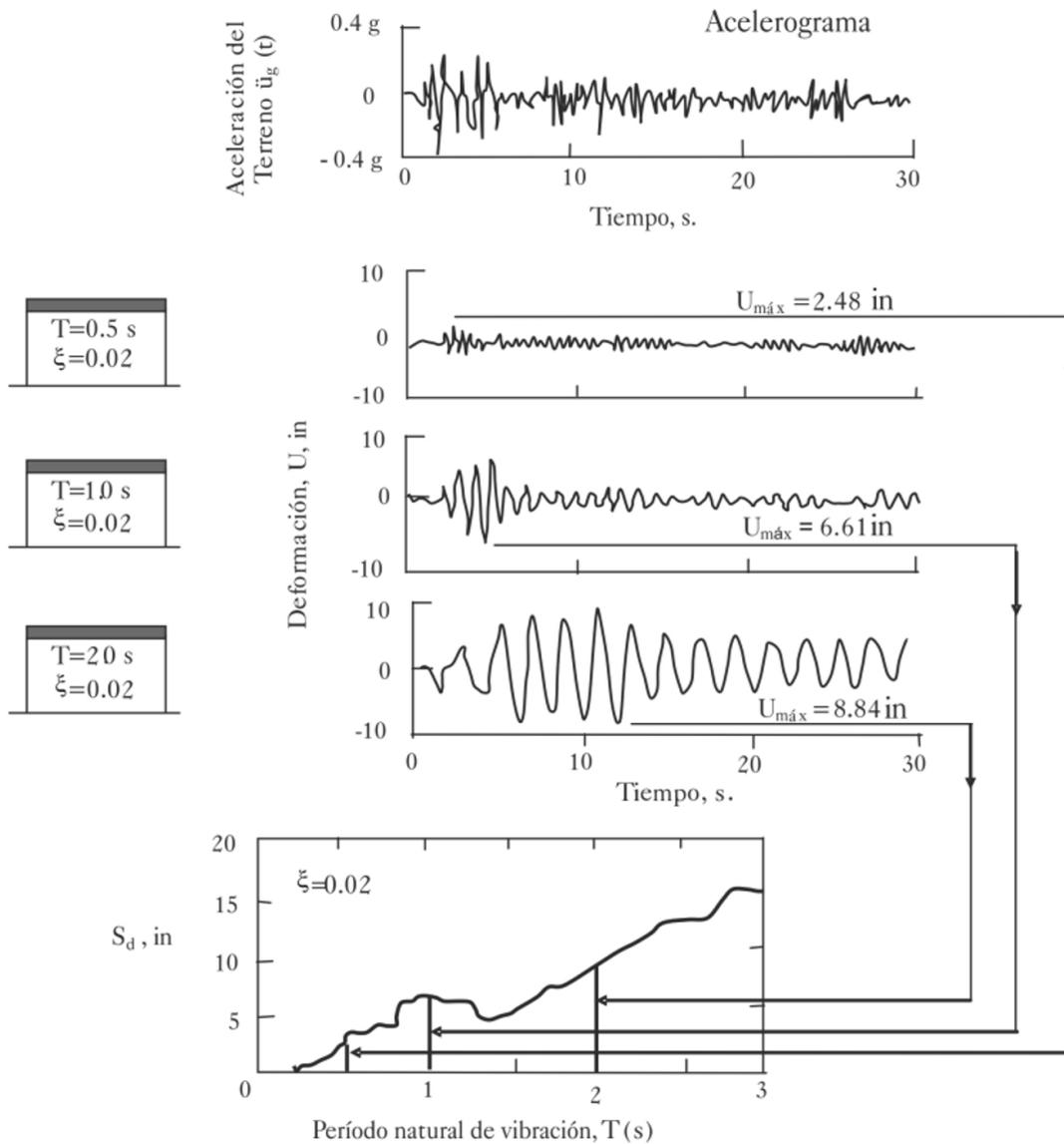


Figura 3: Espectro de desplazamientos.

Fuente: (ROCHEL, 2012, pág. 38)

Desplazamiento lateral, la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 27), implanta los desplazamientos laterales máximos para cada entrepiso de la estructura, según el material predominante, detallado de la siguiente manera:

Tabla 6: Distorsiones de entrepiso admisibles.

Material predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 27).

Peso sísmico, considerado como el peso total de la estructura, determinado mediante el cálculo volumétrico de los elementos estructurales multiplicados por su peso específico, más un porcentaje de las sobrecargas mínimas establecidas por la norma E.020 (MVCS, 2020, pág. 2).

Asimismo, los porcentajes adicionales de sobrecarga a considerar, dependen de la categoría o tipo de la edificación, determinándose de la siguiente manera: 50% para categorías "A" y "B", 25% para categoría "C", 80% para depósitos, 25% en techos, y 100% en estructuras de tipo silos, según la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 20)

Espectro de aceleración, representa gráficamente la acción responsiva máxima de una estructura de un grado de libertad sometida a una actividad sísmica, en base al periodo natural de vibración. Este espectro es empleado para el diseño de estructuras considerando características sismo tectónicas regionales. (ROCHEL, 2012, pág. 37)

Factor de amplificación sísmica, representa la razón de aumento de la aceleración estructural en relación con la aceleración del suelo, para lo cual se deben determinar los parámetros de sitio " $S$ ", " $T_P$ " y " $T_L$ ", establecidos por la norma E.030, en las siguientes tablas:

Tabla 7: Factores de suelo.

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 12)

Tabla 8: Periodos  $T_p$  y  $T_L$

Perfil de suelo				
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p(s)$	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_L(s)$	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 12)

Posteriormente, el valor del factor de amplificación "C", depende del rango en donde se sitúe el periodo fundamental "T", establecido por las siguientes condicionantes: si  $T < T_p \rightarrow C = 2.5$ ; si  $T_p < T < T_L \rightarrow C = 2.5 (T_p/T)$ ; si  $T > T_L \rightarrow C = 2.5 (T_p - T_L/T^2)$ , según la Norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 12)

Periodo fundamental de vibración, se define mediante la ecuación:  $T = h_n/C_T$ , para la cual, los valores de "C<sub>T</sub>" pueden ser 35, 45 o 60, dependiendo de los elementos estructurales rigidizadores de la edificación en la dirección de análisis considerada, según la Norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 22)

Espectro sísmico, representa gráficamente los máximos valores de respuesta dinámica de un sistema de un grado de libertad sometido a un sismo, en función de la frecuencia del mismo.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y Diseño de investigación**

Tipo de investigación: El autor (BORJA, 2016, pág. 10), manifiesta que una investigación aplicada tiene la finalidad de comprender y solucionar una realidad problemática determinada, mediante la aplicación de procedimientos descritos y validados anteriormente.

En ese contexto, la presente investigación será de tipo aplicada, puesto que comprende la utilización de diversos aspectos teóricos y metodologías convencionales pre establecidos regulados por normativas vigentes, con el propósito de determinar el comportamiento estructural de la edificación considerada como materia de estudio.

Diseño de investigación: (BORJA, 2016, pág. 13) indica que la investigación no experimental, no determinan ni demuestran la existencia de una relación causal entre las variables. Adicionalmente, menciona que la clasificación transversal se da cuando se resuelve el objeto de estudio en un determinado momento, prescindiendo de su evolución.

Al respecto, esta investigación será de diseño experimental, puesto que la determinación del comportamiento estructural se hará efectiva a través de procedimientos conocidos. Asimismo, este diseño de la presente investigación se clasifica como transversal, en vista que el comportamiento de la estructura se analiza para un momento determinado.

Nivel de investigación: (BORJA, 2016, pág. 13) manifiesta que la investigación descriptiva es capaz de precisar y detallar las propiedades más relevantes del objeto de estudio determinado.

En referencia con lo anterior, esta investigación será de nivel explicativo, ya que especifican detalladamente las características fundamentales del

comportamiento estructural, como deformaciones, desplazamientos, periodos, entre otros.

Enfoque de investigación: El autor (BORJA, 2016, pág. 11), sostiene que el enfoque cuantitativo comprende la recopilación y análisis de información numérica y análisis estadístico, destinados a la comprobación de las hipótesis planteadas y afianzando las teorías consideradas.

En ese sentido, esta investigación será de enfoque cuantitativo, puesto que se obtendrán resultados del comportamiento estructural de la edificación, expresados en valores numéricos, producto del modelamiento y ensayos considerados, para su posterior análisis comparativo y comprobación de hipótesis propuestas.

### **3.2 Variables y operacionalización**

La variable se establece como un atributo del objeto de estudio, cuyo valor constante o variable puede medirse a través de sus indicadores. Existen dos tipos: independiente, es aquella que ocasiona un efecto; y dependiente, es el efecto originado por la variable independiente. Asimismo, la operacionalización de estas variables, es el procedimiento explicativo de medición de variables, esto implica necesariamente su descomposición en dimensiones e indicadores cuantificables. (BORJA, 2016, pág. 23)

Variable independiente: Metodologías convencionales.

Definición conceptual: Son procedimientos tradicionales que se emplearán para determinar el comportamiento de la estructura en estudio, en términos de sus indicadores establecidos, entre estos tenemos, el método de elementos finitos, el análisis estático no lineal y el diseño sismorresistente. (MVCS, 2020, pág. 25)

Definición operacional: El conjunto de estos procedimientos son necesarios para determinar el comportamiento estructural de la edificación, y son cuantificables a través de los indicadores establecidos en esta investigación, dentro de lo estipulado por la norma E.030.

Dimensiones: Método de elementos finitos, análisis estático no lineal, diseño sismorresistente.

Indicadores: Esfuerzos laterales, deformaciones, carga de compresión, cortante basal, aceleración espectral, periodo fundamental, categoría de uso, categoría de zona, perfiles de suelo.

Escala de medición: Razón.

Variable dependiente: Comportamiento estructural.

Definición conceptual: Es la respuesta que manifestará el sistema estructural, expresada en valores numéricos que representan a los desplazamientos y deformaciones, como consecuencia de fuerzas externas. Dicha respuesta debe ser sísmicamente óptima, para evitar la pérdida de vidas humanas y reducir los daños estructurales. (MVCS, 2020, pág. 9)

Definición operacional: Este comportamiento se determinará mediante el análisis estructural implantado por la norma E.030, la cual considera que la totalidad de las fuerzas de sismo actúan en dos direcciones. Se tomarán los valores máximos relacionados con los indicadores establecidos para cada dimensión, con el objeto de definir el comportamiento estructural de la edificación, materia de estudio.

Dimensiones: Desplazamiento lateral espectral modal, esfuerzo modal espectral, espectro de aceleración.

Indicadores: Desplazamiento lateral, deformaciones, frecuencias, fuerzas horizontales, tensión, peso sísmico, periodo fundamental de vibración, factor de amplificación, espectro sísmico.

Escala de medición: Razón

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población**

Es el conjunto de elementos de características similares, considerados como motivo de estudio, según el autor (BORJA, 2016, pág. 30).

En ese sentido, la presente investigación contempla una población definida por 31 monumentos históricos situados en la zona delimitada por los jirones Amazonas, Huánuco, Junín y la Av. Abancay en el centro histórico de Lima.

Criterio de inclusión:

Esta investigación, considerará a todos los monumentos históricos cuyo sistema estructural se componga de muros portantes de adobe, entrepisos de madera, de 2 niveles como máximo y una antigüedad mínima de 100 años.

Criterio de exclusión:

Esta investigación, no contempla dentro de su población a las edificaciones compuestas por infraestructura moderna.

#### **3.3.2 Muestra**

Considerada como una porción representativa de la población, utilizada como objeto de estudio y cuyos valores obtenidos puedan englobar a toda la población, según (BORJA, 2016, pág. 31).

En ese marco, esta investigación considerará como muestra, al monumento histórico O.F.S., localizado en Av. Abancay 137, en el centro histórico de Lima.

#### **3.3.3 Muestreo**

El procedimiento de muestreo se realiza con el objetivo de extraer la muestra representativa, puede ser probabilístico, en donde toda la población cuenta con la misma probabilidad de conformar una muestra, y el no probabilístico,

establece que la extracción de la muestra se realiza a criterio del investigador. (BORJA, 2016, pág. 32).

En tal sentido, para esta investigación se tendrá en cuenta un muestreo no probabilístico, ya que la muestra se determinará por conveniencia del investigador y de manera intencional.

#### **3.3.4 Unidad de análisis**

Monumento histórico con una tipología estructural compuesta principalmente por muros portantes de adobe.

### **3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.**

#### **Técnicas de investigación**

Son los métodos utilizados para la recopilación de datos de campo, esto implica los siguientes aspectos: selección de instrumento, aplicación del instrumento sobre la muestra, análisis de los datos recolectados. Estas técnicas pueden ser: la observación, la entrevista, pruebas estándar y encuesta. (BORJA, 2016, pág. 33).

En tal sentido, esta investigación contemplará la técnica de la observación directa, puesto que, el mismo investigador es quien realizará la recopilación de datos, seguimiento y control de procedimientos.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Son herramientas que detallan la información recopilada con exactitud. En esta investigación, los instrumentos que se utilizarán, serán las fichas de registro dentro del marco de las normativas: E.010 Madera, E.020 Cargas, E.030 Diseño sismorresistente, E.050 suelos y cimentaciones, E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

## **Validez**

En este aspecto, se afianzará la validez de los resultados alcanzados en esta investigación, por medio de la valoración de tres (3) ingenieros de amplio expertiz.

## **Confiabilidad**

La confiabilidad de la presente investigación, estará justificada por la ejecución por expertos en los ensayos de laboratorio, certificación de calibración de equipos utilizados y comprobante por servicios de ensayos emitidos por el laboratorio correspondiente.

### **3.5 Procedimiento**

El procedimiento considerado para la presente investigación, contempla cuatro aspectos generales, descritos a continuación:

Recopilación de datos de campo, se realizará el reconocimiento interior y exterior de la edificación, mediante una inspección in situ, con el propósito de determinar los materiales que componen la estructura; detallar los daños estructurales presentes en la misma, como fisuras y grietas en los muros, piezas faltantes, desprendimiento de revoques, desplazamiento horizontal de muros, asentamientos de elementos estructurales, deformaciones, uso de materiales incompatibles, presencia de humedad en muros o pisos debido a la falta de mantenimiento o por instalaciones sanitarias precarias, entre otras patologías. También se registrarán las alteraciones del diseño estructural, debido al cambio de uso de los ambientes para los que fueron destinados, los cuales reducen la capacidad de los muros portantes, mientras que la incorporación de tabiquería nueva aumenta la carga sobre los techos de madera, generando deformaciones o incluso el colapso de la estructura.

Asimismo, dentro de este aspecto, se considera la ejecución de los ensayos de laboratorio necesarios para precisar las propiedades mecánicas del suelo y materiales de la estructura, como:

- Ensayo de análisis granulométrico, según NTP 339.128
- Clasificación de suelos (SUCS), según NTP 339.134
- Ensayo de Límite Líquido y Límite plástico, según NTP339.131
- Ensayo de resistencia a la compresión de adobe, según E.080.

Relevamiento planimétrico, en este punto se realizará el relevamiento arquitectónico del inmueble, incluyendo el reconocimiento de los elementos estructurales del monumento histórico, detallando su distribución y dimensiones, tanto en planta como en cortes y elevaciones, con el objetivo de obtener la planimetría completa de la edificación en formato digital compatible con el software de modelamiento.

Asimismo, la información que se obtendrá mediante el levantamiento de campo, será contrastada con los planos existentes en los registros históricos del inmueble, con la finalidad de tener un registro completo del diseño original preservar su estructura.

Modelado estructural, consiste llevar a cabo el análisis estructural de la edificación, considerando los insumos obtenidos en los procedimientos previos, para ser sometidos a un modelamiento estructural mediante el método de elementos finitos utilizando el software ETABS, con el objetivo de determinar los valores de los indicadores más importantes, que describen el comportamiento de la estructura del monumento histórico O.F.S.

Cabe indicar que, dicho análisis se ejecutará en el marco de las siguientes normativas: E.010 Madera, E.020 Cargas, E.030 Diseño sismorresistente, E.050 Suelos y cimentaciones, E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

Asimismo, el procedimiento que se llevará a cabo para el modelado de la estructura en ETABS, comprenderá los siguientes aspectos:

## Paso 1: Grid and Story.

En primer lugar, se deben ingresar los datos solicitados por el software referentes a las grillas (Grid), la cual formará los ejes de la estructura sobre el plano XY. Estos pueden ser o no paralelos y conformarán la distribución planimétrica de los elementos estructurales que componen la edificación. Asimismo, se deben ingresar las alturas de cada nivel (Story), definiendo así, las grillas en todos los niveles automáticamente.

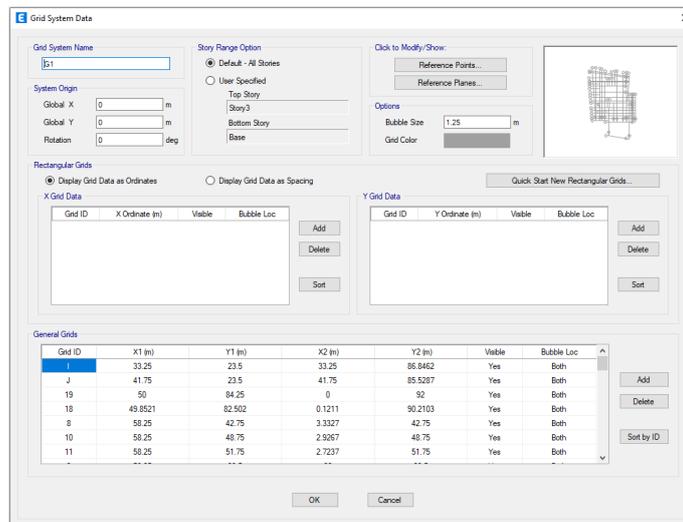


Figura 4: Modelado - Grid system data. Fuente: Propia.

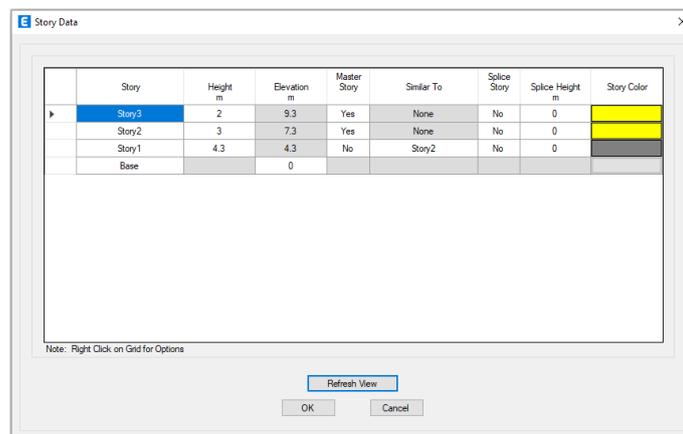


Figura 5: Modelado - Story data. Fuente: Propia.

## Paso 2: Material properties.

En segundo lugar, se definen las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la estructura, asignando un nombre para cada uno y especificando aspectos como: tipo de material, simetría direccional, peso unitario, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, entre otros puntos según el tipo del material.

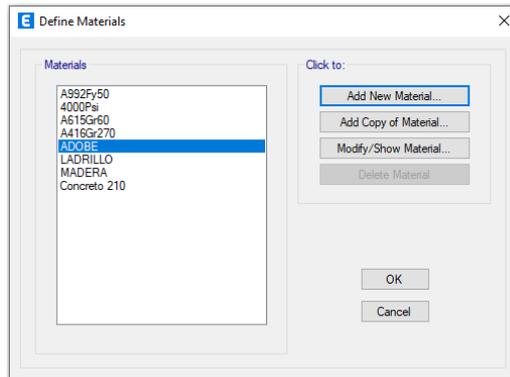


Figura 6: Modelado – Define materials. Fuente: Propia.

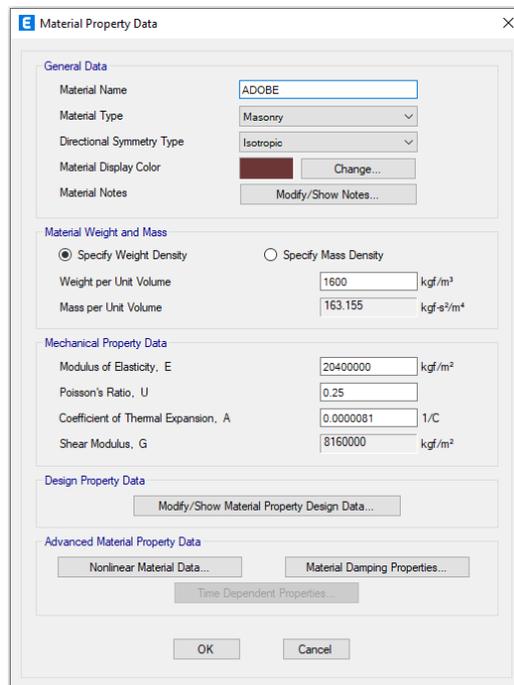


Figura 7: Modelado – Material property data. Fuente: Propia.

### Paso 3: Section properties.

En tercer lugar, se define la geometría de los elementos estructurales, pudiendo ser elementos de tipo frames (columnas y vigas), slab (entrepiso), walls (muros), entre otros elementos, asignando un nombre para cada uno y especificando aspectos como: material (pre establecido en el paso 2), dimensiones de sección, entre otros puntos según el tipo de elemento.

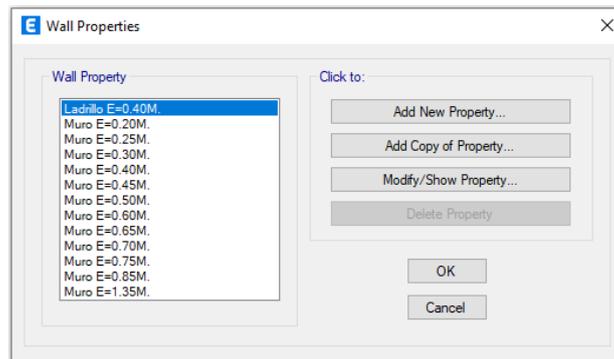


Figura 8: Modelado – Wall properties. Fuente: Propia.

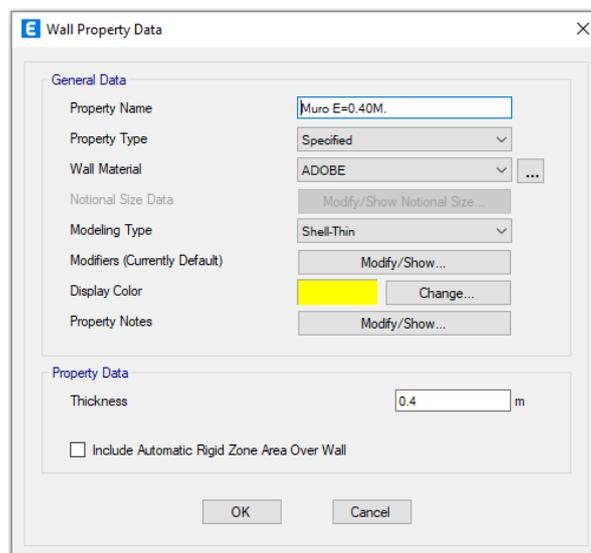


Figura 9: Modelado – Wall property data. Fuente: Propia.

#### Paso 4: Mass source.

En cuarto lugar, se define el peso de la edificación a considerar en el diseño, asignando un nombre de masa requerido por el software, y especificando los coeficientes de carga muerta y viva según lo especificado en el artículo N°26 de la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 25)

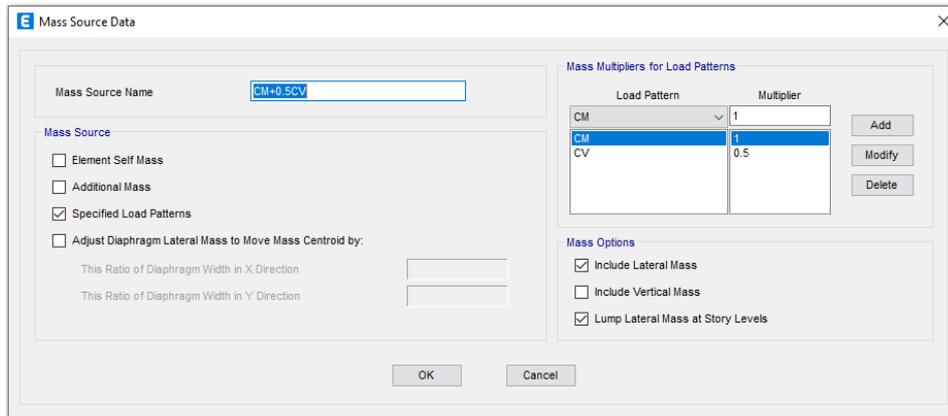


Figura 10: Modelado - Mass source data. Fuente: Propia.

#### Paso 5: Load patterns.

En quinto lugar, se definen los patrones de carga, especificando un nombre para cada uno, tipo de carga (Dead, live, seismic), un coeficiente multiplicador o coeficiente de carga sísmica lateral. Estos aspectos deben estar en el marco de la norma E.030.

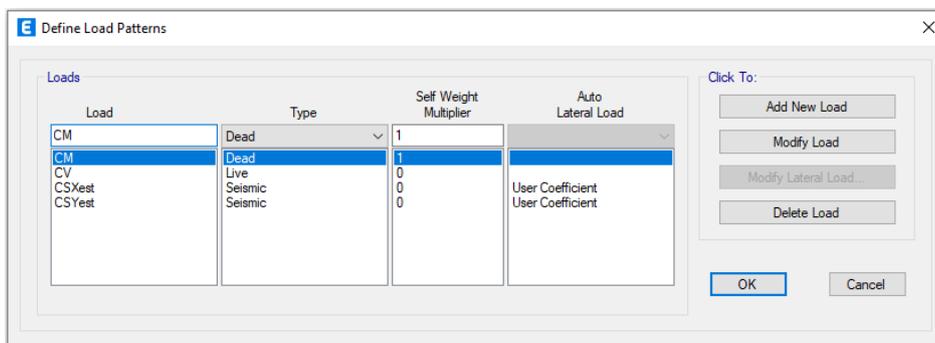


Figura 11: Modelado - Define load patterns. Fuente: Propia.

### Paso 6: Response spectrum.

En sexto lugar, se definen los espectros de aceleraciones de la edificación para ambos sentidos (X e Y), asignando un nombre para cada espectro y especificando valores de periodo y aceleración, según lo establecido en el artículo N°29.2 de la norma E.030. (MVCS, 2020, pág. 28)

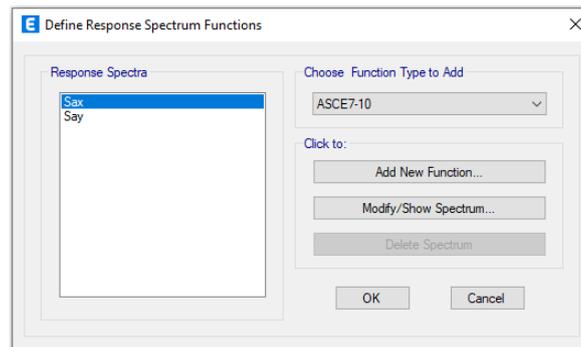


Figura 12: Modelado - Define response spectrum functions. Fuente: Propia.

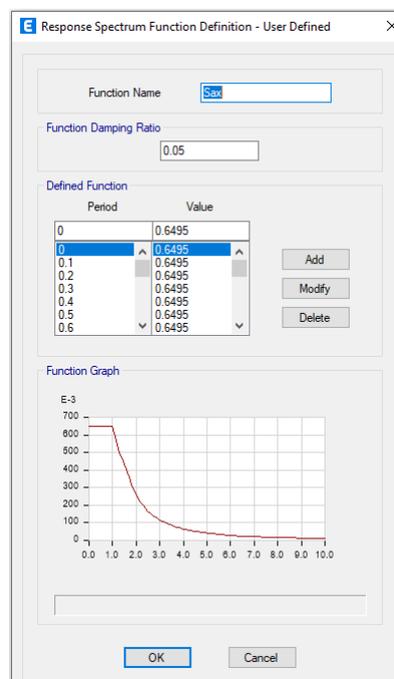


Figura 13: Modelado - Response spectrum function definition. Fuente: Propia.

### Paso 7: Load cases.

En séptimo lugar, se definen los casos de carga según los patrones establecidos en el paso 4 y 5, asignando un nombre, tipo de carga y factor de escala.

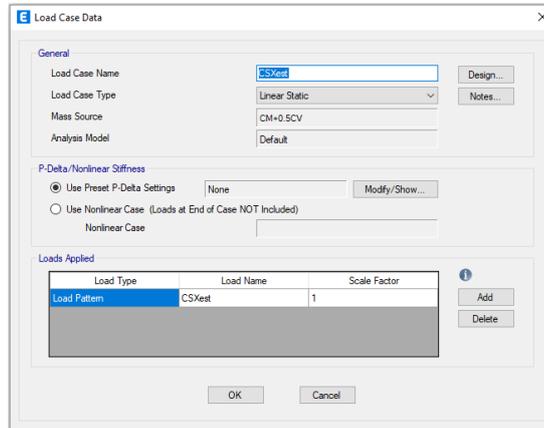


Figura 14: Modelado – Load case data. Fuente: Propia.

### Paso 8: Load combinations.

En octavo lugar, se definen las combinaciones de carga, asignando un nombre para cada una, tipo de combinación, carga a considerar y factor de escala. Cabe indicar que, las combinaciones de carga deben establecerse según lo indicado por la noma E.060. (MVCS, 2020, pág. 65)

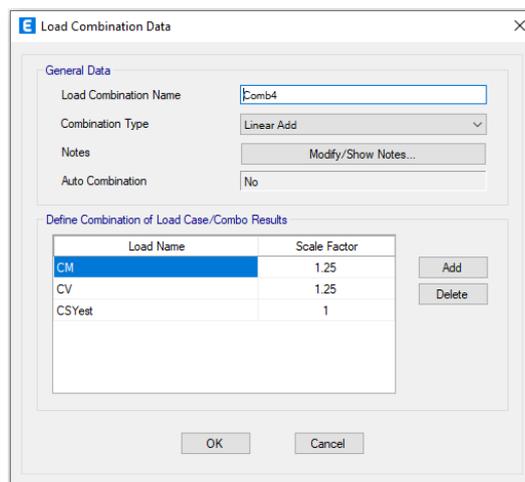


Figura 15: Modelado – Load combination data. Fuente: Propia.

### Paso 9: Draw.

En noveno lugar, y completados los pasos anteriores, se modela la estructura de la edificación, utilizando las herramientas de dibujo que proporciona el software, en sus apartados de dibujo como: Design, draw, edit, select, snap, standard, entre otros que se consideren necesarios para definir la estructura tridimensionalmente.

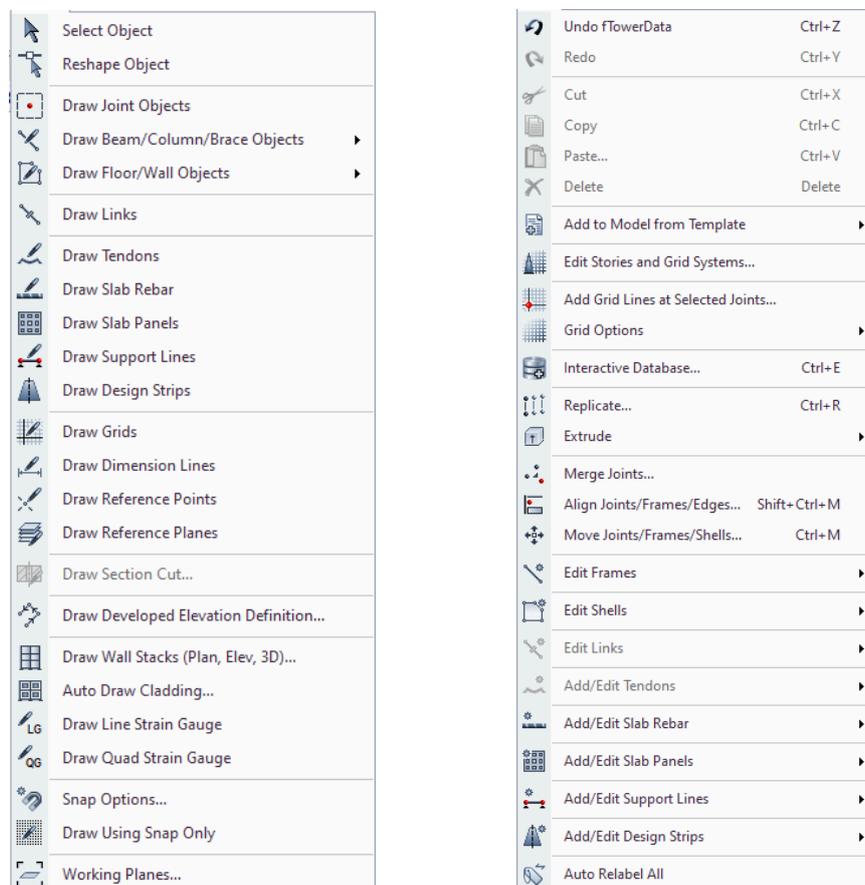


Figura 16: Modelado – Drawing and editing tools. Fuente: Propia.

### Paso 10: Joint restraints.

En décimo lugar, se debe asignar el tipo de restricción en los apoyos de la base de la estructura, seleccionándolos desde el plano inferior o plano base.

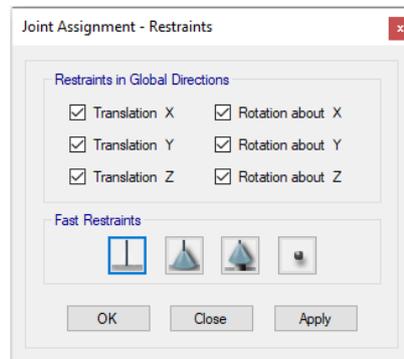


Figura 17: Modelado – Joint assignment restraints. Fuente: Propia.

### Paso 11: Shell loads.

En décimo primer lugar, se asignan las cargas y sobrecargas en los elementos según diseño y normativa E.020 (MVCS, 2020, pág. 12), definiendo aspectos como: patrón de carga, cantidad y dirección.

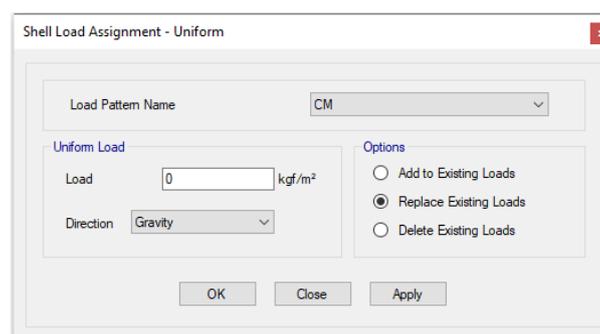


Figura 18: Modelado – Shell loads assignment. Fuente: Propia.

### Paso 12: Labels.

En décimo segundo lugar, se asignan las etiquetas en los elementos tipo Shell (muros) para la lectura de resultados, especificando un nombre único para cada elemento vertical (Pier label) u horizontal (Spandrel label).

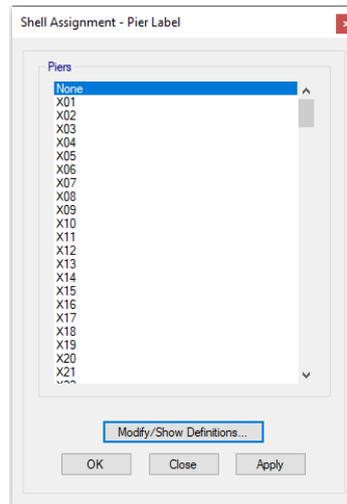


Figura 19: Modelado – Shell assignment pier label. Fuente: Propia.

### Paso 13: Auto Mesh.

En décimo tercer lugar, se define la malla de elementos finitos, seleccionando todos los elementos de la estructura (frame, wall, slab), y especificando valores de separación de verticales y horizontales que conformarán la malla, o asignando un valor máximo de separación si se trata de un mallado automático.

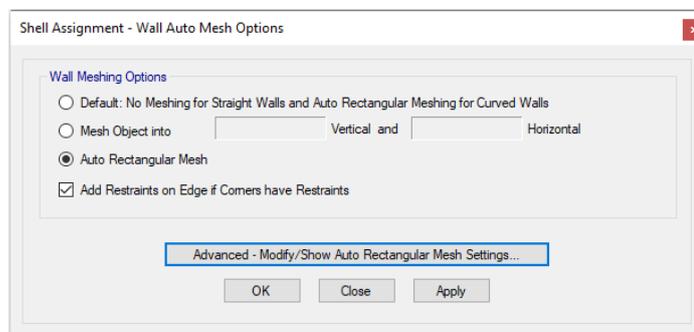


Figura 20: Modelado – Wall auto mesh options. Fuente: Propia.

#### **Paso 14: Check model.**

En décimo cuarto lugar, se realiza la verificación de la estructura modelada, el cual detecta posibles anomalías en el procedimiento realizado, con el propósito de ser corregidos previo al análisis final. Cabe indicar que, esta comprobación abarca todos los aspectos utilizados en el modelamiento.

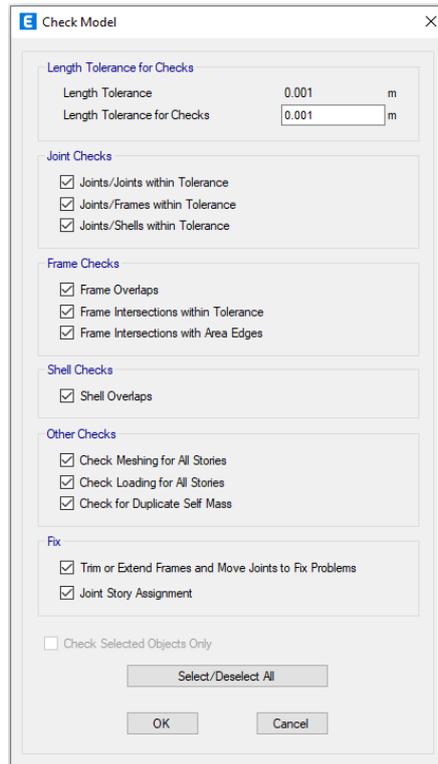


Figura 21: Modelado – Check model. Fuente: Propia.

#### **Paso 15: Run analysis.**

En décimo quinto lugar, y comprobado el modelo, se realiza el análisis final del modelado para la obtención e interpretación de resultados, en sus distintos casos de carga, ya sea por análisis estático o dinámico.

En ese sentido, el procedimiento del modelamiento de la estructura, se sintetiza en el siguiente flujograma:

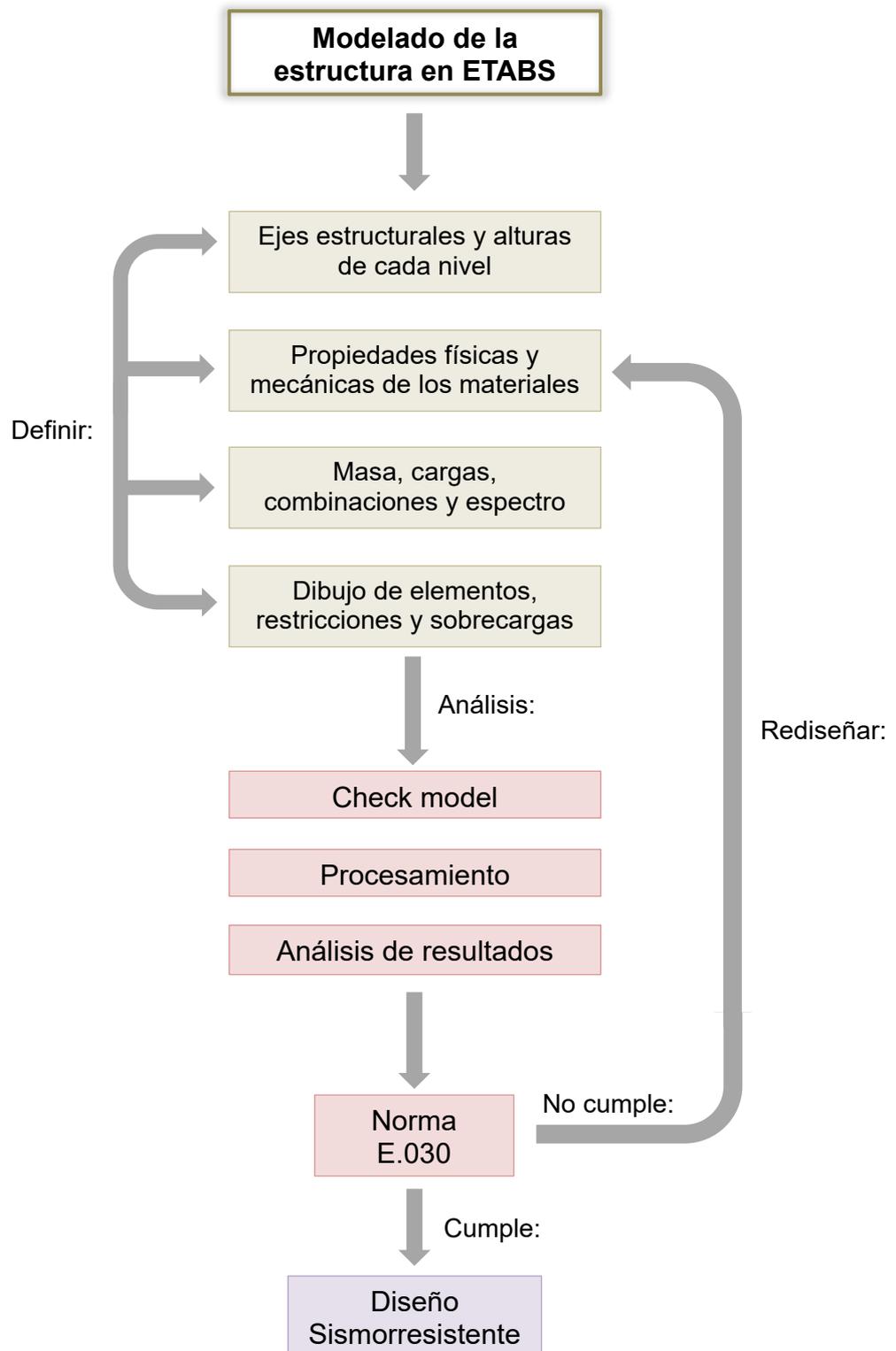


Figura 22: Flujograma del modelado en ETABS.

Fuente: Propia.

Por otro lado, el análisis por cargas sísmicas se realizará en dos fases, mostradas en el siguiente flujograma:

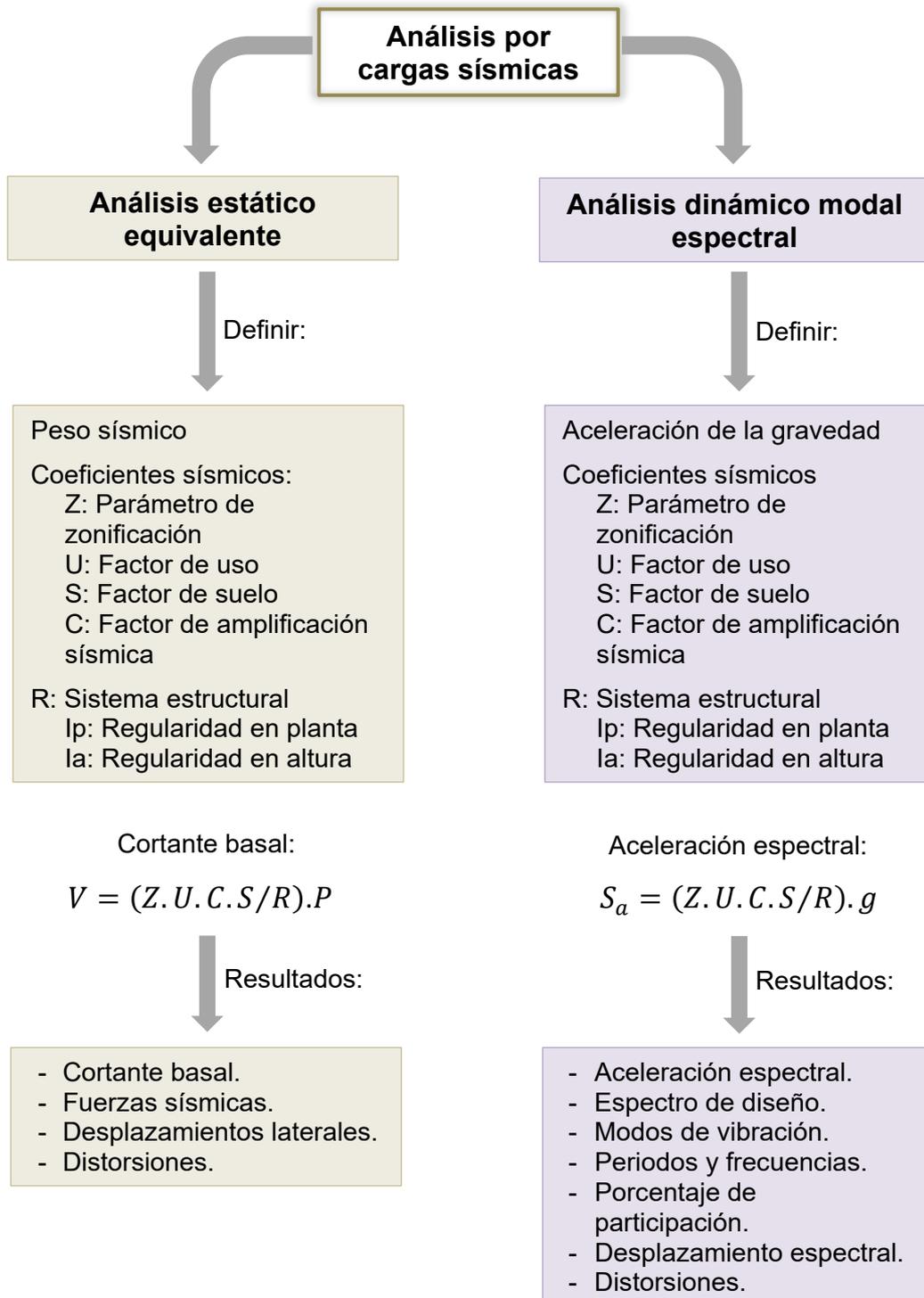


Figura 23: Flujograma del análisis por cargas sísmicas.

Fuente: Propia.

Como resultado del modelamiento, se obtendrá la cuantificación de los indicadores establecidos para esta investigación, como son: esfuerzos laterales (ton/m<sup>2</sup>), aceleración espectral (m/s<sup>2</sup>), periodo fundamental (s), desplazamiento lateral (m), deformaciones (m/m), frecuencias (Hz), fuerzas horizontales (ton-f), peso sísmico (ton), espectro sísmico (m/s<sup>2</sup>), entre otros.

Propuesta de reforzamiento, finalmente se plantearán propuestas para el reforzamiento estructural del monumento histórico O.F.S., con la finalidad de mejorar su comportamiento sísmico dentro de lo estipulado por la normativa.

Asimismo, toda intervención a realizarse dentro de un monumento histórico en Perú, debe considerar criterios normativos sobre la conservación de monumentos y patrimonio arquitectónico, instaurados en las normas:

Ley N°28296: Ley general del Patrimonio Cultural de la Nación.

Decreta el marco legal para la protección, conservación, investigación, difusión y puesta en valor del patrimonio cultural del Perú.

Ley N°28296: Ley de prevención y control del tráfico ilícito de bienes culturales.

Establece la creación de un registro para realizar la identificación, registro, protección, conservación y difusión de bienes culturales; asimismo fomenta la cooperación internacional para la prevención y control del tráfico ilícito de los mismos.

D.S. N°003-2014/MC: Reglamento de investigaciones arqueológicas.

Con la finalidad de proteger y conservar el patrimonio cultural, se decreta normativa y procedimientos para la elaboración de investigaciones arqueológicas en el Perú.

D.S. N°011-2006-ED: Reglamento de organización y fundaciones del INC.

Se establece la organización y funciones del INC, de igual forma se establecen fondos para el financiamiento de las actividades a realizar del INC

y se crea una entidad sin fines de lucro encargada de promover y gestionar los proyectos culturales.

R.D.N. N°1405/INC-2004:

En esta resolución se promulga la normativa técnica para la elaboración de expedientes, proyectos de conservación y autorización de intervenciones; asimismo se insta la capacitación de profesionales en restauración y conservación de monumentos y bienes muebles del patrimonio cultural.

Ley N°28296: Ley que establece al INC como responsable de proteger y conservar los bienes culturales inmuebles, por lo cual se disponen medidas de protección para garantizar que se respeten las características y valores de los bienes afectados.

### **3.6 Método de análisis de datos**

En esta investigación, se considera el empleo de softwares como Microsoft Office, AutoCAD 2023 y ETABS 20.0.0, tanto para la recolección de datos, relevamiento planimétrico de la edificación y modelado de la estructura respectivamente. Asimismo, la investigación contempla un análisis estadístico que valide los resultados obtenidos en el proceso, mediante el software IBM SPSS Statistics.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación se realizará con total honestidad y transparencia, apartando la manipulación intencional de resultados, acreditando las fuentes citadas en todo momento y utilizando responsablemente los recursos. Asimismo, los beneficios de esta investigación superan los maleficios, ya que, al determinar el comportamiento estructural de una edificación tan antigua, se pueden anticipar posibles fallas o derrumbes, evitando la pérdida de vidas humanas. Finalmente, se hace efectivo el cumplimiento de las normativas correspondientes, para cada procedimiento contemplado en esta investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio:

- **Nombre del proyecto:**

“Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023”.

- **Ubicación política:**

La presente investigación se desarrolló en la avenida Abancay N°137, en el centro histórico de Lima, distrito de Cercado de Lima, provincia y departamento de Lima.

- **Límites distritales:**

Norte : San Martín de Porres - El Rímac.

Sur : Breña - Jesús María.

Este : La Victoria - El Agustino.

Oeste : Pueblo Libre.

- **Límites departamentales:**

Norte : Ancash – Huánuco.

Sur : Ica – Huancavelica.

Este : Pasco – Junín – Huancavelica.

Oeste : Océano Pacífico.

- **Ubicación geográfica:**

Latitud Sur : 10°16'18" y 13°19'16"

Longitud Oeste : 75°30'18" y 77°53'02"

- **Clima:**

Temperatura máx. : 19°C - zona sur y hasta los 31°C - zona norte.

Temperatura mín. : 3°C - zona sur y 21°C - zona norte.

Precipitación anual : 0mm - litoral y 700mm - costa norte.



Figura 24: Ubicación política del proyecto.  
Fuente: Propia

- **Datos de la ciudad:**

Fundación: 06 de enero de 1857

Superficie: 21,98 km<sup>2</sup>.

Población: 268,352 hab.

Densidad: 12,208.91 hab./km<sup>2</sup>

## 4.2. Descripción de la edificación:

El monumento ubicado en la avenida Abancay 137 del centro histórico de Lima, fue construido en 1738, años más tarde fue destruido por el terremoto de 1746, con una magnitud estimada de 8.8, siendo el mayor evento sísmico ocurrido en la costa central peruana (IGP, 2019). Posteriormente, el monumento fue reedificado en el año 1803 por el presbítero Matías Maestro, y finalmente, fue separado del Convento de San Francisco como consecuencia de la construcción de la avenida Abancay en 1953, conformándose así, sobre una superficie de 3,985.53 m<sup>2</sup>., la cual cuenta con un área construida que alcanza los 2,804.37 m<sup>2</sup>. (UNI, 1993)

Los componentes estructurales de este inmueble se conforman por cimientos de piedra, muros portantes de adobe y techos de madera. Asimismo, la distribución arquitectónica se constituye de la siguiente manera: en el ingreso, encontramos un atrio de gran amplitud, espacio libre separado de la vía pública por un cerco perimétrico compuesto por muros bajos y rejas en la parte alta, alcanzando los 2.70m. de altura total, muros de adobe de 8.00m. altura y 0.40m. de espesor, que lo delimitan de las edificaciones colindantes por los costados y un piso con cota de +0.90m., respecto de la calle, conformado por ladrillos artesanales con islas y bordes de canto rodado que marcan 26 jardineras.

Al atravesar el atrio, llegamos a la fachada principal, compuesta por un muro de adobe de 8.00m. de altura y 0.80m. de espesor, con portones de madera que generan el ingreso a la capilla de San Francisco Solano, amplio espacio con un piso de ladrillo artesanal de cota de +0.30m. respecto del atrio, compuesto por tres naves que alcanzan los 7.50m. de altura libre, separados por arcos que reposan en ocho columnas de 0.65m. x 0.65m. conformadas por adobe y distribuidas en dos filas simétricas de 4 cada una.

Cabe indicar que, la capilla de San Francisco Solano cumple la función de vestíbulo, dando acceso, por las alas laterales, a las oficinas administrativas y

sala capitular, ambientes delimitados por muros portantes de adobe que varían entre los 0.60m. a 0.80m. de espesor, y celdas en el segundo nivel, las cuales se delimitan por tabiques de ladrillo de 0.10m. de espesor con techos de madera y cobertura de barro; mientras que, por el fondo se encuentra el ingreso a la capilla general seguida de la sacristía, ambas se constituyen por muros portantes de adobe que varían entre 0.45m. a 1.40m. de espesor y una altura de hasta 6.00m. con techos curvos, compuestos por entablado de madera y cubierta de barro.

De igual manera, a través del vestíbulo, por el lado derecho, también se puede ingresar al claustro de la penitenciaría, espacio libre rodeado por pequeñas celdas compuestas por muros portantes de adobe que varían entre 0.45m. a 0.65m. de espesor con techos de madera, seguido de la capilla de la penitenciaría con 6.50m. de altura libre, muros de adobe y techo curvo de madera con cubierta de barro, cuya extensión termina en un pequeño traspatio; mientras que, por el lado izquierdo del vestíbulo, una cámara marca el acceso al claustro principal, un gran espacio libre con áreas verdes marcadas por veredas de ladrillo artesanal y sardineles de concreto, rodeadas por 24 columnas de madera de 0.25m. de diámetro y 2.50m. de altura, conectadas por arcos de adobe que soportan un techo continuo de madera en sus cuatro lados.

Asimismo, el claustro principal conecta una serie de ambientes, entre celdas, galerías y un refectorio, todos compuestos por muros portantes de adobe cuyo espesor varía entre 0.45m. a 0.85m. y techos de madera a 4.50m. de altura, mediante dos corredores paralelos de 2.00m. de ancho promedio, cuya extensión termina en los límites del terreno.

En tal sentido, los ambientes anteriormente descritos, se constituyen según el siguiente esquema de sectorización:



**Leyenda:**

- |                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Atrio.                           | 4. Claustro de la penitenciaría. |
| 2. Capilla de San Francisco Solano. | 5. Capilla de la penitenciaría.  |
| 3. Capilla general.                 | 6. Claustro principal.           |
|                                     | 7. Refectorio.                   |

Figura 25: Plano de sectorización del inmueble.

Fuente: (UNI, 1993)

### 4.3. Resultados de la recopilación de datos

#### 4.3.1. Inspección del inmueble:

El registro de daños del monumento en estudio, se realizó in situ, según la sectorización preestablecida en la figura 6.

##### Atrio:



Figuras 26 y 27: Grietas en muros y sardineles. Fuente: Propia.

En las figuras 26 y 27, se aprecian las grietas encontradas en la fachada, muros perimetrales y en los muros bajos que conforman la plataforma del atrio.

##### Capilla de San Francisco Solano:



Figuras 28 y 29: Fisuras y grietas en muros. Fuente: Propia.

Las figuras 28 y 29, muestran fisuras y grietas verticales en las intersecciones de los muros en dos direcciones, producido por fuerzas sísmicas.

### Capilla general:



Figuras 30 y 31: Fisuras y grietas verticales en muros. Fuente: Propia.

Las figuras 30 y 31, muestran la existencia de fisuras y grietas verticales y diagonales que se extienden en toda la altura de los muros portantes, producto de posibles asentamientos del suelo.



Figura 32: Fisuras y grietas horizontales en muros. Fuente: Propia.

Asimismo, la figura 32, muestra la presencia de grietas horizontales, como consecuencia de un desplazamiento mayor en la parte alta de los muros, debido a las fuerzas sísmicas perpendiculares a este. Cabe indicar que, los muros de la sacristía presentan el mismo problema.

### **Claustro de la penitenciaría:**



Figuras 33 y 34: Asentamiento del suelo. Fuente: Propia.

Las figuras 33 y 34, muestran los pisos del claustro y celdas afectados por la presencia de humedad, provocando asentamientos del suelo en este sector.



Figuras 35 y 36: Degradación de muros. Fuente: Propia.

Des mismo modo, las figuras 35 y 36, muestran la degradación de los muros portantes de adobe en las celdas que rodean el claustro, debilitando la capacidad portante de estos, debido a la alta concentración de humedad en este sector, generando un riesgo de colapso.

### Capilla de la penitenciaría:



Figuras 37 y 38: Desprendimiento de pisos y grietas en muros.

Fuente: Propia.

La figura 37, muestra el desprendimiento de los pisos de la capilla, debido a la presencia de humedad, también se encontraron fisuras en sus muros. Por otro lado, la figura 38, muestra grandes grietas en el muro al final del traspatio.



Figura 39: Pérdida parcial de cobertura. Fuente: Propia.

La figura 39, muestra el mal estado en el que se encuentra la cobertura sobre el techo de la capilla, generando la exposición del refuerzo y deterioro del entablado.

### **Claustro principal:**



Figuras 40 y 41: Pérdida parcial de base de muros. Fuente: Propia

En la figura 40 y 41, se observa que los muros portantes de adobe, sufren pérdidas parciales y desprendimientos en la base, como consecuencia del deterioro del material por exposición y humedad.



Figura 42: Degradación de muros. Fuente: Propia.

En la figura 42, se muestra la degradación progresiva de los muros portantes de adobe, producto de la ascensión capilar del agua. Esto se debe a la altura insuficiente del sobrecimiento, reduciendo la rigidez de estos elementos y volviéndolos frágiles frente posibles fuerzas sísmicas. Patología recurrente en todos los ambientes de este sector.



Figuras 43 y 44: Falta de arriostramiento de muros portantes. Fuente: Propia

En la figura 43 y 44, se observa que los muros portantes en dos direcciones no constituyen un adecuado arriostramiento en sus intersecciones, disminuyendo la estabilidad de la estructura frente a posibles fuerzas horizontales.



Figuras 45 y 46: Grietas verticales y pérdida de muros. Fuente: Propia.

En las figuras 45 y 46, se observa que los muros del corredor, son afectados por fisuras y grietas verticales, consecuencia del asentamiento del terreno por humedad o sobrecargas mayores a su capacidad de diseño.



Figuras 47 y 48: Pérdida parcial de muros. Fuente: Propia.

Asimismo, en las figuras 47 y 48, se aprecian los muros del corredor con daños menores, como la pérdida parcial de adobe en las bases y el desprendimiento de revoco. Ambos casos evidencian la constante presencia de humedad en dicho sector.



Figuras 49 y 50: Asentamiento del suelo y colapso de muros. Fuente: Propia.

En la figura 49, se observa el asentamiento del terreno, evidenciado por la separación creada entre suelo y el piso terminado. Mientras que, en la figura 50, se aprecia el colapso parcial de muros de adobe, como consecuencia de fuerzas sísmicas en sentido perpendicular al muro.



Figuras 51 y 52: Erosión de muros por humedad. Fuente: Propia.

En las figuras 51 y 52, en los ambientes al norte del claustro, se puede apreciar la pérdida parcial del muro de adobe, como consecuencia de la erosión ocasionada por la concentración de humedad y la incompatibilidad del material utilizado como revestimiento.



Figuras 53 y 54: Grietas en muros y colapso de techo. Fuente: Propia.

En la figura 53, se constata la presencia de grietas verticales en los muros, producto del asentamiento del suelo, mientras que, en la figura 54, se evidencia el colapso total del techo, ocasionado por la degradación de la madera. También se observa la degradación por humedad en la base de los muros.



Figuras 55 y 56: Erosión de muros por humedad. Fuente: Propia.

En las figuras 55 y 56, se observa que los muros de los pasadizos que encierran el refectorio, son afectados por la presencia de humedad y el material incompatible del revestimiento, debilitando los muros de adobe, como consecuencia del mal estado de las instalaciones sanitarias.



Figuras 57: Grietas en muros y colapso de techos. Fuente: Propia.

La figura 57, muestra el mal estado de las celdas al final del pasadizo noroeste, presenciando grietas y degradación en la base de los muros, así como, el colapso total del techo de madera.

## Refectorio:



Figuras 58 y 59: Degradación de muros. Fuente: Propia.

Los muros del refectorio se ven afectados por la presencia de humedad, como se muestran en las figuras 58 y 59. Esto provoca la degradación de los adobes en la base de los muros, como consecuencia de las precarias instalaciones sanitarias que atraviesan este sector.



Figuras 60 y 61: Grietas y colapso de muros. Fuente: Propia.

La figura 60, muestra el tipo de grietas que afectan el ambiente adyacente al refectorio, mientras que, en la figura 61, se evidencia el colapso de muros portantes de adobe y techos de madera de otro ambiente cercano.

Como resultado de esta labor, se obtuvo un registro general de daños estructurales en toda la edificación, mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 9: Patologías registradas.

Componente estructural	Patologías	Sector						
		Atrio	Capilla de San Francisco Solano	Capilla general	Claustro de la penitenciaria	Capilla de la penitenciaria	Claustro principal	Refectorio
Muros de adobe	Fisuras	1	2	1	1	1	3	2
	Grietas	1	2	1	1	1	3	2
	Erosión	-	1		3	-	3	3
	Desprendimiento	-	-	1	3	-	3	2
	Piezas faltantes	-	-	-	-		3	1
	Deformaciones	-	1	-	2	-	3	-
	Asentamiento	-	-	1	2	-	3	-
	Humedad	1	1	-	3	1	3	2
Techos de madera	Degradación	-	1	1	2	1	3	1
	Piezas faltantes	-	-	1	-	-	3	-
	Deformaciones	-	1	-	2	1	3	-
	Colapso parcial o total	-	-	-	-	-	3	1
Escala de medición		1	Leve					
		2	Moderada					
		3	Grave					

Fuente: Propia.

Se concluye que, el sector más afectado es el claustro principal, y ambientes que lo rodean, conformando la totalidad de patologías registradas con una gravedad alta, y representando el 52% del área total construida.

#### **4.3.2. Resultados de ensayos de laboratorio:**

##### **Ensayo de resistencia a la compresión de adobe:**

Según la normativa vigente, esta resistencia se determina a través del ensayo de compresión de 06 muestras del material de tierra en cubos de 10 centímetros de arista. Siendo, el promedio de las 04 mejores muestras, la resistencia última. (MVCS, 2017, pág. 20)

En ese sentido, se determinó el lugar propicio para la toma de muestras, considerando que no debe implicar alguna situación de peligro que ponga en riesgo la estructura de tierra, extrayendo 03 adobes de 20x40x10 cm. en el mejor estado posible, mostrados en las figuras 62 y 63.



Figuras 62 y 63: Muestras del material de tierra. Fuente: Propia.

Posteriormente, las muestras extraídas fueron trasladadas a un laboratorio, para ser preparadas mediante los procesos de cortado y capeado, con la finalidad de obtener 6 cubos de 10 cm. de arista, como se muestran en las figuras 64 y 65.



Figuras 64 y 65: Cortado y capeado de muestras de adobe. Fuente: Propia.

Finalmente, los cubos del material de tierra fueron sometidos al ensayo de resistencia a la compresión de adobe (figuras 66 y 67), cumpliendo así, con las exigencias establecidas por la norma E.080.



Figuras 66 y 67: Ensayo de resistencia a la compresión de adobe.

Fuente: Propia.

Como resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del adobe, se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 10: Especímenes de adobe – Norma E.080.

Identificación de espécimen	Dimensiones			Área neta (cm <sup>2</sup> .)
	Largo (cm.)	Ancho (cm.)	Altura (cm.)	
M-1	10.0	10.0	10.0	100.0
M-2	10.0	10.0	10.0	100.0
M-3	10.0	10.0	10.0	100.0
M-4	10.0	10.0	10.0	100.0
M-5	10.0	10.0	10.0	100.0
M-6	10.0	10.0	10.0	100.0

Fuente: Propia.

Tabla 11: Compresión de cubos de adobe – Norma E.080.

Identificación de espécimen	Carga máx. (kg-f.)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> .)	Promedio
M-1	910.5	9.1	9.0
M-2	924.7	9.2	
M-3	898.4	9.0	
M-4	896.0	9.0	
M-5	932.2	9.3	
M-6	828.6	8.3	

Fuente: Propia.

En la tabla 11, se observan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de seis cubos de adobe de 10cm. de arista, de los cuales, se promediaron las cuatro mejores muestras, alcanzando un valor de 9.0 kg/cm<sup>2</sup>. como resistencia última de compresión. Sin embargo, la norma E.080 (MVCS, 2017, pág. 20) establece una resistencia mínima de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>. para este tipo de ensayo.

En consecuencia, los resultados del ensayo y la constante exposición a la humedad de estos elementos, son indicadores de que los adobes que conforman los muros portantes del monumento, están sufriendo una reducción progresiva en sus propiedades mecánicas.

## Ensayo de clasificación de suelos – SUCS (NTP 339.134):

Para realizar el ensayo de clasificación de suelos, se consideraron los algunos aspectos establecidos por la norma E.050, con la finalidad de definir la cantidad de puntos de exploración.

Respeto al tipo de edificación, la norma indica que existen cuatro tipos según el sistema estructural, la distancia entre apoyos y la cantidad de pisos que la conforme, tales características se consideran de la siguiente manera:

Tabla 12: Tipo de edificación para clasificación de suelos.

Descripción	Dist. mayor entre apoyos (m)	Números de pisos (Inc. sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
Aporticada de acero	< 12	III	III	III	II
Pórticos y/o muros de concreto	<10	III	III	II	I
Muros portantes de albañilería	Cualquiera	II	I	...	...
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	I	...	...	...
Estructuras especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
Tanques elevados		≤ 9m. de altura	> 9m. de altura		
Plantas de tratamiento de agua		II		I	
Inst. sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas			IV		

Fuente: Norma E.050. (MVCS, 2020, pág. 16)

En ese sentido, la edificación en estudio cuenta con un sistema estructural de muros portantes de albañilería, tiene dos pisos y la distancia entre apoyos es menor de 12 m., por lo tanto, se clasificó como una edificación de tipo II.

En cuanto al número de puntos de exploración, la norma establece que esta cantidad depende del área techada del primer piso, metros lineales de instalaciones sanitarias y área de terreno por habilitar, según el tipo de

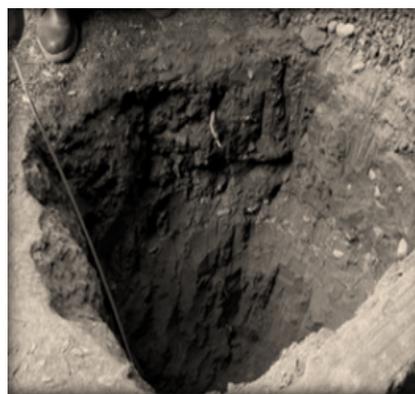
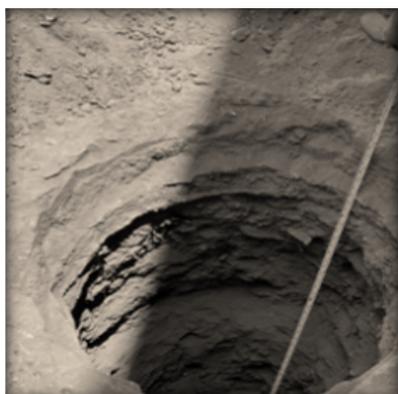
edificación previamente definido. Dichas condiciones se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 13: Número de puntos de exploración.

Tipo de edificación	Número de puntos de exploración (n)
I	Uno por cada 225 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
II	Uno por cada 450 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
III	Uno por cada 900 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
IV	Uno por cada 100 m. de inst. sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	Tres por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: Norma E.050. (MVCS, 2020, pág. 23)

Con este fin, para una edificación clasificada como tipo II, se considera un punto por cada 450.00 m<sup>2</sup>. de área techada del primer nivel. En tal sentido, el área techada calculada es igual a 2330.95 m<sup>2</sup>., por lo tanto, se consideraron 5 puntos de exploración, los cuales tuvieron 1.00 m. de diámetro y 2.00 m. de profundidad. Las cuales se muestran a continuación:



Figuras 68 y 69: Puntos de exploración N°1 y N°2. Fuente: Propia.



Figuras 70 y 71: Puntos de exploración N°3 y N°4. Fuente: Propia.



Figura 72: Punto de exploración N°5. Fuente: Propia.

Una vez terminadas las excavaciones, se tomó una muestra de suelo por cada punto de exploración, cada una conformada por 30 kg. del material existente en el fondo de las calicatas. Posteriormente, las 5 muestras fueron trasladadas a un laboratorio para realizar el ensayo de clasificación de suelos, determinando su granulometría, humedad y límites de consistencia.

Los resultados de los ensayos de clasificación de suelos (SUCS) de las cinco muestras, se detallan a continuación:

Tabla 14: Clasificación de suelos SUCS – ASTM D2487.

Muestra	Descripción	% retenido			I.P.	Clasificación SUCS
		Gravas	Arenas	Finos		
C-1	Arena arcillosa	6.4%	45.5%	48.1%	20	SC
C-2	Arena arcillosa	12.1%	44.5%	43.4%	20	SC
C-3	Arena arenosa de baja plasticidad	3.2%	29.9%	66.9%	23	CL
C-4	Arena arenosa de baja plasticidad	2.5%	37.6%	59.9%	24	CL
C-5	Arena arenosa de baja plasticidad	2.2%	37.7%	60.1%	25	CL

Fuente: Propia.



Figuras 73, 74 y 75: Proceso de clasificación de suelos - SUCS.

Fuente: Propia.

En la tabla 14, se observa que el tipo de suelo predominante en donde se edificó el monumento histórico, es descrito como arena arenosa de baja plasticidad, cuyo índice plástico es mayor que 20 y un contenido de humedad que supera el 40%. En ese sentido, según la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 14), el suelo en estudio se define como suelo blando con perfil tipo S3.

### Relevamiento planimétrico:

Se realizó la verificación en campo de los planos otorgados por la MML, con la finalidad de obtener la planimetría general actualizada del monumento histórico O.F.S.

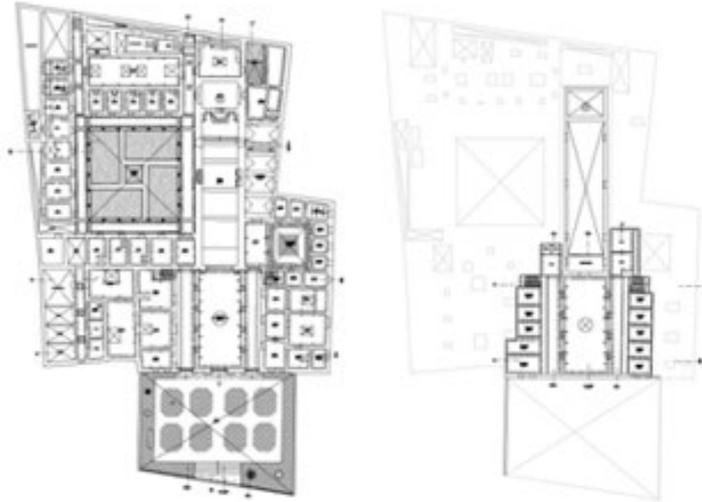


Figura 76: Distribución arquitectónica general. Fuente: (MML, 2023)

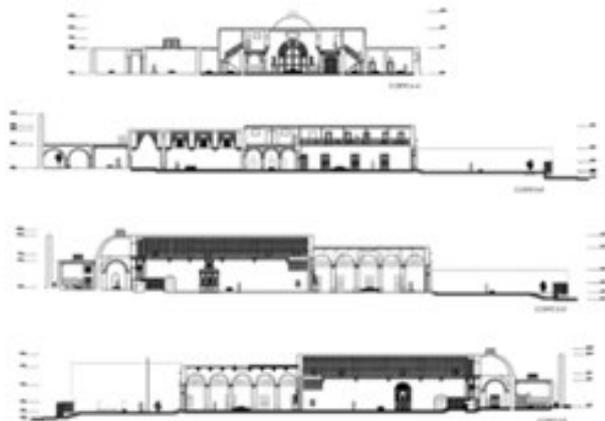


Figura 77: Cortes arquitectónicos generales. Fuente: (MML, 2023)

#### 4.3.3. Resultados del modelamiento en ETABS:

Para el modelamiento del monumento histórico, se consideraron los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y otros según la normativa correspondiente, necesarios para la elaboración del análisis estático no lineal y modal espectral de la estructura. Estos son:

#### Propiedades de los materiales - Normas E.080 y E.020:

Resistencia a la compresión (und. de adobe) :	$f_0 = 9.0 \text{ kgf/cm}^2$
Resistencia a la compresión (muro de adobe):	$f_m = 6.12 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad (adobe) :	$E_a = 2040 \text{ kgf/cm}^2$
Resistencia al corte (muro de adobe) :	$f_c = 0.25 \text{ kgf/cm}^2$
Resistencia a la tracción (muro de adobe) :	$f_t = 1.42 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad (madera – Grupo C) :	$E_m = 55000 \text{ kgf/cm}^2$
Peso específico (adobe) :	$\gamma_a = 1600 \text{ kgf/m}^3$
Peso específico (ladrillo) :	$\gamma_l = 1350 \text{ kgf/m}^3$
Entrepiso de madera (Grupo C) :	$\gamma_m = 1100 \text{ kgf/m}^3$

#### Sobrecargas de la edificación - Norma E.020:

Sobrecarga en techos curvos :	$SC_{tc} = 50 \text{ kgf/m}^2$
Sobrecarga en techos planos :	$SC_{tm} = 30 \text{ kgf/m}^2$
Sobrecarga en corredores y escaleras :	$SC_{co} = 400 \text{ kgf/m}^2$
Sobrecarga en habitaciones :	$SC_{ha} = 200 \text{ kgf/m}^2$
Sobrecarga de tabiquería móvil :	$SC_{tb} = 100 \text{ kgf/m}^2$

#### Combinaciones de cargas - Norma E.060:

$$Comb 1 = 1.4CM + 1.7CV$$

$$Comb 2 = 1.25CM + 1.25CV + CSXest$$

$$Comb 3 = 1.25CM + 1.25CV - CSXest$$

$$Comb 4 = 1.25CM + 1.25CV + CSYest$$

$$Comb\ 5 = 1.25CM + 1.25CV - CSYest$$

$$Comb\ 6 = 0.90CM + CSXest$$

$$Comb\ 7 = 0.90CM - CSXest$$

$$Comb\ 8 = 0.90CM + CSYest$$

$$Comb\ 9 = 0.90CM - CSYest$$

$$ENV = Cmb1 + Cmb2 + Cmb3 + Cmb4 + Cmb5 + Cmb6 + Cmb7 + Cmb8 + Cmb9$$

$$SERV = CM + CV$$

### Parámetros sísmicos de la edificación – Norma E.030:

Factor de zona :  $Z = 0.45 \rightarrow$  Zona 4

Factor de uso :  $U = 1.30 \rightarrow$  Categoría B

Factor de suelo :  $S = 1.10 \rightarrow$  Perfil tipo  $S_3$

Coef. sísmico :  $C = 2.50 \rightarrow T < T_p$  ( $T_p = 1.0$ ;  $T_L = 1.6$ )

Coef. de reduc. :  $R = 2.43 \rightarrow (R = 3.0$ ;  $I_a = 0.9$ ;  $I_p = 0.9)$

Peso sísmico :  $W_D + 0.5W_L \rightarrow$  Categoría B

### Espectro de aceleración – Norma E.030:

El espectro de diseño se determinó según lo estipulado por la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 28), la cual indica que la aceleración espectral está definida por la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

En ese sentido, se obtuvieron las siguientes aceleraciones espectrales de la edificación, para cada intervalo de periodo:

Tabla 15: Aceleraciones espectrales - O.F.S.

T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say
0.00	2.50	0.649	0.649	2.30	0.76	0.196	0.196	4.60	0.19	0.049	0.049
0.10	2.50	0.649	0.649	2.40	0.69	0.180	0.180	4.70	0.18	0.047	0.047
0.20	2.50	0.649	0.649	2.50	0.64	0.166	0.166	4.80	0.17	0.045	0.045
0.30	2.50	0.649	0.649	2.60	0.59	0.154	0.154	4.90	0.17	0.043	0.043
0.40	2.50	0.649	0.649	2.70	0.55	0.143	0.143	5.00	0.16	0.042	0.042
0.50	2.50	0.649	0.649	2.80	0.51	0.133	0.133	5.10	0.15	0.040	0.040
0.60	2.50	0.649	0.649	2.90	0.48	0.124	0.124	5.20	0.15	0.038	0.038
0.70	2.50	0.649	0.649	3.00	0.44	0.115	0.115	5.30	0.14	0.037	0.037
0.80	2.50	0.649	0.649	3.10	0.42	0.108	0.108	5.40	0.14	0.036	0.036
0.90	2.50	0.649	0.649	3.20	0.39	0.101	0.101	5.50	0.13	0.034	0.034
1.00	2.50	0.649	0.649	3.30	0.37	0.095	0.095	5.60	0.13	0.033	0.033
1.10	2.27	0.590	0.590	3.40	0.35	0.090	0.090	5.70	0.12	0.032	0.032
1.20	2.08	0.541	0.541	3.50	0.33	0.085	0.085	5.80	0.12	0.031	0.031
1.30	1.92	0.500	0.500	3.60	0.31	0.080	0.080	5.90	0.11	0.030	0.030
1.40	1.79	0.464	0.464	3.70	0.29	0.076	0.076	6.00	0.11	0.029	0.029
1.50	1.67	0.433	0.433	3.80	0.28	0.072	0.072	6.50	0.09	0.025	0.025
1.60	1.56	0.406	0.406	3.90	0.26	0.068	0.068	7.00	0.08	0.021	0.021
1.70	1.38	0.360	0.360	4.00	0.25	0.065	0.065	7.50	0.07	0.018	0.018
1.80	1.23	0.321	0.321	4.10	0.24	0.062	0.062	8.00	0.06	0.016	0.016
1.90	1.11	0.288	0.288	4.20	0.23	0.059	0.059	8.50	0.06	0.014	0.014
2.00	1.00	0.260	0.260	4.30	0.22	0.056	0.056	9.00	0.05	0.013	0.013
2.10	0.91	0.236	0.236	4.40	0.21	0.054	0.054	9.50	0.04	0.012	0.012
2.20	0.83	0.215	0.215	4.50	0.20	0.051	0.051	10.00	0.04	0.010	0.010

Fuente: Propia.

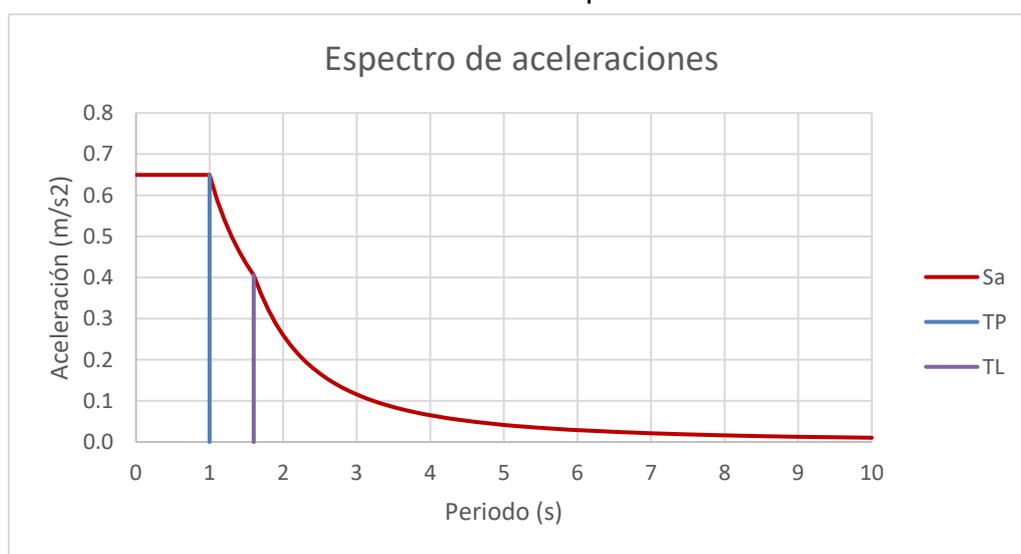


Figura 78: Espectro de aceleraciones - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la figura 78, se observa que las aceleraciones espectrales alcanzadas por el monumento histórico O.F.S, están en el rango de 0.010 a 0.649 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0 a 10 segundos. Asimismo, se observa que la aceleración tes constante (0.649 m/s<sup>2</sup>.) en un periodo de 1.00 s.

### **Modelo de elementos finitos:**

El modelo de elementos finitos (MEF) del monumento histórico O.F.S, se realizó mediante el software ETABS, definiendo los elementos estructurales que lo componen, a fin de obtener su geometría tridimensional.

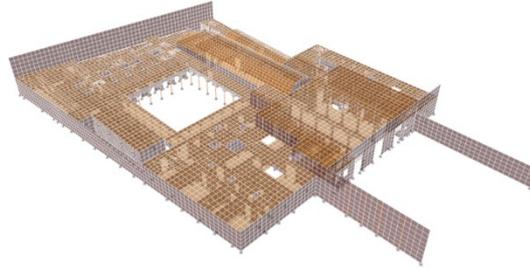


Figura 79: MEF - Vista tridimensional N°01. Fuente: Propia.

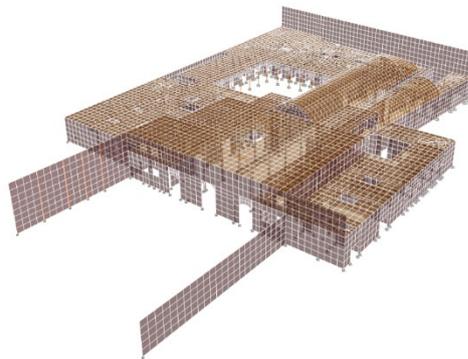


Figura 80: MEF - Vista tridimensional N°02. Fuente: Propia.

Las figuras 78 y 79, muestran el modelo de elementos finitos como vistas tridimensionales del monumento histórico. Resaltan los techos cupulares de las capillas, así como los muros perimétricos de gran altura, en el frente principal y posterior de la edificación histórica. Asimismo, el MEF comprende un mallado automático rectangular, conformando 46149 elementos tipo Shell y 178 tipo frame.

Asimismo, se muestran algunas elevaciones principales que detallan la complejidad arquitectónica y estructural que caracteriza al monumento histórico en estudio.

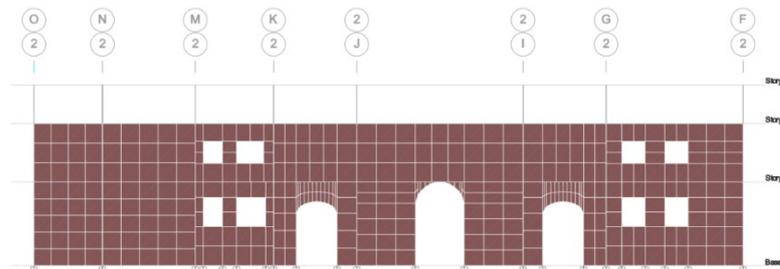


Figura 81: MEF – Elevación del eje 2: Fachada principal. Fuente: Propia.

En la figura 81, se observa la composición de la fachada principal de la edificación, la cual abarca dos niveles y conforma los accesos principales a la capilla de San Francisco Solano, así como los vanos de ventilación de la zona administrativa.

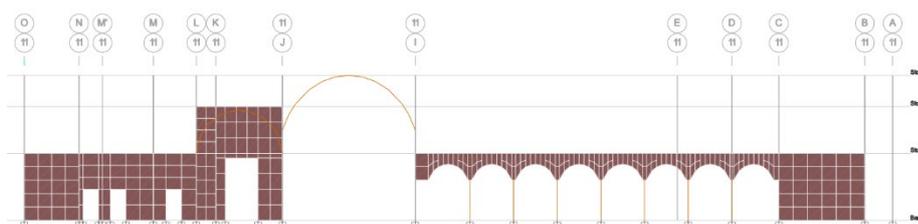


Figura 82: MEF – Elevación del eje 11. Fuente: Propia.

La Imagen 82, muestra un eje transversal de la edificación, que detalla las columnas y arcos que conforman el claustro principal, la doble altura y techo parabólico de la capilla general, y una fachada del claustro de la penitenciaría.

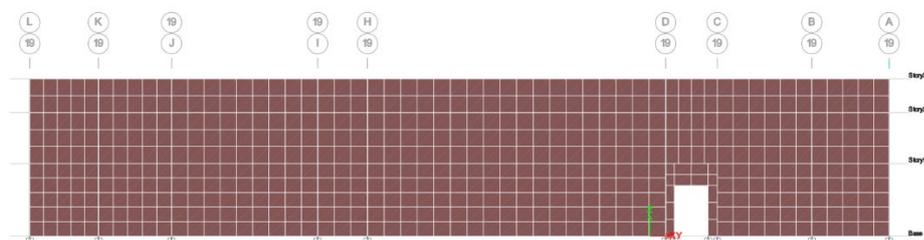


Figura 83: MEF – Elevación del eje 19. Fuente: Propia.

La imagen 83, muestra el muro de gran altura que conforma la fachada posterior de la edificación (Jr. Ayacucho), el cual carece de contrafuertes que se desarrollen en toda su altura. También se observa el acceso al monumento histórico por este sector.

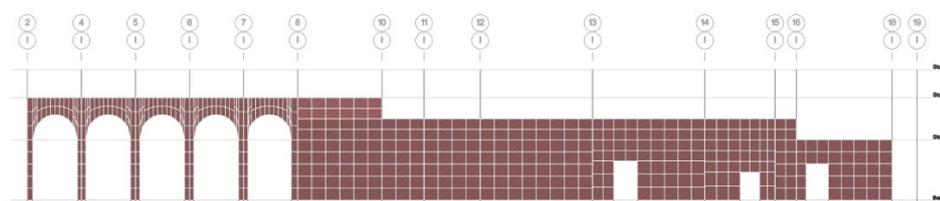


Figura 84: MEF – Elevación del eje I. Fuente: Propia.

La imagen 84, muestra uno de los ejes longitudinales principales de la edificación, detallando los pórticos enlazados por arcos que conforman el abovedado de la capilla de San Francisco Solano, la extensión de los muros de doble altura de la capilla general, y parte de la cocina del refectorio.

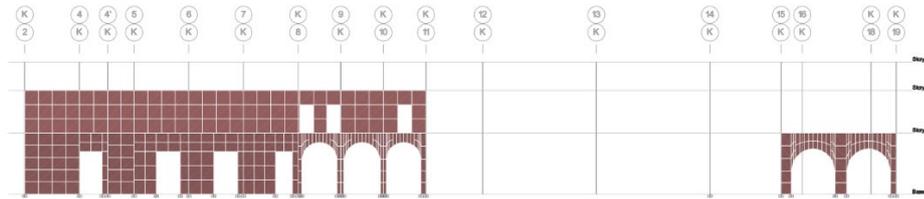


Figura 85: MEF – Elevación del eje K. Fuente: Propia.

La figura 85, muestra los muros y accesos a la zona administrativa del primer nivel, así como los accesos a las celdas en el segundo piso, seguido de las columnas conectadas por arcos en el claustro de la penitenciaría.

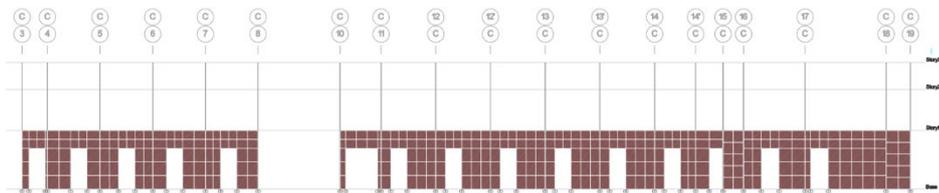


Figura 86: MEF – Elevación del eje C. Fuente: Propia.

La figura 86, muestra el eje longitudinal que atraviesa el claustro principal y algunos accesos de las celdas que lo rodean. Se detallan los arcos apoyados en columnas que caracterizan al claustro principal.

### Análisis estático no lineal de la estructura:

En este análisis, se consideraron los parámetros sísmicos y sobrecargas pre establecidos para esta edificación, a fin de determinar los desplazamientos y esfuerzos máximos de la estructura.

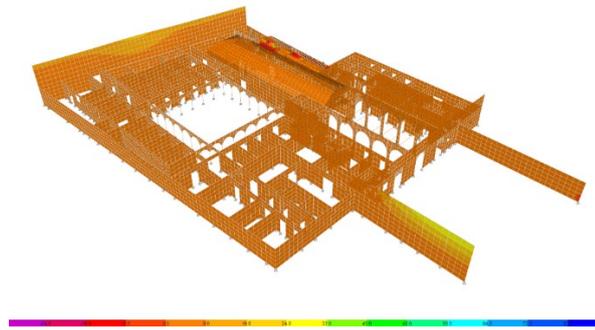


Figura 87: Deformada por análisis estático en “X”.  
Fuente: Propia.

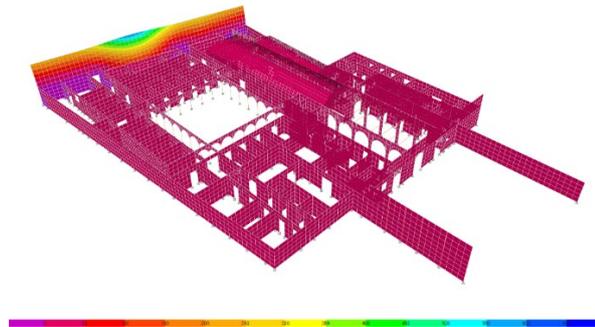


Figura 88: Deformada por análisis estático en “Y”.  
Fuente: Propia.

En las figuras 87 y 88, se aprecian las deformadas de la estructura por análisis estático en las direcciones “X” e “Y” respectivamente. Se observa que el desplazamiento máximo en la dirección “X” alcanza un valor de 0.03 m., mientras que en la dirección “Y” se obtiene un valor de 0.35 m.

Asimismo, los esfuerzos de la estructura determinados en este análisis, se muestran en las siguientes imágenes:

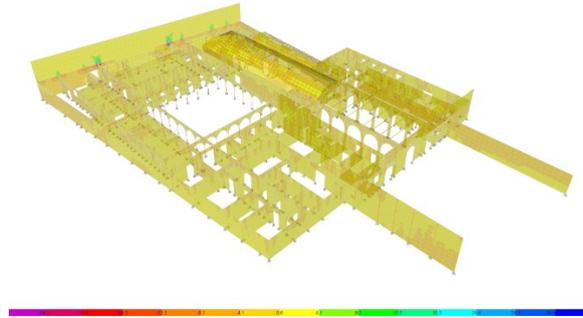


Figura 89: Esfuerzos por análisis no lineal en "X".  
Fuente: Propia.

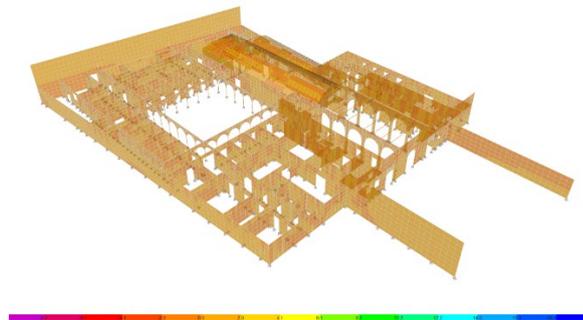


Figura 90: Esfuerzos por análisis no lineal en "Y".  
Fuente: Propia.

En las figuras 89 y 90, se aprecian los esfuerzos de la estructura, mediante el análisis estático no lineal en las direcciones "X" e "Y" respectivamente. Se observa que los esfuerzos en la dirección "X" se encuentran en el siguiente rango (-2.01; 60.17) ton/m., mientras que en la dirección "Y" se obtienen los valores de (-41.65; 61.73) ton/m.

### Análisis modal espectral de la estructura:

En este análisis, se consideraron los parámetros sísmicos y sobrecargas pre establecidos para esta edificación, y un espectro de pseudo aceleraciones definido por norma, a fin de determinar los desplazamientos y esfuerzos máximos de la estructura.

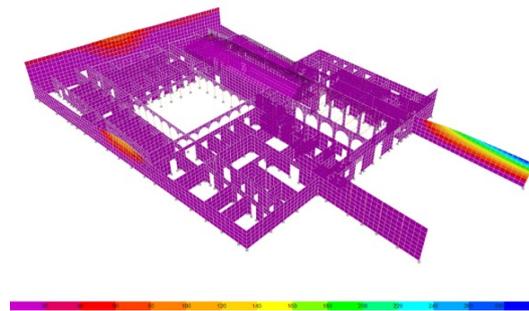


Figura 91: Deformada por análisis modal en "X".

Fuente: Propia.

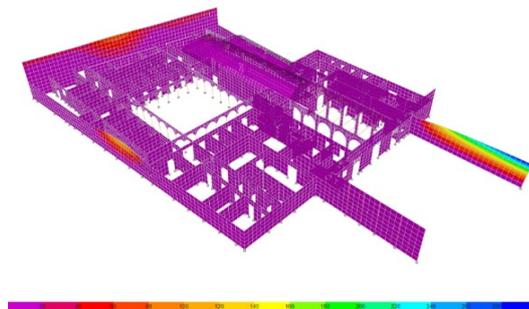


Figura 92: Deformada por análisis modal en "Y".

Fuente: Propia.

En las figuras 91 y 92, se aprecian las deformadas de la estructura por análisis modal espectral en las direcciones "X" e "Y" respectivamente. Se observa que el desplazamiento máximo en la dirección "X" alcanza un valor de 0.29 m., mientras que en la dirección "Y" se obtiene un valor de 0.04 m.

Asimismo, los esfuerzos máximos determinados en el análisis modal espectral, se muestran en las siguientes imágenes:

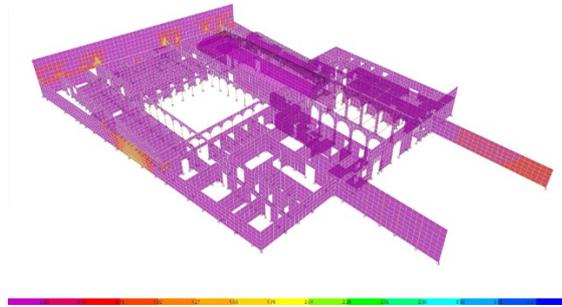


Figura 93: Esfuerzos por análisis modal en “X”.

Fuente: Propia.

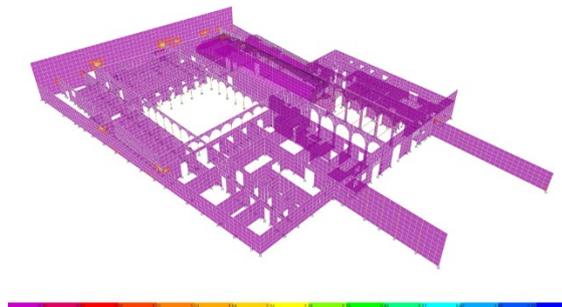


Figura 94: Esfuerzos por análisis modal en “Y”.

Fuente: Propia.

En las figuras 93 y 94, se aprecian los esfuerzos de la estructura, mediante el análisis modal espectral en las direcciones “X” e “Y” respectivamente. Se observa que los esfuerzos en la dirección “X” se encuentran en el siguiente rango (-77.56; 62.29) ton/m., mientras que en la dirección “Y” se obtienen los valores de (-138.83; 73.47) ton/m.

Además, se obtuvieron los periodos para cada modo de vibración de la estructura. A continuación, se muestran las deformadas de las diez primeras formas de modo con sus respectivos periodos.

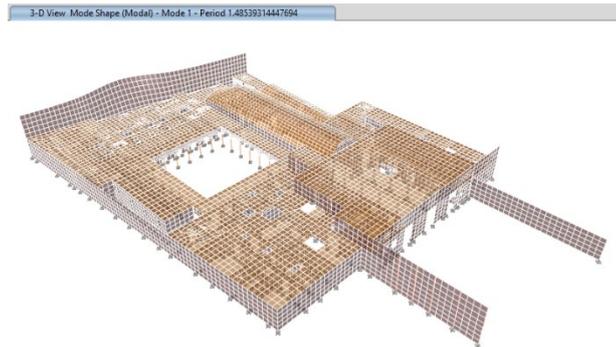


Figura 95: Primera forma de modo. ( $T=1.485$  s.,  $f=0.673$  Hz.)

Fuente: Propia.

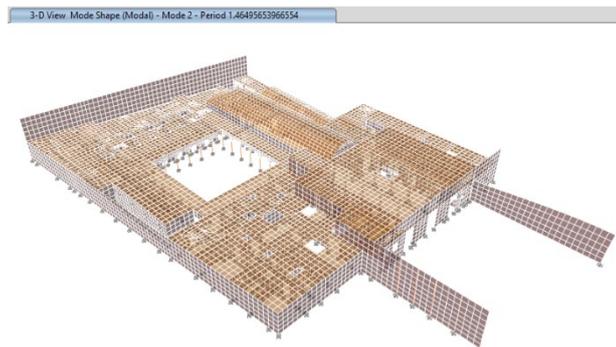


Figura 96: Segunda forma de modo. ( $T=1.465$  s.,  $f=0.683$  Hz.)

Fuente: Propia.



Figura 97: Tercera forma de modo. ( $T=1.224$  s.,  $f=0.817$  Hz.)

Fuente: Propia.



Figura 98: Cuarta forma de modo. ( $T=0.983$  s.,  $f=1.017$  Hz.)

Fuente: Propia.

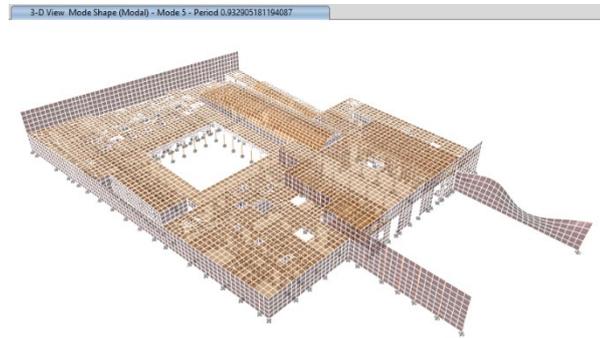


Figura 99: Quinta forma de modo. ( $T=0.933$  s.,  $f=1.072$  Hz.)

Fuente: Propia.

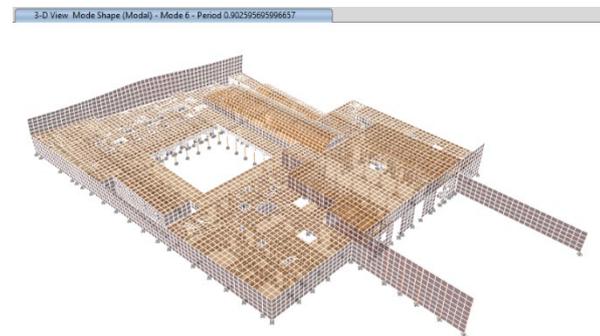


Figura 100: Sexta forma de modo. ( $T=0.903$  s.,  $f=1.108$  Hz.)

Fuente: Propia.

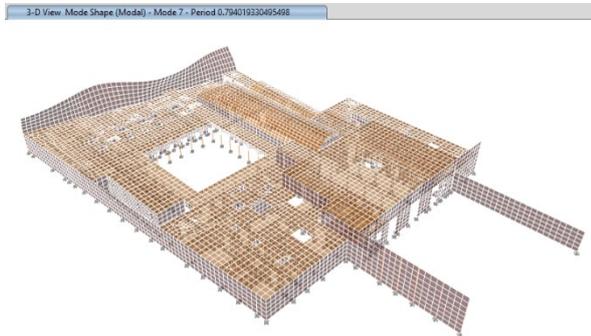


Figura 101: Séptima forma de modo. ( $T=0.794$  s.,  $f=1.259$  Hz.)

Fuente: Propia.

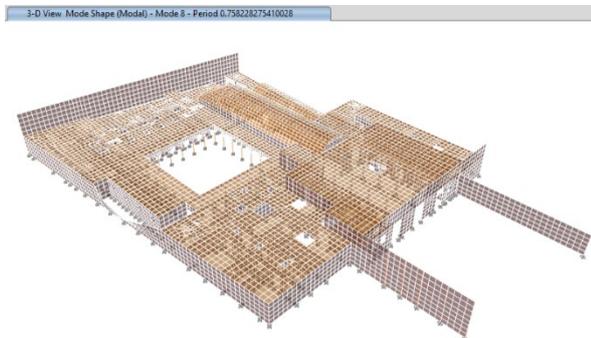


Figura 102: Octava forma de modo. ( $T=0.758$  s.,  $f=1.319$  Hz.)

Fuente: Propia.



Figura 103: Novena forma de modo. (T=0.705 s., f=1.418 Hz.)

Fuente: Propia.

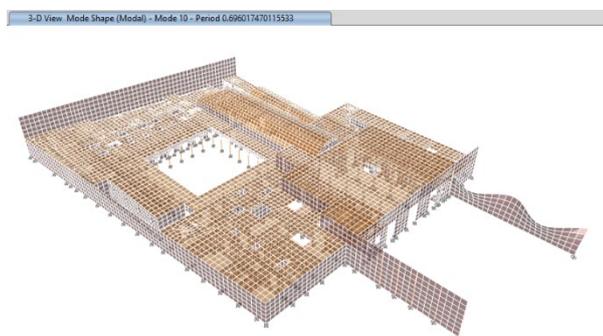


Figura 104: Décima forma de modo. (T=0.696 s., f=1.437 Hz.)

Fuente: Propia.

Consecuentemente, se muestra el resumen de periodos y frecuencias obtenidos en el análisis modal espectral de la estructura:

Tabla 16: Periodos y frecuencias - O.F.S.

Case	Mode	Period s.	Frequency cyc/s	CircFreq rad/s	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	1.485	0.673	4.23	17.8927
Modal	2	1.465	0.683	4.289	18.3954
Modal	3	1.224	0.817	5.133	26.3479
Modal	4	0.983	1.017	6.3889	40.8178
Modal	5	0.933	1.072	6.7351	45.3612
Modal	6	0.903	1.108	6.9612	48.4589
Modal	7	0.794	1.259	7.9131	62.6178
Modal	8	0.758	1.319	8.2867	68.6689
Modal	9	0.705	1.418	8.9125	79.4323
Modal	10	0.696	1.437	9.0273	81.4928
Modal	11	0.582	1.718	10.7931	116.492
Modal	12	0.526	1.9	11.9388	142.5353

Fuente: Propia.

De igual manera, se muestra la participación modal de los modos anteriormente descritos de la estructura:

Tabla 17: Participación modal - O.F.S.

Case	Modo	Periodo	UX	UY	RZ
Modal	1	1.485	0.06%	2.56%	0.60%
Modal	2	1.465	0.44%	0.00%	1.41%
Modal	3	1.224	0.05%	0.00%	0.06%
Modal	4	0.983	0.03%	0.99%	0.31%
Modal	5	0.933	0.02%	0.00%	0.04%
Modal	6	0.903	0.03%	1.14%	0.82%
Modal	7	0.794	0.00%	0.01%	0.18%
Modal	8	0.758	0.59%	0.00%	0.02%
Modal	9	0.705	0.00%	0.00%	0.01%
Modal	10	0.696	0.01%	0.00%	0.02%
Modal	11	0.582	0.00%	0.00%	0.00%
Modal	12	0.526	0.00%	0.00%	0.02%

Fuente: Propia.

En la tabla 17, se observa que el periodo fundamental en la dirección "X" es T=0.758 s., mientras que en la dirección "Y" es T=1.485 s.

## **Reforzamiento de muros de adobe**

En vista de que los desplazamientos y esfuerzos por corte en los muros portantes de adobe, exceden las cantidades admisibles por las normas E.030 y E.080 respectivamente, y teniendo en cuenta que el diseño arquitectónico del monumento no debe ser alterado, ya que representa un patrimonio cultural protegido por las leyes nacionales e internacionales de conservación de monumentos y patrimonio arquitectónico, se recomienda utilizar geomallas sintéticas para su reforzamiento externo, las cuales deben quedar embutidas en el revestimiento de los muros portantes de adobe.

En ese sentido, las geomallas a utilizar para el reforzamiento, deben reunir las características mínimas establecidas por la normativa vigente para construcciones de tierra reforzada (MVCS, 2017, pág. 16), las cuales son:

- Debe tener una configuración de retícula rectangular con 50mm. de abertura máxima y nudos integrados.
- Debe soportar un esfuerzo mínimo por tracción de 356.90 kg/m. en ambas direcciones, conformando una elongación de 2%.
- Debe contar con la condición ideal de flexibilidad y durabilidad, para poder utilizarse como reforzamiento.

Asimismo, se debe considerar los siguientes aspectos relacionados al uso de geomallas como reforzamiento:

- Las geomallas deben envolver en su totalidad a los muros y vanos, generando una tensión uniforme y conectando ambas caras de los muros mediante cuerdas sintéticas cada 30 cm.
- Las geomallas deben sujetarse a la base del sobrecimiento y a la viga collar en la parte superior del muro, utilizando anclajes adecuados.

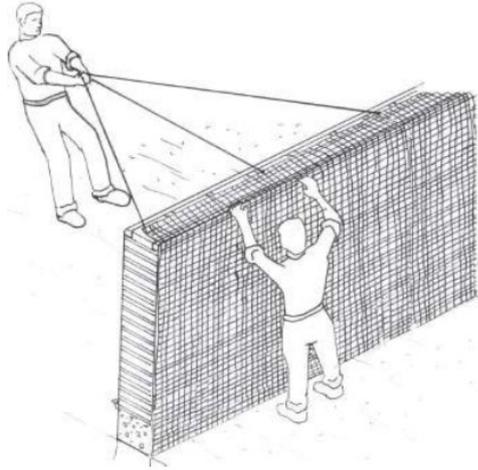


Figura 105: Instalación de geomallas en muros de adobe.

Fuente: (MVCS, 2017, pág. 16)

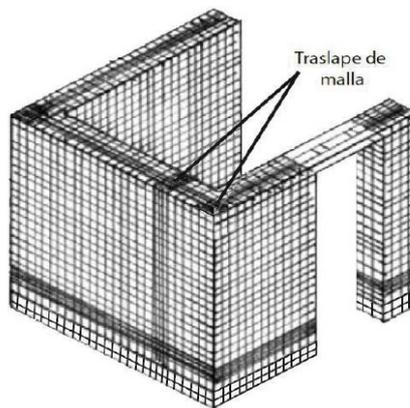


Figura 106: Traslape de geomallas en muros de adobe.

Fuente: (MVCS, 2017, pág. 16)

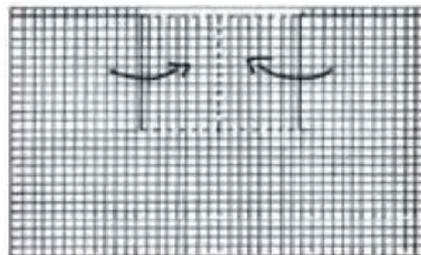


Figura 107: Corte de geomallas en vanos de muros de adobe.

Fuente: (MVCS, 2017, pág. 17)

De igual manera, se recomienda aplicar los procedimientos instaurados por (MVCS, 2014), para el reforzamiento estructural de muros construidos con adobe, según el tipo de falla. En ese sentido, los procedimientos a seguir para las fallas más comunes encontradas durante la evaluación estructural in situ, se describen a continuación:

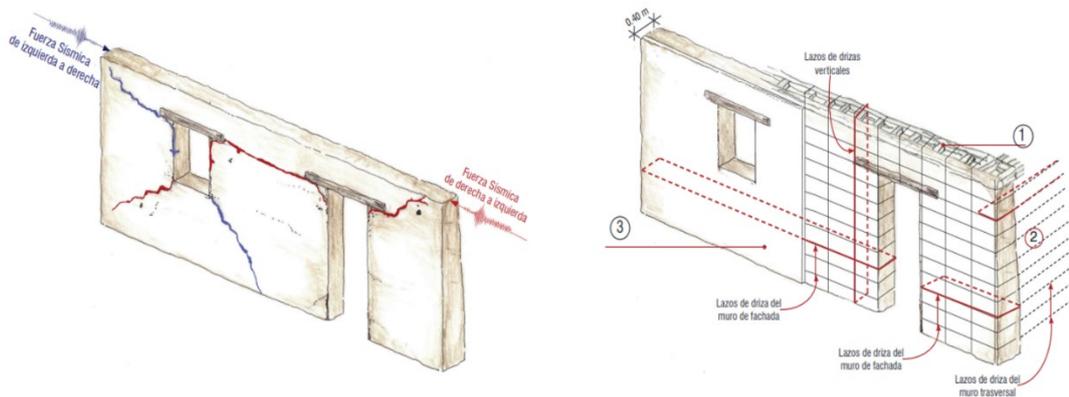


Figura 108: Reforzamiento por grietas diagonales en muros.  
Fuente: (MVCS, 2014, pág. 23)

En la figura 108, se muestra la falla por grietas diagonales y reforzamiento respectivo, el cual consiste en: (1) colocar una viga collar en la parte superior del muro, (2) enmallar los muros utilizando lazos de drizas horizontales y verticales, y (3) enlucir los muros con barro y paja.

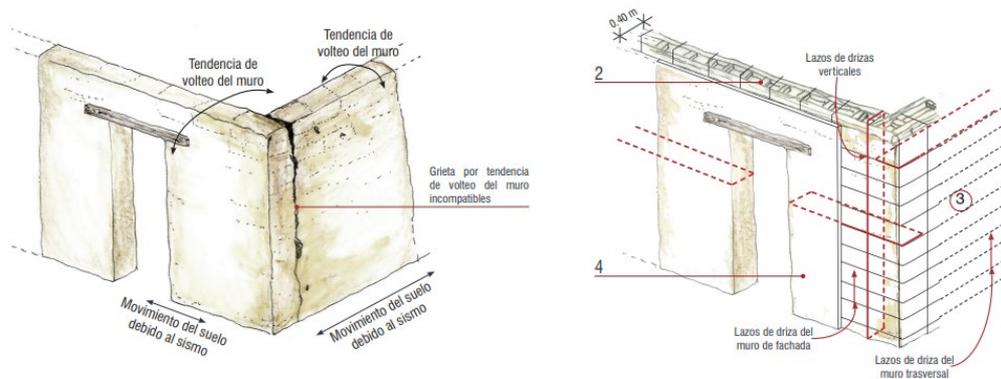


Figura 109: Reforzamiento por grietas verticales en encuentros de muros.  
Fuente: (MVCS, 2014, pág. 25)

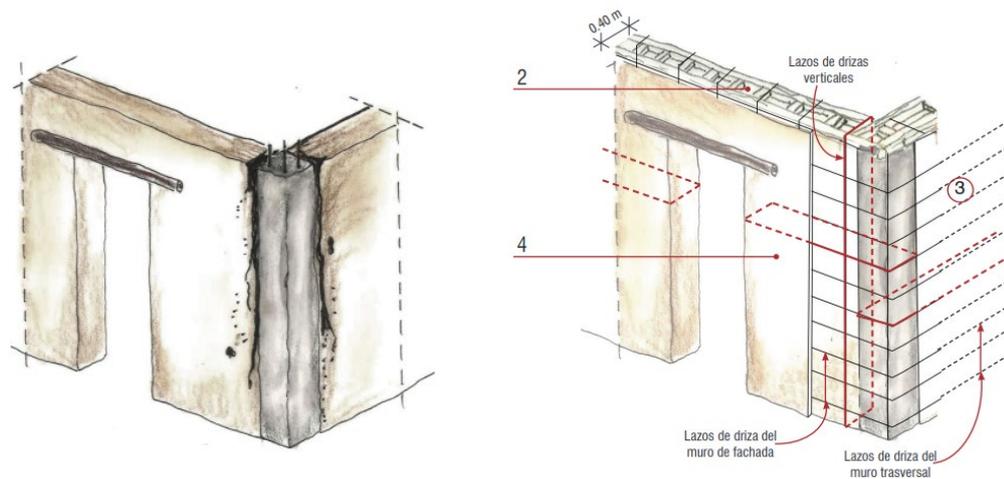


Figura 110: Reforzamiento por incompatibilidad de material.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 24)

En las figuras 109 y 110, se muestran los reforzamientos por grietas verticales en encuentros de muros y por incompatibilidad de material, respectivamente, ambos procedimientos consisten en: (1) reconstruir la parte del muro colapsado, (2) colocar una viga collar en la parte superior del muro, (3) enmallar los muros utilizando lazos de drizas horizontales y verticales, y (4) enlucir los muros con barro y paja. Cabe indicar que, de existir desplome, se debe reparar la verticalidad el muro en primer lugar.

Asimismo, para la reparación de cualquier tipo de grieta en los muros, se debe retirar el enlucido existente para una adecuada evaluación. Seguidamente, se realizará la reparación de la misma, considerando los siguientes aspectos:

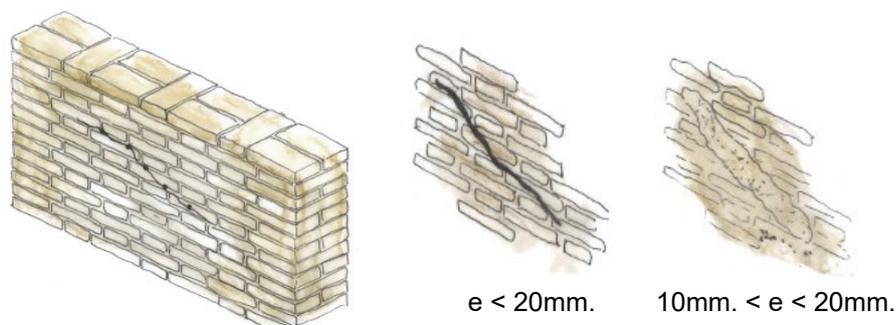


Figura 111: Reparación de grietas menores a 20mm.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 49)

En la figura 111, se indica que las grietas con un espesor menor a los 10mm. se deben ampliar hasta alcanzar dicho espesor. Por otro lado, las grietas con un espesor que varía entre 10mm. y 20mm., no deben de ampliarse. Finalmente, una vez tratados los espesores de las grietas, se procede al relleno de las mismas utilizando un mortero fluido.

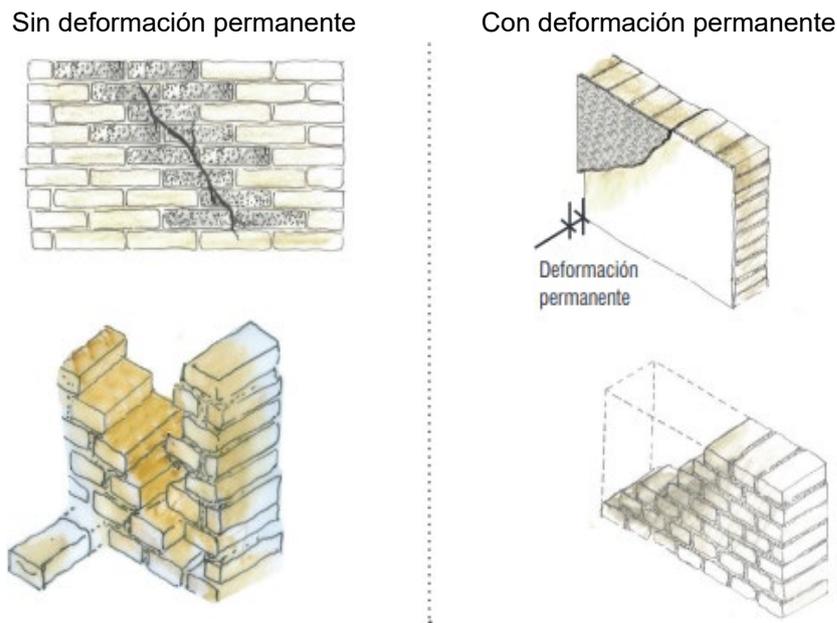


Figura 112: Reparación de grietas mayores a 20mm.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 49)

En la figura 112, se describe que para las grietas con un espesor mayor a los 20mm. se deben retirar los bloques de adobe dañados e inestables, considerando la técnica correspondiente para los muros que presenten o no, una deformación permanente. Posteriormente, reconstruye el muro empleando adobes nuevos.

Asimismo, para los muros que no cuentan con arriostres horizontales, se recomienda utilizar la viga collar, mostrada en la figura 113, a fin de sostener los entrepisos de madera. Las vigas collar, se ubicarán en la parte superior de los muros, y su función es conectar muros perpendiculares para mejorar su respuesta frente a un sismo y distribuir uniformemente las cargas del techo hacia los muros.

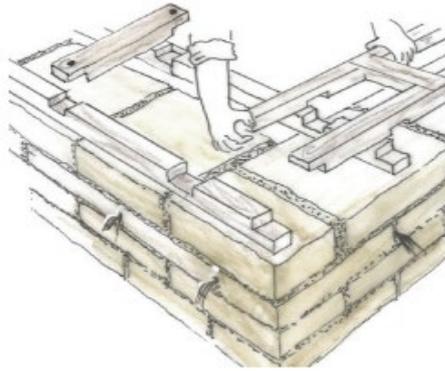


Figura 113: Colocación de viga collar.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 50)

Además, para confinar los muros, mejorar su resistencia y unir materiales de rigideces distintas (incompatibles), el reforzamiento mediante la aplicación de drizas es viable, y deberá realizarse según el siguiente procedimiento:

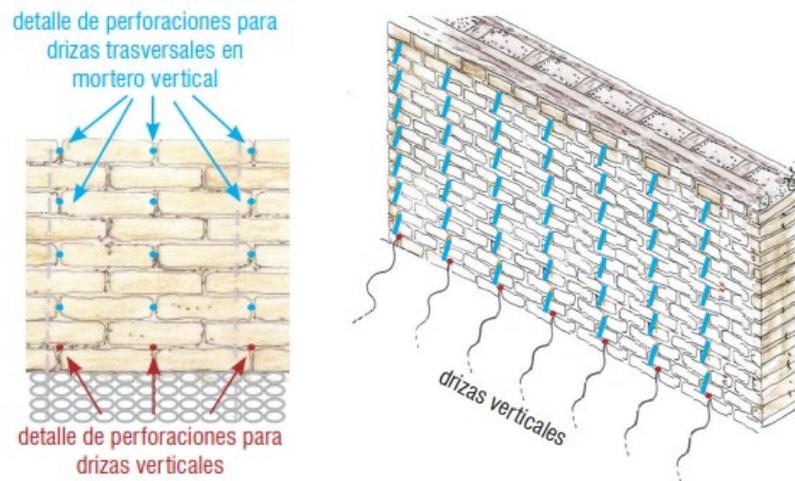


Figura 114: Reforzamiento de muros con drizas.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 53)

La figura 114, detalla la distribución de puntos para las perforaciones correspondientes a las drizas verticales (puntos rojos), estos deben ubicarse sobre la primera hilada inferior del muro y en el cruce de juntas. También, se aprecia la distribución de perforaciones para las drizas transversales, las cuales se proyectan hasta la parte superior del muro, ubicándose en las juntas verticales, cada dos hiladas y con un espaciamiento horizontal aproximado de 40cm.

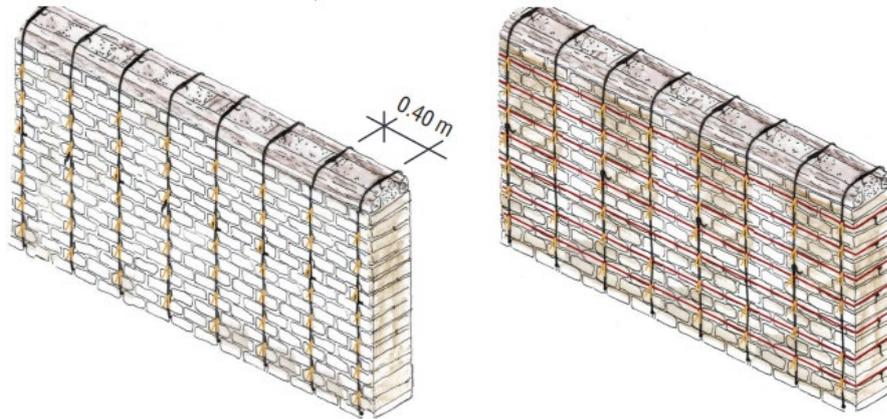


Figura 115: Colocación de drizas en muros.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 53)

En la figura 115, se muestra la colocación de las drizas verticales, las cuales deben pasar por las perforaciones en la parte inferior y envolver a la viga collar en la parte superior, tensionándose mediante nudos a 1.50 m. de altura en una cara del muro. Además, se aprecia sujeción entre las drizas verticales, horizontales y transversales, mediante un nudo doble.

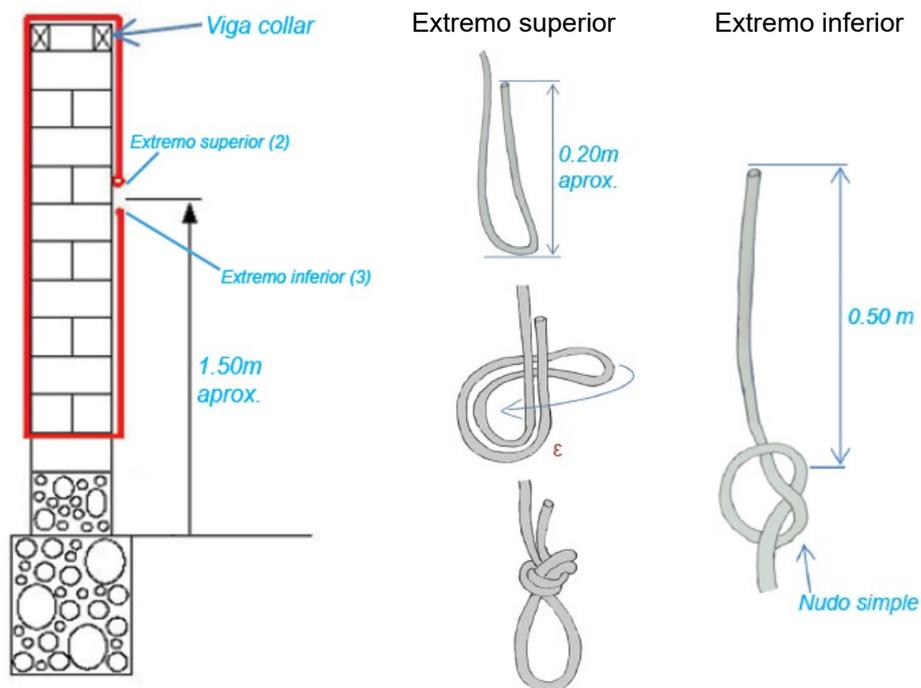


Figura 116: Nudos para refuerzo con drizas verticales.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 54)

En la figura 116, se muestra la longitud que alcanza la driza vertical, además, se grafica la técnica a utilizar para la conformación de los nudos en las mismas, ubicándose aproximadamente a 1.50 m. del nivel de piso. Asimismo, se indica que, para el extremo superior se debe formar un nudo de dos cordones, mientras que, en el extremo inferior se debe formar un nudo simple a 0.50 m. del mismo extremo.

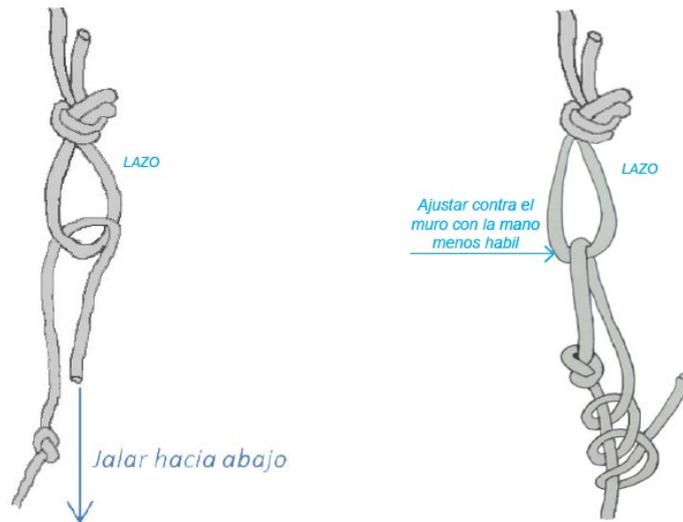


Figura 117: Unión de lazos para refuerzo con drizas verticales.

Fuente: (MVCS, 2014, pág. 54)

En la figura 117, se aprecia la unión de ambos extremos de la driza, pasando el extremo inferior a través del lazo superior, generando una tensión hacia abajo con apoyo del peso propio de la persona. Seguidamente, manteniendo la tensión en la driza apoyada sobre la cara del muro, se realiza 3 nudos simples por debajo del nudo del lazo inferior, para conformar el ajuste necesario.

**Objetivo específico 1: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S.**

Los valores que alcanzan los desplazamientos laterales del monumento histórico O.F.S., analizados mediante metodologías convencionales, se describen a continuación:

Tabla 18: Desplazamientos laterales máximos – O.F.S.

Dirección	Análisis modal espectral	Análisis no lineal
X	0.29 m.	0.03 m.
Y	0.04 m.	0.35 m.

Fuente: Propia.

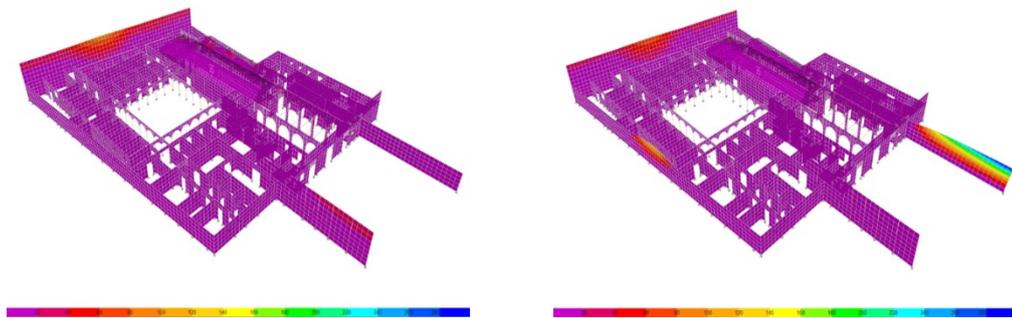


Figura 118: Desplazamientos laterales máximos - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la tabla 18 y figura 118, se observa que los valores máximos de desplazamiento lateral, alcanzados por el monumento histórico O.F.S. analizado mediante metodologías convencionales, son: mediante el análisis no lineal  $X = (0.00, 0.03)$  m. e  $Y = (0.00, 0.35)$  m., mientras que en el análisis modal espectral se obtuvieron los valores  $X = (0.00, 0.29)$  m. e  $Y = (0.00, 0.04)$  m., en ambas direcciones respectivamente.

**Objetivo específico 2: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S.**

Los valores que alcanzan los esfuerzos laterales del monumento histórico O.F.S., analizados mediante metodologías convencionales, se describen a continuación:

Tabla 19: Esfuerzos laterales máximos – O.F.S.

Dirección	Análisis modal espectral		Análisis no lineal	
	Esfuerzo mín. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo mín. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. (ton/m <sup>2</sup> )
X	-77.56	62.29	-2.01	60.17
Y	-138.83	73.47	-41.65	61.73

Fuente: Propia.

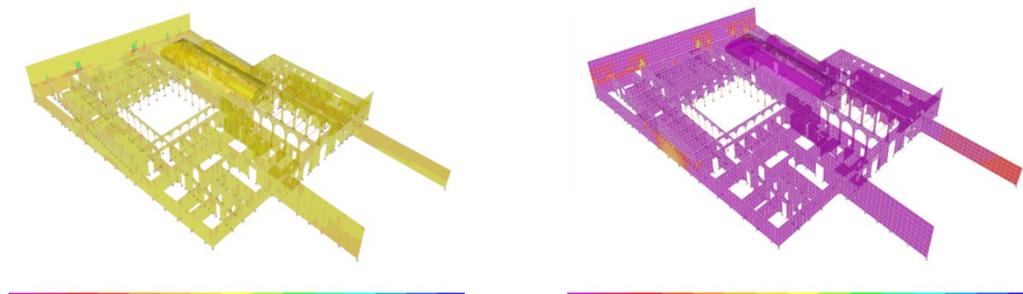


Figura 119: Esfuerzos máximos de análisis estático y modal - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la tabla 19 y figura 119, se observa que los valores máximos de esfuerzos, alcanzados por el monumento histórico O.F.S. analizado mediante metodologías convencionales, son: mediante el análisis estático no lineal X= (-2.01, 60.17) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-41.65, 61.73) ton/m<sup>2</sup>., mientras que en el análisis modal espectral se obtuvieron los siguientes valores X= (-77.56, 62.29) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-138.83, 73.47) ton/m<sup>2</sup>., en ambas direcciones respectivamente.

**Objetivo específico 3: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.**

Los valores que alcanzan las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S., analizados mediante metodologías convencionales, se describen a continuación:

Tabla 15: Aceleraciones espectrales - O.F.S

T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say
0.00	2.50	0.649	0.649	2.30	0.76	0.196	0.196	4.60	0.19	0.049	0.049
0.10	2.50	0.649	0.649	2.40	0.69	0.180	0.180	4.70	0.18	0.047	0.047
0.20	2.50	0.649	0.649	2.50	0.64	0.166	0.166	4.80	0.17	0.045	0.045
0.30	2.50	0.649	0.649	2.60	0.59	0.154	0.154	4.90	0.17	0.043	0.043
0.40	2.50	0.649	0.649	2.70	0.55	0.143	0.143	5.00	0.16	0.042	0.042
0.50	2.50	0.649	0.649	2.80	0.51	0.133	0.133	5.10	0.15	0.040	0.040
0.60	2.50	0.649	0.649	2.90	0.48	0.124	0.124	5.20	0.15	0.038	0.038
0.70	2.50	0.649	0.649	3.00	0.44	0.115	0.115	5.30	0.14	0.037	0.037
0.80	2.50	0.649	0.649	3.10	0.42	0.108	0.108	5.40	0.14	0.036	0.036
0.90	2.50	0.649	0.649	3.20	0.39	0.101	0.101	5.50	0.13	0.034	0.034
1.00	2.50	0.649	0.649	3.30	0.37	0.095	0.095	5.60	0.13	0.033	0.033
1.10	2.27	0.590	0.590	3.40	0.35	0.090	0.090	5.70	0.12	0.032	0.032
1.20	2.08	0.541	0.541	3.50	0.33	0.085	0.085	5.80	0.12	0.031	0.031
1.30	1.92	0.500	0.500	3.60	0.31	0.080	0.080	5.90	0.11	0.030	0.030
1.40	1.79	0.464	0.464	3.70	0.29	0.076	0.076	6.00	0.11	0.029	0.029
1.50	1.67	0.433	0.433	3.80	0.28	0.072	0.072	6.50	0.09	0.025	0.025
1.60	1.56	0.406	0.406	3.90	0.26	0.068	0.068	7.00	0.08	0.021	0.021
1.70	1.38	0.360	0.360	4.00	0.25	0.065	0.065	7.50	0.07	0.018	0.018
1.80	1.23	0.321	0.321	4.10	0.24	0.062	0.062	8.00	0.06	0.016	0.016
1.90	1.11	0.288	0.288	4.20	0.23	0.059	0.059	8.50	0.06	0.014	0.014
2.00	1.00	0.260	0.260	4.30	0.22	0.056	0.056	9.00	0.05	0.013	0.013
2.10	0.91	0.236	0.236	4.40	0.21	0.054	0.054	9.50	0.04	0.012	0.012
2.20	0.83	0.215	0.215	4.50	0.20	0.051	0.051	10.00	0.04	0.010	0.010

Fuente: Propia.

En la tabla 15, se observa que las aceleraciones espectrales alcanzadas por el monumento histórico O.F.S, analizados mediante metodologías convencionales, están en el rango de 0.010 a 0.649 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0 a 10 segundos.

### **Análisis estadístico de resultados:**

En la presente investigación, a fin de validar los resultados obtenidos, se realizó el análisis estadístico de los valores que alcanzaron dimensiones en estudio, mediante el software IBM SPSS Statistics, considerando una prueba de normalidad y coeficiente de correlación de Pearson.

### **Análisis estadístico de la variable: Desplazamiento lateral.**

#### **Prueba de normalidad:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “desplazamiento lateral” si tienen normalidad.
- H1: Los datos de la variable “desplazamiento lateral” no tienen normalidad.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y prueba de tipo Shapiro – Wilk ( $n < 50$ ). En ese sentido, se obtuvo el siguiente “p-valor”:

- P-valor = 0.492 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando la relación anterior, se concluye lo siguiente: Los datos de la variable definida como desplazamiento lateral, tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

#### **Correlación de Pearson:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “desplazamiento lateral” si están relacionados.
- H1: Los datos de la variable “desplazamiento lateral” no están relacionados.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y los valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson “r” y “p-valor”, son:

- r = 0.602.
- P-valor = 0.589 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando los valores obtenidos en la prueba de correlación, se concluye lo siguiente: Existe evidencia estadística significativa para asegurar que la variable definida como desplazamiento lateral, está relacionada de manera

directa y positiva con la fuerza sísmica lateral, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.602, conformando una magnitud de correlación alta.

### **Análisis estadístico de la variable: Esfuerzo lateral.**

#### **Prueba de normalidad:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “esfuerzo lateral” si tienen normalidad.
- H1: Los datos de la variable “esfuerzo lateral” no tienen normalidad.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y prueba de tipo Shapiro – Wilk ( $n < 50$ ). En ese sentido, se obtuvo el siguiente “p-valor”:

- P-valor = 0.550 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando la relación anterior, se concluye lo siguiente: Los datos de la variable definida como esfuerzo lateral, tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

#### **Correlación de Pearson:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “esfuerzo lateral” si están relacionados.
- H1: Los datos de la variable “esfuerzo lateral” no están relacionados.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y los valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson “r” y “p-valor”, son:

- $r = 0.996$ .
- P-valor = 0.059 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando los valores obtenidos en la prueba de correlación, se concluye lo siguiente: Existe evidencia estadística significativa para asegurar que la variable definida como esfuerzo lateral, está relacionada de manera directa y positiva con la fuerza sísmica lateral, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.996, conformando una magnitud de correlación muy alta.

## **Análisis estadístico de la variable: Aceleración espectral.**

### **Prueba de normalidad:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “aceleración espectral” si tienen normalidad.
- H1: Los datos de la variable “aceleración espectral” no tienen normalidad.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y prueba de tipo Shapiro – Wilk ( $n < 50$ ). En ese sentido, se obtuvo el siguiente “p-valor”:

- P-valor = 0.507 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando la relación anterior, se concluye lo siguiente: Los datos de la variable definida como esfuerzo lateral, tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

### **Correlación de Pearson:**

En esta prueba, el planteamiento de las hipótesis es el siguiente:

- Ho: Los datos de la variable “aceleración espectral” si están relacionados.
- H1: Los datos de la variable “aceleración espectral” no están relacionados.

Asimismo, se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), y los valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson “r” y “p-valor”, son:

- $r = -0.967$ .
- P-valor = 0.164 > 0.05 → Por lo tanto, se acepta Ho.

Finalmente, analizando los valores obtenidos en la prueba de correlación, se concluye lo siguiente: Existe evidencia estadística significativa para asegurar que la variable definida como aceleración espectral, está relacionada de manera directa y negativa con el periodo, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.967, conformando una magnitud de correlación muy alta.

## V. DISCUSIÓN:

**Objetivo específico 1: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S.**

En la investigación realizada por (VALDEZ, 2021), los desplazamientos obtenidos por el monumento histórico Iglesia San Cristóbal, se muestran a continuación:

Tabla 20: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal.

Dirección	Análisis modal espectral	Análisis no lineal
X	0.160 m.	0.04 m.
Y	0.175 m.	0.05 m.

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 60)

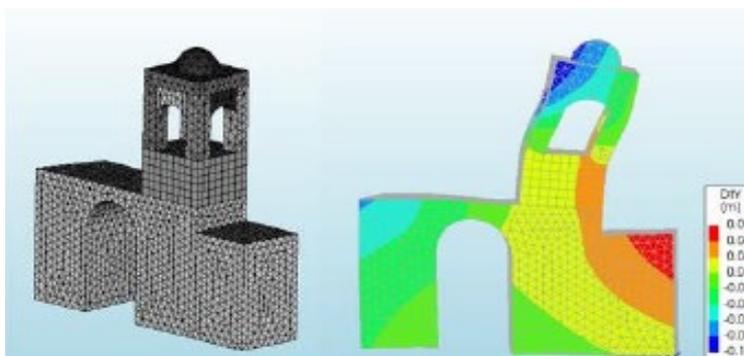


Figura 120: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal.

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 44)

En la tabla 20, se observa que los valores máximos de desplazamiento alcanzados por la Iglesia San Cristóbal son: en el análisis estático no lineal son  $X = (0; 0.04)$  m. e  $Y = (0; 0.05)$  m., mientras que en el análisis modal espectral son  $X = (0; 0.16)$  m. e  $Y = (0; 0.17)$  m., en ambas direcciones respectivamente. También, en la figura 120 se observa una zona crítica en el campanario, relacionada a este indicador.

Asimismo, en la investigación realizada por (ROJAS & ISIDRO, 2021), los desplazamientos obtenidos por el monumento histórico Iglesia San Lázaro, se muestran a continuación:

Tabla 21: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Lázaro.

Dirección	Análisis no lineal
X	0.026 m.
Y	0.024 m.

Fuente: (ROJAS & ISIDRO, 2021, pág. 117)

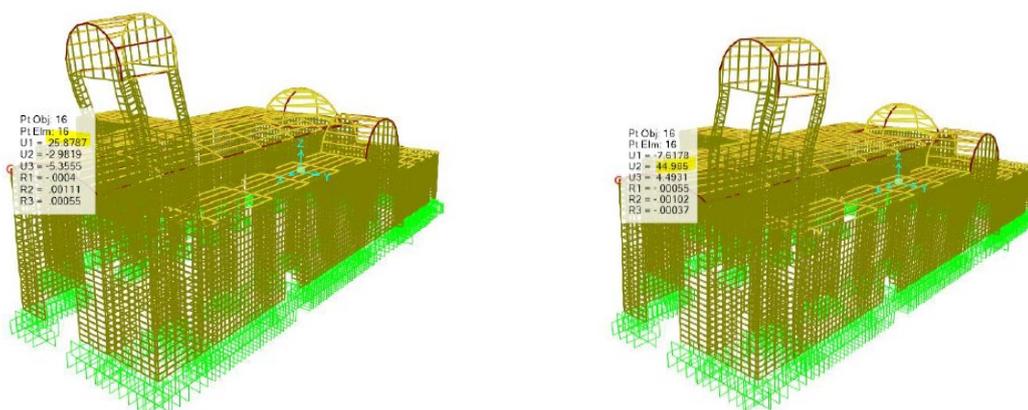


Figura 121: Desplazamientos laterales máximos - Iglesia San Lázaro.

Fuente: (ROJAS & ISIDRO, 2021, pág. 117)

En la tabla 21 y figura 121, se observan que los valores máximos de desplazamiento lateral, alcanzados por la Iglesia San Lázaro, mediante el análisis estático no lineal son  $X = (0;0.04)$  m. e  $Y = (0;0.05)$  m., en ambas direcciones respectivamente.

Por otra parte, en la presente investigación, los desplazamientos laterales obtenidos por el monumento histórico O.F.S, son los siguientes:

Tabla 18: Desplazamientos laterales máximos - O.F.S.

Dirección	Análisis modal espectral	Análisis no lineal
X	0.29 m.	0.03 m.
Y	0.04 m.	0.35 m.

Fuente: Propia

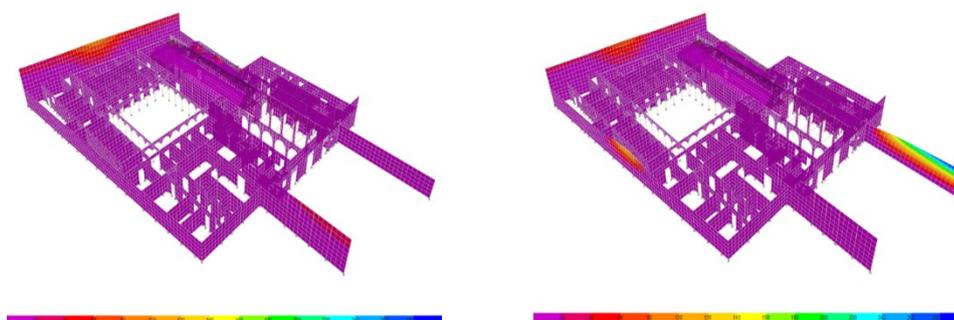


Figura 122: Desplazamientos laterales máximos - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la tabla 18 y figura 122, se observan que los valores máximos de desplazamiento lateral, alcanzados por el monumento histórico O.F.S., analizados mediante metodologías convencionales, son: en el análisis estático no lineal  $X = (0.00; 0.03)$  m. e  $Y = (0.00; 0.35)$  m., mientras que en el análisis modal espectral se obtuvieron valores para  $X = (0.00; 0.29)$  m. e  $Y = (0.00; 0.04)$  m., en ambas direcciones respectivamente.

En consecuencia, al igual que la Iglesia San Cristóbal y San Lázaro, el monumento histórico O.F.S. presenta desplazamientos laterales que sobrepasan los límites establecidos por la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 31), cuyos valores son similares a los anteriores para este tipo de estructuras, conformando una relación de similitud con las investigaciones anteriores.

**Objetivo específico 2: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S.**

En la investigación realizada por (VALDEZ, 2021), los esfuerzos obtenidos por el monumento histórico Iglesia San Cristóbal, se muestran a continuación:

Tabla 22: Esfuerzos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal.

Dirección	Análisis modal espectral				Análisis no lineal			
	Modelo sin refuerzo		Modelo con refuerzo		Modelo sin refuerzo		Modelo con refuerzo	
	Esfuerzo mín. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo máx. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo mín. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo máx. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo mín. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo máx. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo mín. ton/m <sup>2</sup>	Esfuerzo máx. ton/m <sup>2</sup>
X	-18.07	48.47	-20.59	55.50	-68.91	14.15	-48.56	12.11
Y	3.84 E-04	38.56	3.96 E-04	35.19	-34.56	9.07	-42.56	10.34

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 61)

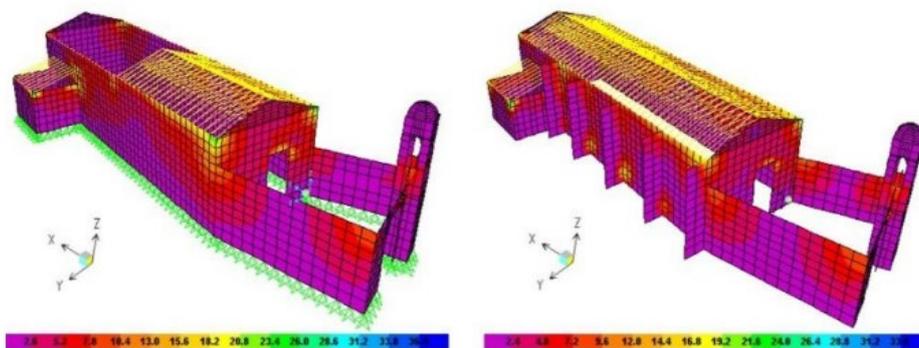


Figura 123: Esfuerzos laterales máximos - Iglesia San Cristóbal.

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 61)

En la tabla 22 y figura 123, se observan que los valores máximos de esfuerzos alcanzados por la iglesia San Cristóbal, son: mediante el análisis estático no lineal X= (-68.91;14.15) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-34.56;9.07) ton/m<sup>2</sup>. para el modelo sin refuerzo, y X= (-48.56;12.11) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-42.56;10.34) ton/m<sup>2</sup>. para el modelo reforzado, mientras que en el análisis modal espectral se obtuvo X= (-18.07;48.47) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (3.84 E-04;38.56) ton/m<sup>2</sup>. para el modelo sin refuerzo, y X= (-20.59;55.50) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (3.96 E-04;35.19) ton/m<sup>2</sup>. para el modelo reforzado.

De igual manera, en la investigación realizada por (CONDOR & MOLINA, 2019), los esfuerzos obtenidos por el monumento histórico Hotel Comercio “El Cordano”, se muestran a continuación:

Tabla 23: Esfuerzos laterales máximos - Hotel Comercio “El Cordano”.

Análisis modal espectral			
Dirección	Modelo sin refuerzo		
	Esfuerzo máx. por tracción (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. por corte (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. por compresión (ton/m <sup>2</sup> )
X	14.30	59.70	78.50
Y	12.80	58.20	92.80

Fuente: (CONDOR & MOLINA, 2019, pág. 73)

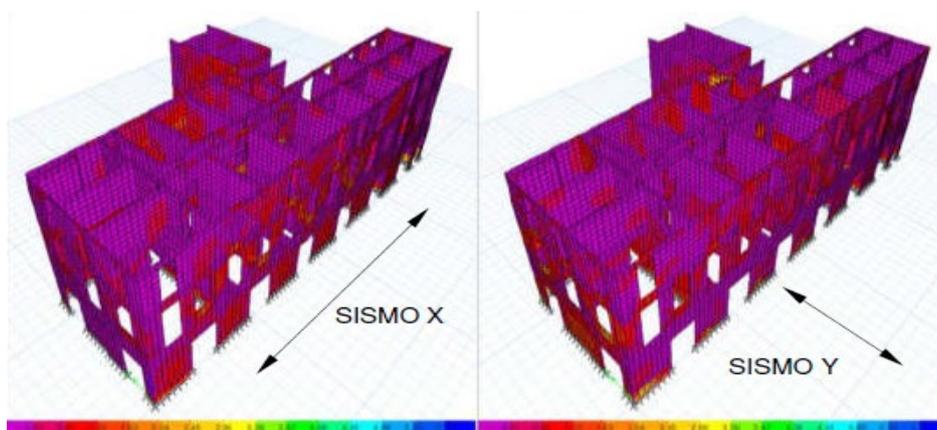


Figura 124: Esfuerzos laterales máximos - Hotel Comercio “El Cordano”.

Fuente: (CONDOR & MOLINA, 2019, pág. 73)

En la tabla 23 y figura 124, se observan que los valores máximos de esfuerzos alcanzados por el Hotel Comercio “El Cordano”, mediante el análisis modal espectral, son: esfuerzo por tracción X= 14.30 ton/m<sup>2</sup>. e Y= 12.80 ton/m<sup>2</sup>.; esfuerzo por corte X= 59.70 ton/m<sup>2</sup>. e Y= 58.20 ton/m<sup>2</sup>.; y esfuerzo por compresión X= 78.50 ton/m<sup>2</sup>. e Y= 92.80 ton/m<sup>2</sup>., en ambas direcciones respectivamente.

Por otra parte, en la presente investigación, los esfuerzos obtenidos por el monumento histórico O.F.S, son los siguientes:

Tabla 19: Esfuerzos laterales máximos - O.F.S.

Dirección	Análisis modal espectral Modelo sin refuerzo		Análisis no lineal Modelo sin refuerzo	
	Esfuerzo mín. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo mín. (ton/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máx. (ton/m <sup>2</sup> )
X	-77.56	62.29	-2.01	60.17
Y	-138.83	73.47	-41.65	61.73

Fuente: Propia.

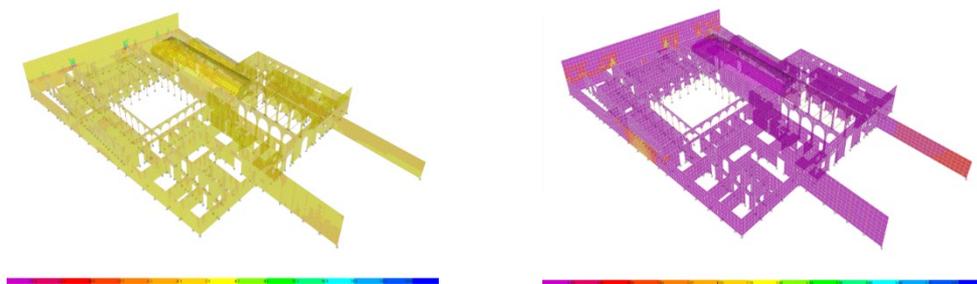


Figura 119: Esfuerzos máximos de análisis estático y modal - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la tabla 19 y figura 119, se observan que los valores máximos de esfuerzos obtenidos por el monumento histórico O.F.S., analizados mediante metodologías convencionales, son: mediante el análisis estático no lineal X= (-2.01, 60.17) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-41.65, 61.73) ton/m<sup>2</sup>.; mientras que en el análisis modal espectral son X= (-77.56, 62.29) ton/m<sup>2</sup>. e Y= (-138.83, 73.47) ton/m<sup>2</sup>., en ambas direcciones respectivamente.

En consecuencia, al igual que la Iglesia San Cristóbal y Hotel Comercio “El Cordano”, el monumento histórico O.F.S. presenta esfuerzos máximos semejantes a los casos anteriores, los cuales no son admitidos por la normativa vigente E.080 (MVCS, 2017, pág. 20) para este tipo de edificaciones, conformando una relación de similitud con las investigaciones anteriores.

**Objetivo específico 3: Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.**

En la investigación realizada por (VALDEZ, 2021), las aceleraciones espectrales obtenidas por el monumento histórico Iglesia San Cristóbal, se muestran a continuación:

Tabla 24: Aceleraciones espectrales - Iglesia San Cristóbal.

C	T(s)	Sa	C	T(s)	Sa	C	T(s)	Sa	C	T(s)	Sa
2.50	0.00	9.56	2.50	0.35	9.56	1.50	1.00	5.74	0.44	2.60	1.70
2.50	0.02	9.56	2.50	0.40	9.56	1.36	1.10	5.22	0.38	2.80	1.46
2.50	0.04	9.56	2.50	0.45	9.56	1.25	1.20	4.78	0.33	3.00	1.28
2.50	0.06	9.56	2.50	0.50	9.56	1.15	1.30	4.41	0.19	4.00	0.72
2.50	0.08	9.56	2.50	0.55	9.56	1.07	1.40	4.10	0.12	5.00	0.46
2.50	0.10	9.56	2.50	0.60	9.56	1.00	1.50	3.83	0.08	6.00	0.32
2.50	0.12	9.56	2.31	0.65	8.83	0.94	1.60	3.59	0.06	7.00	0.23
2.50	0.14	9.56	2.14	0.70	8.20	0.88	1.70	3.38	0.05	8.00	0.18
2.50	0.16	9.56	2.00	0.75	7.65	0.83	1.80	3.19	0.04	9.00	0.14
2.50	0.18	9.56	1.88	0.80	7.17	0.79	1.90	3.02	0.03	10.00	0.11
2.50	0.20	9.56	1.76	0.85	6.75	0.75	2.00	2.87			
2.50	0.25	9.56	1.67	0.90	6.38	0.62	2.20	2.37			
2.50	0.30	9.56	1.58	0.95	6.04	0.52	2.40	1.99			

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 62)

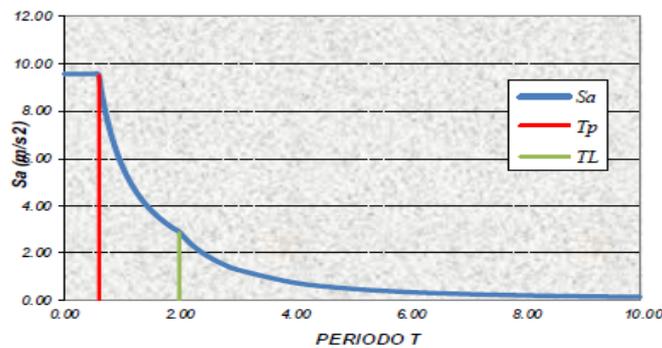


Figura 125: Espectro de aceleraciones - Iglesia San Cristóbal.

Fuente: (VALDEZ, 2021, pág. 63)

En la tabla 24 y figura 125, se observan que las aceleraciones obtenidas por la iglesia San Cristóbal, varían de 9.56 a 0.11 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s. Asimismo, se aprecia que la aceleración es constante (9.56 m/s<sup>2</sup>.) en un periodo de 0.60 s., disminuyendo progresivamente hasta un valor de 0.11 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s.

Asimismo, en la investigación realizada por (CONDOR & MOLINA, 2019), las aceleraciones espectrales obtenidas por el monumento histórico Hotel Comercio “El Cordano”, se muestran a continuación:

Tabla 25: Aceleraciones espectrales – Hotel Comercio “El Cordano”.

T	C	Sax	T	C	Sax	T	C	Sax	T	C	Sax
0.00	2.50	3.6790	0.30	2.50	3.6790	0.90	1.11	1.6350	2.00	0.50	0.7360
0.02	2.50	3.6790	0.35	2.50	3.6790	0.95	1.05	1.5490	2.25	0.44	0.6540
0.04	2.50	3.6790	0.40	2.50	3.6790	1.00	1.00	1.4720	2.50	0.40	0.5890
0.06	2.50	3.6790	0.45	0.00	3.2700	1.10	0.10	1.3380	2.75	0.33	0.4860
0.08	2.50	3.6790	0.50	2.00	2.9430	1.20	0.83	1.2260	3.00	0.28	0.4090
0.10	2.50	3.6790	0.55	1.82	2.6750	1.30	0.77	1.1320	4.00	0.16	0.2300
0.12	2.50	3.6790	0.60	1.67	2.4530	1.40	0.71	1.0510	5.00	0.10	0.1470
0.14	2.50	3.6790	0.65	1.54	2.2640	1.50	0.67	0.9810	6.00	0.07	0.1020
0.16	2.50	3.6790	0.70	1.43	2.1020	1.60	0.63	0.9200	7.00	0.05	0.0750
0.18	2.50	3.6790	0.75	1.33	1.9620	1.70	0.59	0.8660	8.00	0.04	0.0570
0.20	2.50	3.6790	0.80	1.25	1.8390	1.80	0.56	0.8180	9.00	0.03	0.0450
0.25	2.50	3.6790	0.85	1.18	1.7310	1.90	0.53	0.7740	10.00	0.03	0.0370

Fuente: (CONDOR & MOLINA, 2019, pág. 61)

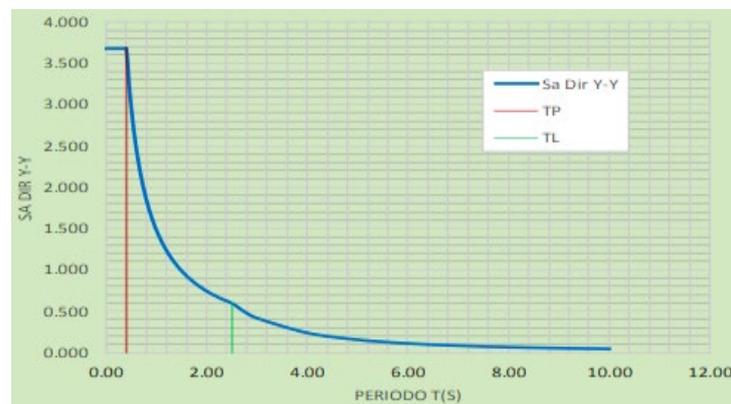


Figura 126: Espectro de aceleraciones - Hotel Comercio “El Cordano”.

Fuente: (CONDOR & MOLINA, 2019, pág. 61)

En la tabla 25, se observa que las aceleraciones obtenidas por el Hotel Comercio “El Cordano”, varían de 3.679 a 0.037 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s. Asimismo, en la figura 126, se aprecia que se alcanza una aceleración constante de 3.679 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0.40 s., disminuyendo progresivamente hasta alcanzar un valor de 0.037 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s.

Por otra parte, en la presente investigación, las aceleraciones espectrales obtenidas por el monumento histórico O.F.S., son las siguientes:

Tabla 15: Aceleraciones espectrales - O.F.S.

T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say	T	C	Sax	Say
0.00	2.50	0.649	0.649	2.40	0.69	0.180	0.180	4.60	0.19	0.049	0.049
0.20	2.50	0.649	0.649	2.60	0.59	0.154	0.154	4.80	0.17	0.045	0.045
0.40	2.50	0.649	0.649	2.80	0.51	0.133	0.133	5.00	0.16	0.042	0.042
0.60	2.50	0.649	0.649	3.00	0.44	0.115	0.115	5.20	0.15	0.038	0.038
0.80	2.50	0.649	0.649	3.20	0.39	0.101	0.101	5.40	0.14	0.036	0.036
1.00	2.50	0.649	0.649	3.40	0.35	0.090	0.090	5.60	0.13	0.033	0.033
1.20	2.08	0.541	0.541	3.60	0.31	0.080	0.080	5.80	0.12	0.031	0.031
1.40	1.79	0.464	0.464	3.80	0.28	0.072	0.072	6.00	0.11	0.029	0.029
1.60	1.56	0.406	0.406	4.00	0.25	0.065	0.065	7.00	0.08	0.021	0.021
1.80	1.23	0.321	0.321	3.20	0.39	0.101	0.101	8.00	0.06	0.016	0.016
2.00	1.00	0.260	0.260	4.20	0.23	0.059	0.059	9.00	0.05	0.013	0.013
2.20	0.83	0.215	0.215	4.40	0.21	0.054	0.054	10.00	0.04	0.010	0.010

Fuente: Propia.



Figura 78: Espectro de aceleraciones - O.F.S.

Fuente: Propia.

En la tabla 15, se observa que las aceleraciones obtenidas varían de 0.649 a 0.010 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0 a 10 s. Asimismo, en la figura 78, se observa que la aceleración toma un valor de 0.649 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 1.00 s., disminuyendo progresivamente hasta alcanzar un valor de 0.010 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s.

En consecuencia, al igual que la Iglesia San Cristóbal y el Hotel Comercio “El Cordano”, el monumento histórico O.F.S. presenta aceleraciones espectrales similares en el marco la norma E.030 (MVCS, 2020, pág. 28), conformando una relación de similitud con las investigaciones anteriores.

## VI. CONCLUSIONES:

1. Los desplazamientos laterales máximos alcanzados por el monumento histórico O.F.S., mediante la aplicación de metodologías convencionales, son: en el análisis estático no lineal 0.03 m. y 0.35 m. y en el análisis modal espectral 0.29 m. y 0.04 m., para las direcciones "X" e "Y" respectivamente, superan los límites establecidos por la norma E.030. En tal sentido, la estructura conforma la tendencia de sufrir daños estructurales irreversibles, o incluso el colapso, frente a una actividad sísmica severa.
2. Los esfuerzos máximos alcanzados por el monumento histórico O.F.S., mediante la aplicación de metodologías convencionales en su condición actual, se encuentran en los siguientes intervalos: en el análisis estático no lineal  $X = (-2.01, 60.17)$  ton/m<sup>2</sup>.;  $Y = (-41.65, 61.73)$  ton/m<sup>2</sup>, y en el análisis modal espectral  $X = (-77.56, 62.29)$  ton/m<sup>2</sup>.;  $Y = (-138.83, 73.47)$  ton/m<sup>2</sup> para ambas direcciones, cuyo valor máximo por corte sobrepasa lo admisible por la norma E.080. Por lo cual, la estructura amerita de un reforzamiento apropiado, con el propósito de controlar dichos esfuerzos producidos por sismo de diseño.
3. Las aceleraciones espectrales obtenidas por el monumento histórico O.F.S, mediante la aplicación de metodologías convencionales en su condición actual, varían de 0.649 a 0.010 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s, además, sostiene una aceleración constante de 0.649 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 0s. a 1.00 s., para después disminuir gradualmente hasta los 0.010 m/s<sup>2</sup>. en un periodo de 10 s.
4. La técnica de reforzamiento para el monumento histórico O.F.S, se planteó en base a las patologías encontradas en su estructura, siendo las celdas que rodean al Claustro Principal, el sector más vulnerable. Asimismo, debido al ínfimo estado de conservación de dicho sector, la edificación configura un estado de inhabitabilidad, justificando el reforzamiento planteado o técnicas alternas, en el marco de las normas y leyes de conservación del patrimonio cultural de la nación.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

1. Se recomienda que el monumento histórico O.F.S. sea reforzado estructuralmente, en el ámbito de las normas de sismorresistencia y conservación de patrimonio cultural, a fin de alcanzar la ductilidad en su estructura, de tal manera que se controlen las sollicitaciones sísmicas obtenidas en el análisis, ya que, en su estado actual, la edificación es propensa a sufrir daños estructurales irreversibles, frente a un sismo severo.
2. Se recomienda realizar los estudios de campo necesarios, que permitan determinar las propiedades físico-mecánicas de todos los materiales que conforman la estructura del monumento histórico a intervenir, a fin de precisar su comportamiento actual, permitiendo un reforzamiento eficiente.
3. Se recomienda elaborar un registro histórico de los daños estructurales en los monumentos históricos, ocasionados por sismo, alteraciones clandestinas o falta de mantenimiento, a fin de mantener el buen estado de conservación de los mismos, así como el buen comportamiento de la estructura, mediante oportunas intervenciones de reforzamiento.
4. Se recomienda implementar un plan de restauración arquitectónica y estructural del monumento histórico O.F.S., ya que presenta serias deficiencias estructurales frente a su demanda sísmica, poniendo en riesgo la integridad de sus ocupantes.

## REFERENCIAS

- AGUILAR, R., & OTHERS. (2021). *Integration of non-destructive testing, numerical simulations, and simplified analytical tools for assessing the structural performance of historical adobe buildings*. Andahuaylas, Perú.
- Ahmed, S., Abarca, A., Perrone, D., & Monteiro, R. (2022). *Large-scale seismic assessment of RC buildings through rapid visual screening*. Argelia: International journal of disaster risk reduction.
- Ávila, F., Martínez, J., Puertas, E., Burgos, A., & Gallego, R. (2022). *Historical and architectural study for the numerical modeling of heritage buildings: the tower of Comares of the Alhambra*. Granada: Informes de la construcción.
- Berkowski, P., Dmochowski, G., Barański, J., & Solomicki, K. (2018). *The construction history and assessment of two heritage industrial buildings in Wroclaw*. 3rd scientific conference environmental challenges in civil engineering.
- Bernardo, V., Campos Costa, A., Candeias, P., & Costa, A. (2022). *Seismic vulnerability assessment and fragility analysis of pre-code masonry buildings in Portugal*. Bulletin earthquake engineering.
- BORJA, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Castellazzi, G., Maria D'Altri, A., De Miranda, S., & Ubertini, F. (2017). *An innovative numerical modeling strategy for the structural analysis of historical monumental buildings*. Bologna: Engineering Structures.
- Centro nacional de estimación, prevención, y reducción del riesgo de desastres - CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por sismo y tsunami para Lima y Callao*. Lima.
- CHACÓN, J., & OTROS. (2021). *Evaluación y reforzamiento de una estructura patrimonial de adobe con irregularidad en planta*. Quito, Ecuador.
- CONDOR, E., & MOLINA, G. (2019). *Reforzamiento estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural Hotel Comercio "El Cordano"*. Lima, Perú.

- DELGADO, E. L. (2019). *Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales*. Riobamba, Ecuador.
- Dmochowski, G., Berkowski, P., Szolomicki, J., & Minch, M. (2020). *Reinforced concrete floors in historic buildings from the beginning and the middle of the 20th Century*. Silesia: International conference on structural analysis of historical constructions.
- Dogan, T., Kizilkula, T., Mohammadi, M., Erkan, I., Kabas, H., & Arslan, M. (2021). *Comparative study on the rapid seismic evaluation methods of reinforced concrete buildings*. Estambul: International journal of disaster risk reduction.
- Farahani, E., Yekrangnia, M., Rezaie, M., & Bento, R. (2021). *Seismic behavior of masonry walls retrofitted by centercore technique: A numerical study*. Construction and building materials.
- Farinango, L., Herrera, H., Correa, M., Hernández, L., & Parra, G. (2022). *Evaluación sísmica y rehabilitación de una edificación universitaria construida hace más de 40 años*. Quito: Ciencia, ingeniería y aplicaciones.
- Ferraioli, M., Lavino, A., Abruzzese, D., Mandara, A., & Maria Avossa, A. (2023). *Seismic vulnerability analysis and structural rehabilitation of a historical masonry tower*. Roma: Procedia Structural Integrity.
- FERRERO, C., & OTHERS. (2021). *Combined use of deformation and structural analysis for the structural damage assessment of heritage buildings: A case study in the Liguria region*. Liguria, Italy.
- Flores Salazar, L. G., & Ferreira, T. M. (2019). *Vulnerabilidad sísmica para la rehabilitación del patrimonio Cultural. un acercamiento teórico - institucional*. Oporto.
- Franco Taboada, J. A., & Tarrío Carrodeguas, S. (2022). *Formal and structural analysis of the church of Santa María del Camino in Santiago de Compostela*. Santiago de Compostela: Expresión gráfica arquitectónica.
- GAXIOLA, D. (2018). *Modelación del comportamiento estructural del templo de San Antonio para diferentes estados de degradación del material*. Aguascalientes, México.
- Gentile, R., Galasso, C., Idris, Y., Rusydy, I., & Meilianda, E. (2019). *From rapid visual survey to multi-hazard risk prioritisation and numerical fragility of school buildings*. Indonesia: Natural hazards and earth system sciences.

- Gobierno de Argentina. (s.f.). *Instituto Nacional de Prevención Sísmica*. Argentina.
- Gobierno de España. (2009). *NCSE-02*.
- Gobierno de España. (s.f.). *Ley 16/1985 Ley del Patrimonio Histórico Español*.
- Gobierno de México. (s.f.). *INAH*. México. Obtenido de <https://www.inah.gob.mx/>
- Gutierrez, M. V. (2017). Análisis crítico de la restauración de la Casa Osambela en 1981.
- IGP. (2019). *Archivo de noticias institucionales*. Lima, Perú.
- (2019). *ISO 31010*.
- KARANIKOLOUDIS, G., & LOURENCO, P. (2018). *Structural assessment and seismic vulnerability of earthen historic structures. Application of sophisticated numerical and simple analytical models*. Guimaraes, Portugal.
- Martínez, J., Ávila, F., Puertas, E., Burgos, A., & Gallego, R. (2022). *Historical and architectural study for the numerical modeling of heritage buildings the Tower of Comares of the Alhambra*. Granada: Informes de la construcción.
- Máximo Romero, P., Ramos Aguilar, R., Soto Hernandez, R., Sámano Rojas, B. I., Tetlatmalzin Vázquez, D. L., Galindo Lopez, V., . . . Yáñez Pérez, G. (2019). Evaluación de los daños ocasionados por sismos en el Patrimonio Cultural del Estado de Puebla.
- MML. (2023). *Programa para la recuperación del centro histórico de Lima*. Lima, Perú.
- Morales, R. F. (2004). *Revista de la Univ. de Mendoza, Argentina*.
- Music Tomicic, J. A., & Soto Ramírez, F. I. (2021). *Characterization of high-rise reinforced concrete buildings located in Antofagasta, Chile, by means of structural indexes*. Antofagasta: Ingeniería e investigación.
- MVCS. (2014). *Fichas para la repación de viviendas de adobe*. Lima, Perú.
- MVCS. (2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: El Peruano.
- MVCS. (2020). *Norma A.140 Bienes Culturales Inmuebles, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- MVCS. (2020). *Norma E.020 Cargas, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- MVCS. (2020). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO.

- MVCS. (2020). *Norma E.050 Suelos y cimentaciones, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO.
- MVCS. (2020). *Norma E.060 Concreto armado, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO.
- MVCS. (2021). *Norma A.140 Bienes Culturales Inmuebles del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: El Peruano.
- Ortiz Mansilla, R. O., Fuentes Sazo, N. A., Jamet Aguilar, A. E., Moya Arredondo , A. A., González Moya, M. A., Varela Díaz, M. P., . . . Martínez Ramírez, P. H. (2019). *Use of non-destructive testing for the evaluation of the preservation state of Iquique Clock Tower, Chilean Historic Monument*. Valparaíso: Universidad de Valparaíso.
- QUISHPE, L. V., & TORRES, J. A. (2022). *Influencia de la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del adobe en el comportamiento estructural de viviendas patrimoniales*. Riobamba, Ecuador.
- ROCHEL, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
- ROJAS, G., & ISIDRO, I. (2021). *Análisis estructural de la iglesia San Lázaro del Centro Histórico del Rímac*. Lima, Perú.
- RUIZ, D., & OTROS. (2023). *Reforzamiento estructural de edificaciones patrimoniales en tierra de 1 y 2 pisos: aplicación de la normativa AIS-610-EP-2017*. Colombia.
- SÁNCHEZ, S., & OTROS. (2020). *Análisis estructural del teatro principal de Castellón*. Valencia, España.
- UNESCO. (1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*. Paris, Francia.
- UNI. (1993). *Inventario FAUA*. Lima, Perú.
- VALDEZ, M. (2021). *Comportamiento estructural de monumentos históricos mediante metodologías convencionales - iglesia San Cristobal*. Ayacucho, Perú.

## **ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de consistencia.

Título: “Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023”.

Autor: Nuevo Siancas, Santiago Enrique.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO
<p><b>General:</b> ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en el comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p><b>General:</b> Determinar el comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S., analizado mediante metodologías convencionales.</p>	<p><b>General:</b> El comportamiento estructural del monumento histórico O.F.S., cambia considerablemente mediante el análisis convencional.</p>	<p><b>Independiente:</b>  Metodologías convencionales</p>	<p>Método de elementos finitos</p>	Esfuerzos laterales (ton/m <sup>2</sup> )	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Deformaciones	
Carga de compresión (ton)						
<p><b>Específicos:</b> ¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p><b>Específicos:</b> Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los desplazamientos del monumento histórico O.F.S.</p>	<p><b>Específicos:</b> Los desplazamientos del monumento histórico O.F.S., se incrementan considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales.</p>	<p>Metodologías convencionales</p>	<p>Análisis estático no lineal</p>	Cortante basal (ton)	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Aceleración espectral (m/s <sup>2</sup> )	
<p>¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p>Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en los esfuerzos del monumento histórico O.F.S.</p>	<p>Los esfuerzos del monumento histórico O.F.S., son mínimos mediante el análisis con metodologías convencionales.</p>	<p><b>Dependiente:</b>  Comportamiento estructural</p>	<p>Diseño sismorresistente</p>	Categoría de uso	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Categoría de zona	
Perfiles de suelo						
<p>¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p>Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.</p>	<p>Las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S., cambian considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales.</p>	<p>Comportamiento estructural</p>	<p>Desplazamiento lateral espectral modal</p>	Desplazamiento lateral (m)	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Deformaciones (m/m)	
Frecuencias (Hz)						
<p>¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p>Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.</p>	<p>Las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S., cambian considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales.</p>	<p>Comportamiento estructural</p>	<p>Esfuerzo modal espectral</p>	Fuerzas horizontales (ton-f)	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Tensión (ton/m <sup>2</sup> )	
Peso sísmico (ton)						
<p>¿Cómo influye el análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S.?</p>	<p>Determinar la influencia del análisis mediante metodologías convencionales, en las aceleraciones del monumento histórico O.F.S.</p>	<p>Las aceleraciones espectrales del monumento histórico O.F.S., cambian considerablemente mediante el análisis con metodologías convencionales.</p>	<p>Comportamiento estructural</p>	<p>Espectro de aceleración</p>	Factor de amplificación	<p>Ficha de recolección de datos, según norma E.030</p>
					Periodo fundamental de vibración (s)	
Espectro sísmico (m/s <sup>2</sup> )						

## Anexo 02. Matriz de operacionalización.

Título: “Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023”.

Autor: Nuevo Siancas, Santiago Enrique.

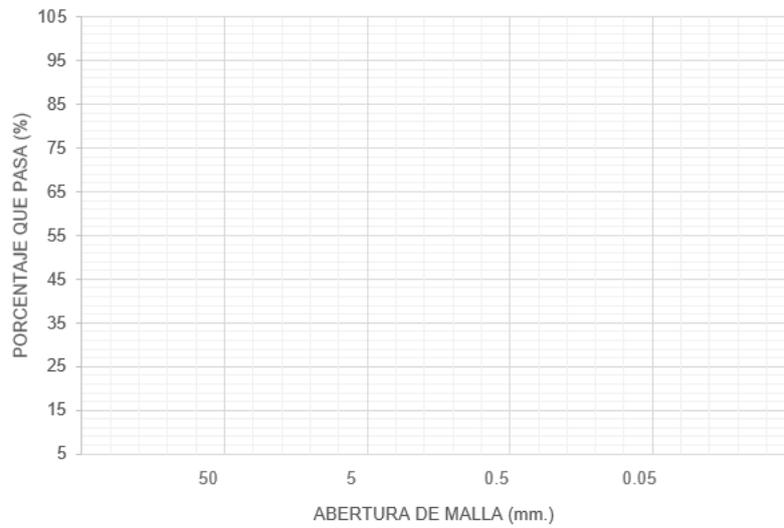
TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA
Independiente	Metodologías convencionales	Son procedimientos tradicionales utilizados para determinar el comportamiento de una estructura. Las metodologías empleadas para este proyecto de investigación son: método de elementos finitos, análisis estático no lineal y diseño sismorresistente. (MVCS, 2020, pág. 25)	Los procedimientos considerados como metodologías convencionales, son medibles a través de los indicadores establecidos para esta investigación, en el marco de la norma E.030. (MVCS, 2020)	Método de elementos finitos	Esfuerzos laterales (ton/m <sup>2</sup> )	Razón
					Deformaciones	
					Carga de compresión (ton)	
				Análisis estático no lineal	Cortante basal (ton)	Razón
					Aceleración espectral (m/s <sup>2</sup> )	
					Periodo fundamental (s)	
Diseño sismorresistente	Categoría de uso	Razón				
	Categoría de zona					
	Perfiles de suelo					
Dependiente	Comportamiento estructural	Es la respuesta que manifestará el sistema estructural, expresada en valores numéricos que representan a los desplazamientos y deformaciones, como consecuencia de fuerzas externas. Dicha respuesta debe ser sísmicamente óptima, para evitar la pérdida de vidas humanas y reducir los daños estructurales. (MVCS, 2020, pág. 9)	Este comportamiento estructural es medible mediante el procedimiento de análisis implantado por la norma E.030, considerando que la totalidad de las fuerzas sísmicas actúan en dos direcciones. Se tomarán los valores máximos relacionados con los indicadores establecidos para cada dimensión. (MVCS, 2020)	Desplazamiento lateral espectral modal	Desplazamiento lateral (m)	Razón
					Deformaciones (m/m)	
					Frecuencias (Hz)	
				Esfuerzo modal espectral	Fuerzas horizontales (ton-f)	Razón
					Tensión (ton/m <sup>2</sup> )	
					Peso sísmico (ton)	
				Espectro de aceleración	Factor de amplificación	Razón
					Periodo fundamental de vibración (s)	

### **Anexo 03. Instrumentos de recolección de datos.**



COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)		D30 (mm)		D60 (mm)	
D15 (mm)		D50 (mm)		D85 (mm)	
Cu =			Cc =		

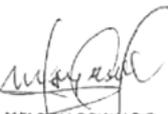
### CURVA GRANULOMÉTRICA



### CLASIFICACIÓN DE SUELO - SUCS

  
 HOMERO PERCY  
 AGUEDO LLUQUE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 68405

  
 WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingeniero N° 81215

  
 WILSON OSWALDO  
 CERNA FRANCISCO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 131990

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO**

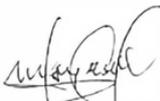
Título : "Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima –2023"  
 Elaboración : Nuevo Siancas, Santiago Enrique.      Región : Lima  
 Calicata :      Provincia : Lima  
 Estrato :      Distrito : Lima  
 Fecha :      Lugar : Av. Abancay 137

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)	
Recipiente	Unidad	17	68	59	14	15
Peso recipiente + suelo húmedo	gr.					
Peso recipiente + suelo seco	gr.					
Peso del recipiente	gr.					
Peso del suelo seco	gr.					
Peso del agua	gr.					
Contenido de humedad	%					
Número de golpes		18	22	27		

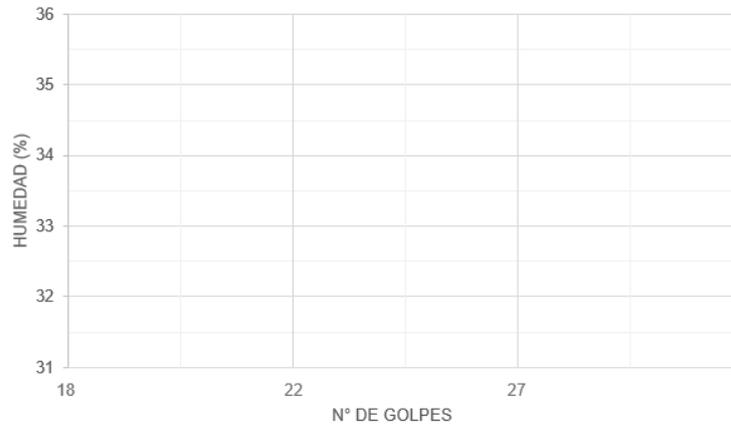
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	
LP (%) =	
LL - LP = IP (%) =	

  
 -----  
 HOMERO PERCY  
 AGUEDO LAUQUE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 68405

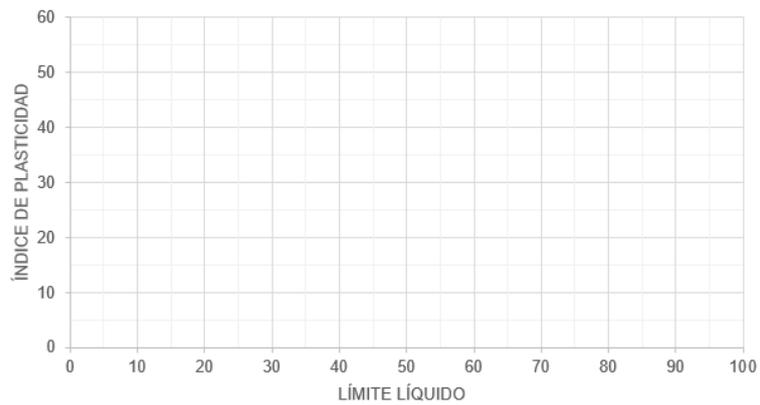
  
 -----  
 WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 81215

  
 -----  
 WILSO FRANCISCO  
 CERNA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 131990

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ

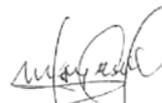


### CARTA DE PLASTICIDAD



  
-----  
HOMERO PERCY  
AGUEDO LUJÁN  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 68405

  
-----  
WILDER ALBERTO FERNÁNDEZ CASTILLO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingeniero N° 81215

  
-----  
WILSO FOSALDO  
CERNA FRANCISCO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 131990

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – COMPRESIÓN DE ADOBE**

Título : "Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023"  
 Elaboración : Nuevo Siancas, Santiago Enrique.  
 Fecha :

TABLA N°01 – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y FÍSICAS (NORMA E.080)

Identificación de espécimen	Dimensiones (mm.)			Area neta (cm <sup>2</sup> .)	Peso (gr.)
	Largo	Ancho	Altura		
1					
2					
3					
4					
5					
6					

TABLA N°02 – COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE (NORMA E.080)

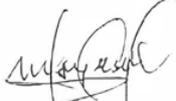
Identificación de espécimen	P max. (kg.)	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> .)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Promedio		

Observaciones :

Especificaciones :

  
 -----  
**HOMERO PERCY AGUADO LAUQUE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 68405

  
 -----  
**WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingeniero N° 81215

  
 -----  
**WILSON OSWALDO CERMA FRANCISCO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 131990

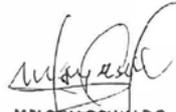
## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – ANÁLISIS SÍSMICO

Título : "Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima – 2023"  
 Elaboración : Nuevo Siancas, Santiago Enrique.  
 Fecha :

01. INFORMACIÓN GENERAL						
01.01. Ubicación:						
Distrito :			Altitud :			
Provincia :			Latitud :			
Región :			Longitud :			
02. METODOLOGÍAS CONVENCIONALES						
02.01. Dimensión 01:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Esfuerzo lateral	ton/m2.	Deformación	m/m.	Carga de compresión	ton.	
02.02. Dimensión 02:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Cortante basal	ton.	Aceleración espectral	m/s2.	Periodo fundamental	s.	
02.03. Dimensión 03:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Categoría de uso	-	Categoría de zona	-	Perfil de suelo	-	
03. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL						
03.01. Dimensión 01:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Desplazamiento lateral	m.	Deformación	m/m.	Frecuencia	hz.	
03.02. Dimensión 02:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Fuerzas horizontales	ton-f.	Tensión	ton/m2.	Peso sísmico	ton.	
03.03. Dimensión 03:						
Indicador 01:	Unidad	Indicador 02:	Unidad	Indicador 03:	Unidad	
Factor de amplificación		Periodo fundamental	s.	Espectro sísmico	m/s2.	

  
 -----  
 HOMERO PERCY  
 AGUEDO LUQUE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 68405

  
 -----  
 WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 81215

  
 -----  
 WILSON OSVALDO  
 CERNA FRANCISCO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 131990

**Anexo 04. Evaluación por juicio de expertos.**

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: AGUEDO LLUQUE, HOMERA PERCY

N° de registro CIP: 68405

Especialidad: ING. CIVIL

Autor del instrumento: Nuevo Siancas, Santiago Enrique

Instrumento de evaluación: Clasificación de suelos, análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico, ficha de recolección de datos de análisis estructural.

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Comportamiento estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Comportamiento estructural.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable del estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Comportamiento estructural.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable.)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-----  
-----

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5.0

Lima, 17 de junio del 2023

  
-----  
HOMERA PERCY  
AGUEDO LLUQUE  
INGENIERO CIVIL  
Reo. CIP N° 68405

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: FERNANDEZ CASTILLO, WILDER ALBERTO

N° de registro CIP: 81215

Especialidad: ING. CIVIL

Autor del instrumento: Nuevo Siancas, Santiago Enrique

Instrumento de evaluación: Clasificación de suelos, análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico, ficha de recolección de datos de análisis estructural.

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Comportamiento estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					5
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Comportamiento estructural.					5
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					5
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					5
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable del estudio.					5
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					5
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Comportamiento estructural.					5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					5
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>50</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable.)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-----  
-----

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5.0

Lima, 17 de junio del 2023

  
WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingeniero N° 81215

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: CERNA FRANCISCO, WILSON OSWALDO

N° de registro CIP: 131990

Especialidad: ING. CIVIL

Autor del instrumento: Nuevo Siancas, Santiago Enrique

Instrumento de evaluación: Clasificación de suelos, análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico, ficha de recolección de datos de análisis estructural.

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Comportamiento estructural, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Comportamiento estructural.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable del estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Comportamiento estructural.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>50</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable.)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-----  
-----

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5.0

Lima, 14 de junio del 2023

  
WILSON OSWALDO  
CERNA FRANCISCO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 131990

## Anexo 05. Resultado de reporte turnitin.

ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=2228382939&s=1&u=1137196034&lang=es&ro=103&student\_user=1

feedback studio SANTIAGO ENRIQUE NUEVO SIANCAS | DPI - Nuevo Siancas Santiago (30.11) TURNITIN.docx



### UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

"Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023"

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

**AUTOR:**  
Nuevo Siancas, Santiago Enrique (0000-0003-4220-6907)

**ASESOR:**  
Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**  
Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA – PERÚ**  
2023

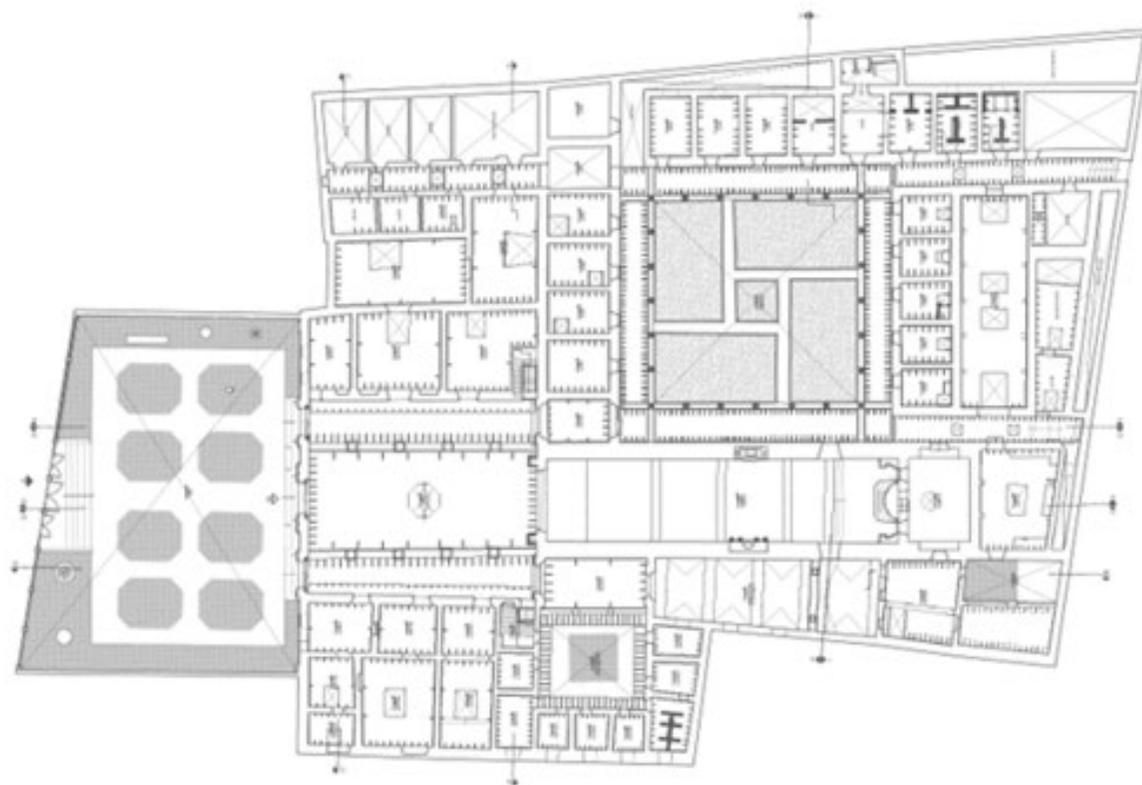
#### Resumen de coincidencias

**15 %**

2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
7	repositorio.unab.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Entregado a National In... Trabajo del estudiante	<1 %
9	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	atenaeditora.com.br Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Giulio Lucio Sergio Sac... Publicación	<1 %
15	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %

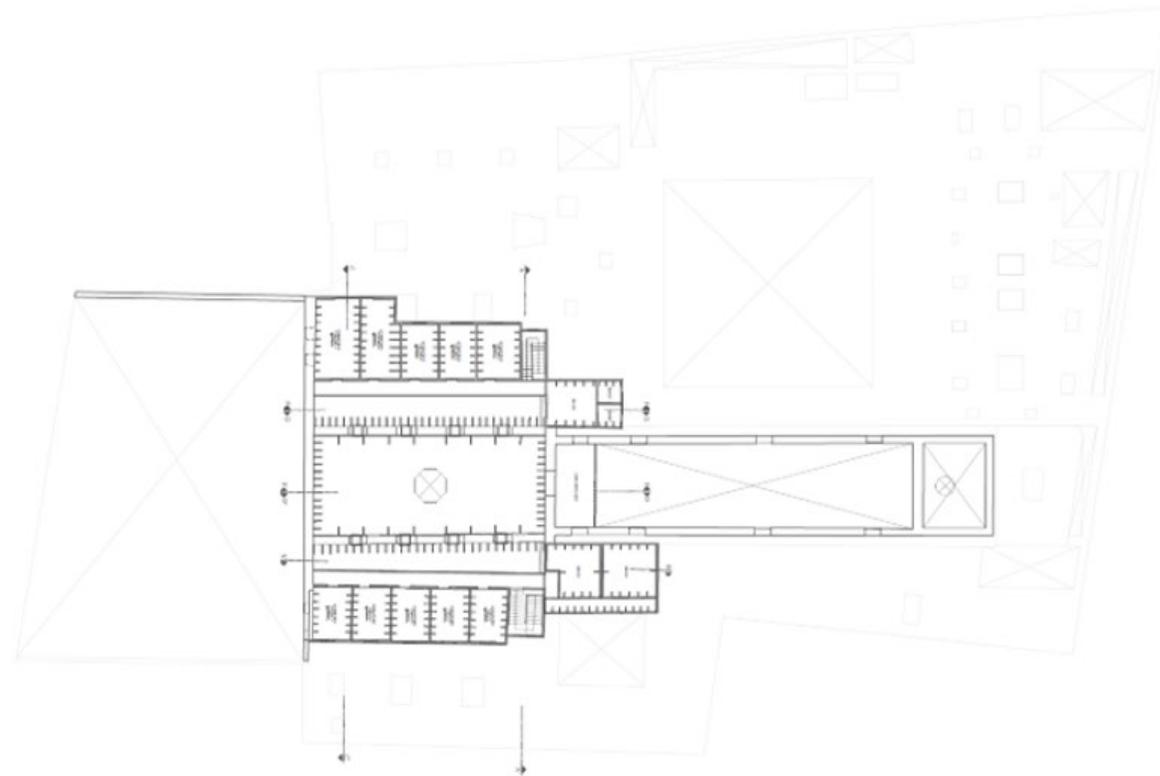
Página: 1 de 109 | Número de palabras: 19245 | Versión solo texto del informe | Alta resolución | Apagado

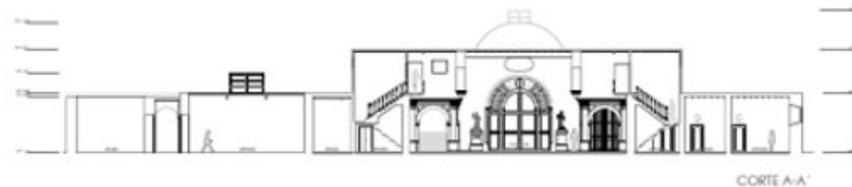
**Anexo 06. Planos.**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

<b>Título:</b> Comportamiento estructural mediante metodologías convencionales del monumento histórico O.F.S. en Av. Abancay 137, Lima - 2023.	<b>Ubicación:</b> Av. Abancay Nº137	<b>Autor:</b> Nuevo Siancas, Santiago Enrique.	<b>Fecha:</b> Octubre, 2023.
	<b>Provincia:</b> Lima.	<b>Escuela:</b> Escuela profesional de ingeniería civil.	<b>Escala:</b> 1:400
	<b>Distrito:</b> Lima.	<b>Curso:</b> Proyecto de investigación I	<b>Lámina:</b>  <b>A-01</b>
	<b>Departamento:</b> Lima.	<b>Asesor:</b> Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto.	
<b>Especialidad:</b> Arquitectura.			
<b>Plano:</b> Planta: primer piso			





**Anexo 07. Normativa.**



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

# NORMA E.020

# CARGAS

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.030**  
**DISEÑO**  
**SISMORRESISTENTE**

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.050**  
**SUELOS Y**  
**CIMENTACIONES**

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.080**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**  
**CON TIERRA REFORZADA**

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL

**Anexo 08. Resultados de ensayos de laboratorio.**

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CÚBICAS EN ADOBES**

(NTP E.080 Diseño y construcción de tierra reforzada)

CERTIFICADO N° : 001-RCA-23

INTEGRANTE : NUEVO SIANCAS SANTIAGO

PROYECTO : TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"

UBICACIÓN : AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA

SUPERVISIÓN : ---

**INFORME DE ENSAYO**

Norma : Norma E.080 Diseño y construcción de tierra reforzada

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE ROTURA	LADO (cm <sup>2</sup> )	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAX. (kg-f)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESULTADO (Promedio)	EDAD días
1	ADOBE M-1	13/10/23	20/10/23	10.0	100.00	910.5	9.1	9.0	7
2	ADOBE M-2			10.0	100.00	924.7	9.2		
3	ADOBE M-3			10.0	100.00	898.4	9.0		
4	ADOBE M-4			10.0	100.00	896.0	9.0		
5	ADOBE M-5			10.0	100.00	932.2	9.3		
6	ADOBE M-6			10.0	100.00	828.6	8.3		

Diseño:

R A/C ---

**NOTA ILUSTRATIVA:** Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estandar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayos a la misma edad.

**OBSERVACIONES :**

**PRENSA HIDRÁULICA**

MARCA: ELE INTERNATIONAL  
 MODELO: ADR 1500  
 SERIE: 1796-8-2571  
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-487-2023  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: 10/07/2023

**LAB. INGGEOS S.A.Ç.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

*Juan Jesús Ventura Roque*

**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43999

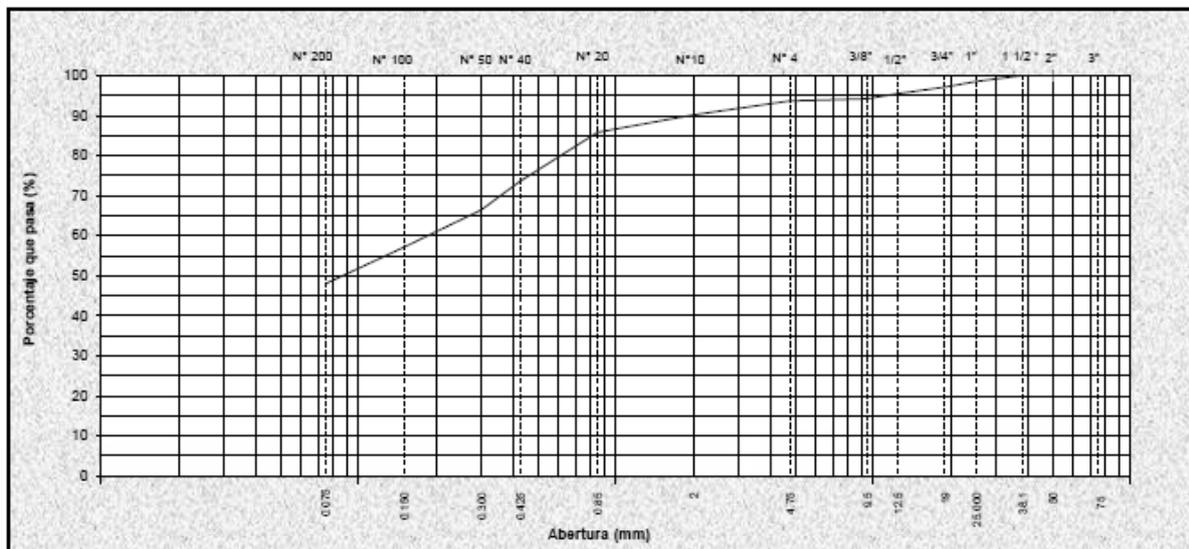
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
(NORMA ASTM D6913)	
CERTIFICADO N° 001-CLASF-23	
<b>SOLICITANTE</b>	: NUEVO SIANCAS SANTIAGO
<b>PROYECTO</b>	: TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA
<b>SUPERVISIÓN</b>	: ---
<b>FECHA</b>	: 18/10/2023

**DATOS DE MUESTRA**

**MATERIAL** : PROPIO. \_\_\_\_\_ **PESO INICIAL:** 4505.1 g.  
**CANTERA** : - \_\_\_\_\_ **TAMAÑO MÁXIMO:** 1"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	-	Arena arcillosa
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	68.6	1.5	1.5	98.5		
3/4"	19.000	63.0	1.4	2.9	97.1		<b>GRAVAS</b> = 6.4 %
1/2"	12.500	72.4	1.6	4.5	95.5		<b>ARENAS</b> = 45.5 %
3/8"	9.500	56.2	1.2	5.8	94.2		<b>FINOS</b> = 48.1 %
N° 4	4.750	27.4	0.6	6.4	93.6		<b>TOTAL</b> = 100.0 %
N° 10	2.000	155.6	3.5	9.8	90.2		
N° 20	0.850	195.9	4.3	14.2	85.8		<b>Clasificación SUCS ASTM D2487</b>
N° 40	0.425	549.5	12.2	26.4	73.6		SC
N° 50	0.300	323.3	7.2	33.6	66.4		<b>Clasificación AASHTO</b>
N° 100	0.150	421.0	9.3	42.9	57.1		A-7-6 (2)
N° 200	0.075	405.6	9.0	51.9	48.1		
< N° 200	FONDO	2166.6	48.1	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Ejecución:** Tec. Jorge Bolo  
**Revisión:** Ing. Juan J. Ventura Roque

**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL. CIP 43999

<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> (NORMA ASTM D4318) CERTIFICADO Nº 001-LL-23	
<b>PROYECTO:</b>	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"
<b>FECHA:</b>	18/10/2023
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA
<b>CONTRATISTA:</b>	NUEVO SIANCAS SANTIAGO
<b>SUPERVISIÓN:</b>	---

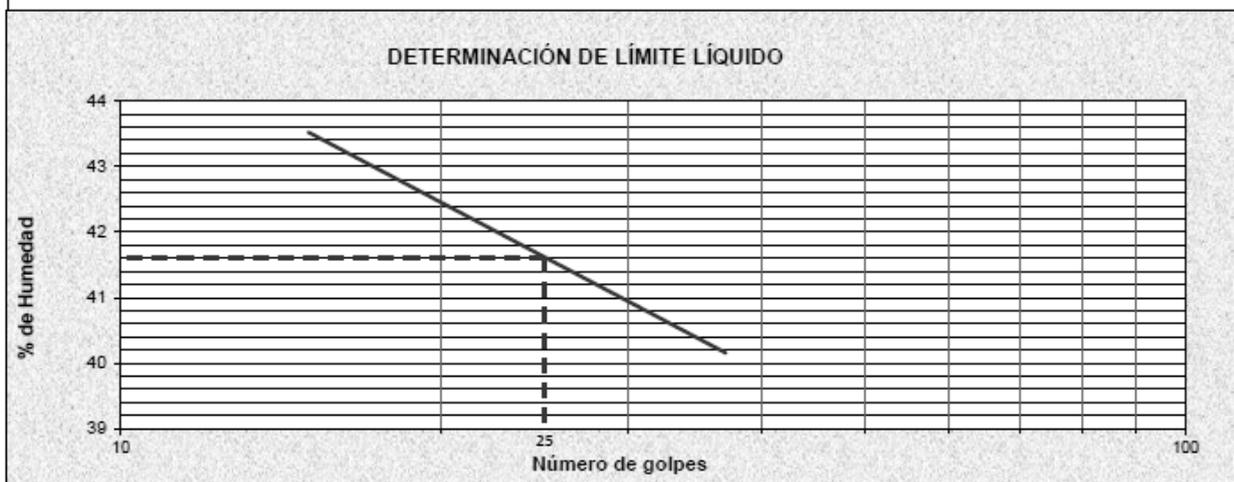
**DATOS DE MUESTRA**  
**MATERIAL:** PROPIO  
**CANTERA:** -

**LÍMITE LÍQUIDO**

ENSAYO Nº	01	02	03	04
Nº de Golpes	36	30	21	16
Recipiente Nº	A4	A5	A1	A10
R + Suelo Hum.	30.93	27.70	27.78	28.58
R + Suelo Seco	25.98	23.60	23.54	24.05
Peso de agua	5.0	4.1	4.2	4.5
Peso de Recip.	13.63	13.64	13.51	13.57
Peso de S. Seco	12.4	10.0	10.0	10.5
% de Humedad	40.08	41.16	42.27	43.23

**LÍMITE PLÁSTICO**

ENSAYO Nº	01	02
Recipiente Nº	C1	D16
R + Suelo Hum.	19.72	19.83
R + Suelo Seco	18.63	18.76
Peso de agua	1.1	1.1
Peso de Recip.	13.52	13.77
Peso de S. Seco	5.1	5.0
% de Humedad	21.33	21.34



RESULTADOS	
Límite Líquido	42
Límite Plástico	21
Ind. Plástico	20

Ejecución: Tec. Jorge Bolo  
 Revision: Ing. Juan J. Ventura Roque

**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43999

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA ASTM D6913)  
CERTIFICADO Nº 002-CLASF-23

**SOLICITANTE** : NUEVO SIANCAS SANTIAGO

**PROYECTO** : TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"

**UBICACIÓN** : AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA

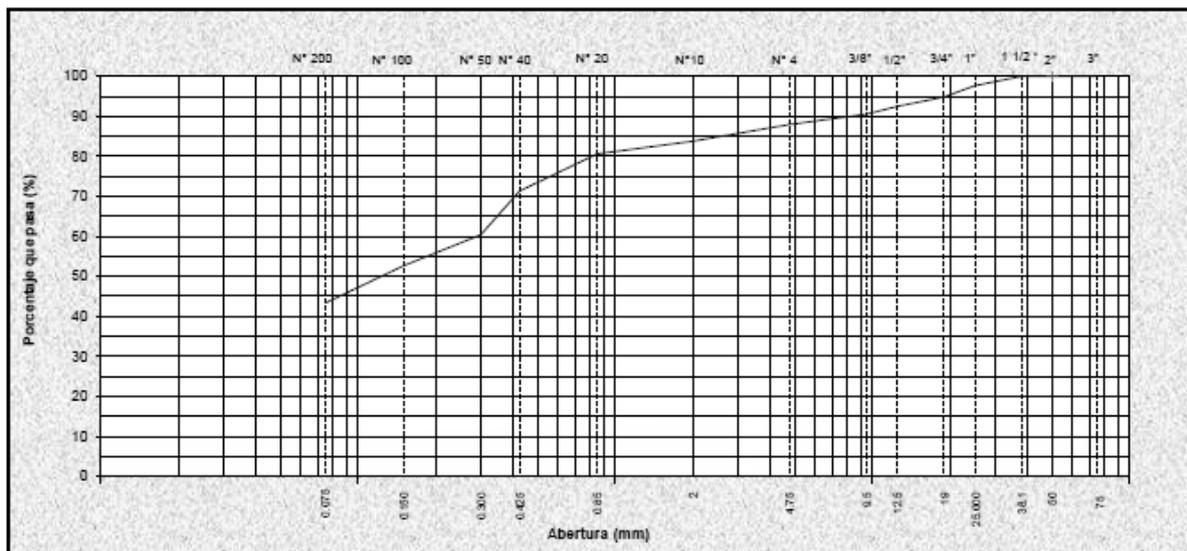
**SUPERVISIÓN** : --- **FECHA** : 18/10/2023

**DATOS DE MUESTRA**

**MATERIAL** : PROPIO. **PESO INICIAL:** 5178.7 g.  
**CANTERA** : - **TAMAÑO MÁXIMO:** 1"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	-	Arena arcillosa  <b>GRAVAS</b> = 12.1 % <b>ARENAS</b> = 44.5 % <b>FINOS</b> = 43.4 % <b>TOTAL</b> = 100.0 %  <b>Clasificación SUCS ASTM D2487</b>  SC  <b>Clasificación AASHTO</b>  A-7-6 (2)
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2 "	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	123.5	2.4	2.4	97.6		
3/4"	19.000	145.7	2.8	5.2	94.8		
1/2 "	12.500	120.2	2.3	7.5	92.5		
3/8"	9.500	101.1	2.0	9.5	90.5		
Nº 4	4.750	135.8	2.6	12.1	87.9		
Nº 10	2.000	214.4	4.1	16.2	83.8		
Nº 20	0.850	165.8	3.2	19.4	80.6		
Nº 40	0.425	477.7	9.2	28.7	71.3		
Nº 50	0.300	568.9	11.0	39.6	60.4		
Nº 100	0.150	401.1	7.7	47.4	52.6		
Nº 200	0.075	476.8	9.2	56.6	43.4		
< Nº 200	FONDO	2247.7	43.4	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Ejecución:** Tec. Jorge Bolo  
**Revisión:** Ing. Juan J. Ventura Roque

**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL. CIP 43999

<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> (NORMA ASTM D4318) CERTIFICADO Nº 002-LL-23	
<b>PROYECTO:</b>	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGIAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"
<b>FECHA:</b>	18/10/2023
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA
<b>CONTRATISTA:</b>	NUEVO SIANCAS SANTIAGO
<b>SUPERVISIÓN:</b>	---

**DATOS DE MUESTRA**

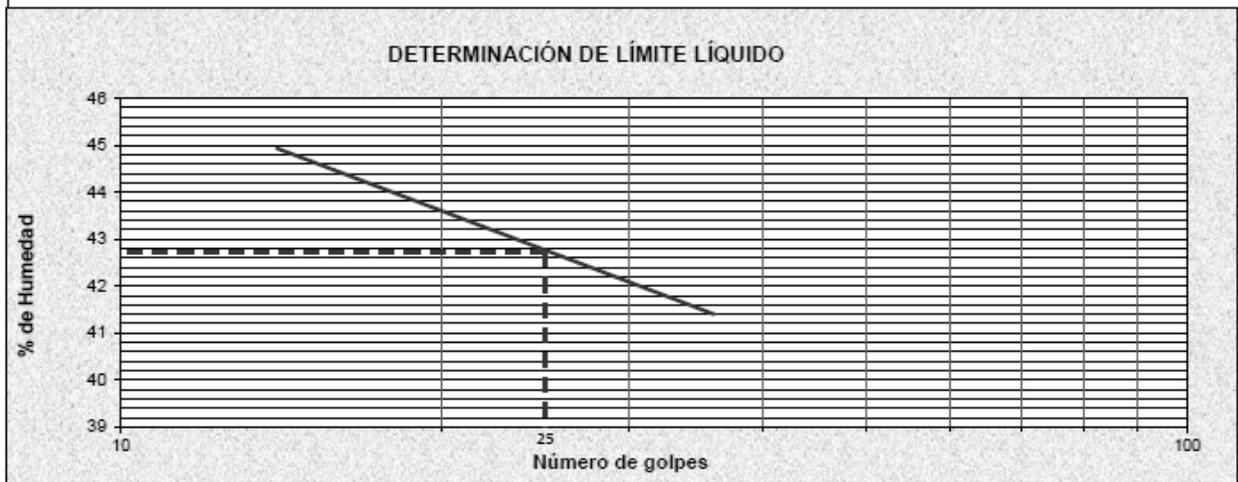
**MATERIAL:** PROPIO \_\_\_\_\_  
**CANTERA:** - \_\_\_\_\_

**LÍMITE LÍQUIDO**

ENSAYO Nº	01	02	03	04
Nº de Golpes	35	29	20	15
Recipiente Nº	E8	S12	H14	O3
R + Suelo Hum.	31.25	32.65	35.47	31.02
R + Suelo Seco	25.79	26.62	28.70	25.34
Peso de agua	5.5	6.0	6.8	5.7
Peso de Recip.	12.58	12.47	13.02	12.68
Peso de S. Seco	13.2	14.2	15.7	12.7
% de Humedad	41.33	42.61	43.18	44.87

**LÍMITE PLÁSTICO**

ENSAYO Nº	01	02
Recipiente Nº	C2	Z47
R + Suelo Hum.	21.54	22.58
R + Suelo Seco	19.85	20.65
Peso de agua	1.7	1.9
Peso de Recip.	12.57	12.46
Peso de S. Seco	7.3	8.2
% de Humedad	23.21	23.57



RESULTADOS	
Límite Líquido	43
Límite Plástico	23
Ind. Plástico	20

Ejecución: Tec. Jorge Bolo

Revisión: Ing. Juan J. Ventura Roque

**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43999

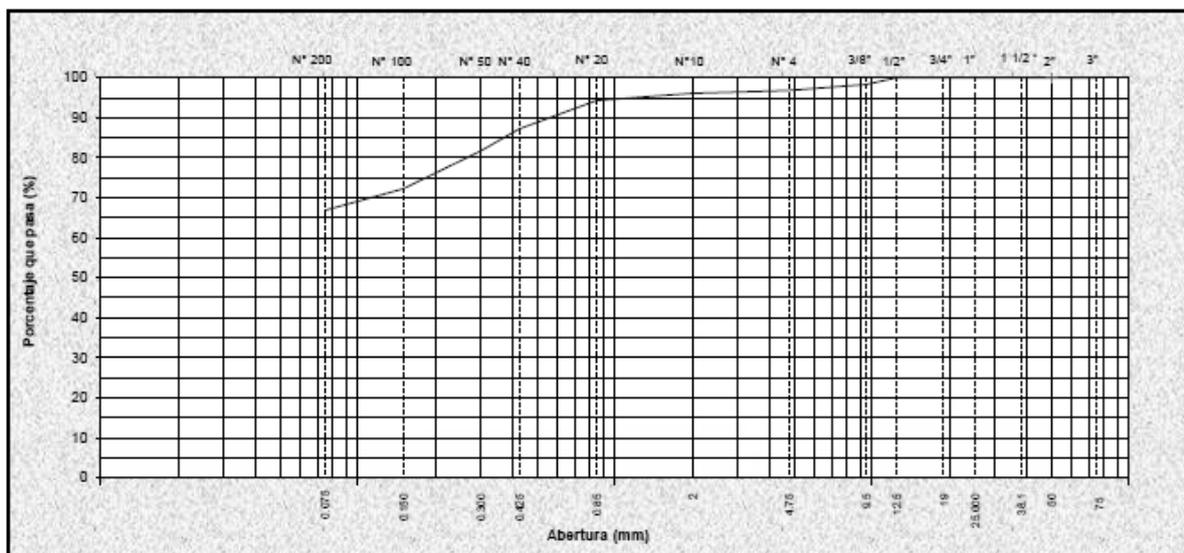
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA ASTM D6913) CERTIFICADO Nº 003-CLASF-23	
<b>SOLICITANTE</b> :	NUEVO SIANCAS SANTIAGO
<b>PROYECTO</b> :	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"
<b>UBICACIÓN</b> :	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA
<b>SUPERVISIÓN</b> :	---
<b>FECHA</b> : 18/10/2023	

**DATOS DE MUESTRA**

**MATERIAL** : PROPIO. **PESO INICIAL:** 1444.6 g.  
**CANERA** : - **TAMAÑO MÁXIMO:** 3/8"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	-	Arena arenosa de baja plasticidad  <b>GRAVAS</b> = 3.2 % <b>ARENAS</b> = 29.9 % <b>FINOS</b> = 66.9 % <b>TOTAL</b> = 100.0 %  <b>Clasificación SUCS ASTM D2487</b>  CL  <b>Clasificación AASHTO</b>  A-7-6 (7)
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2 "	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2 "	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.500	24.8	1.7	1.7	98.3		
Nº 4	4.750	21.4	1.5	3.2	96.8		
Nº 10	2.000	10.6	0.7	3.9	96.1		
Nº 20	0.850	25.5	1.8	5.7	94.3		
Nº 40	0.425	102.2	7.1	12.8	87.2		
Nº 50	0.300	80.6	5.6	18.4	81.6		
Nº 100	0.150	136.7	9.5	27.8	72.2		
Nº 200	0.075	76.5	5.3	33.1	66.9		
< Nº 200	FONDO	966.3	66.9	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Ejecución:** Tec. Jorge Bolo  
**Revisión:** Ing. Juan J. Ventura Roque

  
**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43999

<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
(NORMA ASTM D4318)						
CERTIFICADO Nº 003-LL-23						
<b>PROYECTO:</b>	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGIAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"				<b>FECHA:</b>	18/10/2023
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA					
<b>CONTRATISTA:</b>	NUEVO SIANCAS SANTIAGO					
<b>SUPERVISIÓN:</b>	---					
<b>DATOS DE MUESTRA</b>						
<b>MATERIAL:</b>	PROPIO					
<b>CANTERA:</b>	-					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02	03	04		
Nº de Golpes	35	30	22	17		
Recipiente Nº	A11	W13	P01	Y7		
R + Suelo Hum.	31.47	30.56	30.58	32.75		
R + Suelo Seco	25.99	25.12	25.06	26.62		
Peso de agua	5.5	5.4	5.5	6.1		
Peso de Recip.	14.15	13.69	13.75	14.03		
Peso de S. Seco	11.8	11.4	11.3	12.6		
% de Humedad	46.28	47.59	48.81	48.69		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02				
Recipiente Nº	X11	S06				
R + Suelo Hum.	22.50	24.47				
R + Suelo Seco	20.58	22.11				
Peso de agua	1.9	2.4				
Peso de Recip.	12.96	12.77				
Peso de S. Seco	7.6	9.3				
% de Humedad	25.20	25.27				

**DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO**

<b>RESULTADOS</b>	
Límite Líquido	48
Límite Plástico	25
Ind. Plástico	23

Ejecucion: Tec. Jorge Bolo

Revision: Ing. Juan J. Ventura Roque

**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43899

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(NORMA ASTM D6913)							
CERTIFICADO Nº 004-CLASF-23							
<b>SOLICITANTE</b> :		NUEVO SIANCAS SANTIAGO					
<b>PROYECTO</b> :		TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"					
<b>UBICACIÓN</b> :		AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA					
<b>SUPERVISIÓN</b> :						<b>FECHA</b> : 18/10/2023	
<b>DATOS DE MUESTRA</b>							
<b>MATERIAL</b> :		PROPIO.		<b>PESO INICIAL:</b>		1544.3 g.	
<b>CANERA</b> :		-		<b>TAMAÑO MÁXIMO:</b>		3/8"	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	-	Arena arenosa de baja plasticidad
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.500	15.4	1.0	1.0	99.0		<b>GRAVAS</b> = 2.5 %
Nº 4	4.750	23.6	1.5	2.5	97.5		<b>ARENAS</b> = 37.6 %
Nº 10	2.000	17.8	1.2	3.7	96.3		<b>FINOS</b> = 59.9 %
Nº 20	0.850	36.9	2.4	6.1	93.9		<b>TOTAL</b> = 100.0 %
Nº 40	0.425	157.4	10.2	16.3	83.7		<b>Clasificación SUCS ASTM D2487</b>
Nº 50	0.300	121.1	7.8	24.1	75.9		CL
Nº 100	0.150	144.5	9.4	33.5	66.5		<b>Clasificación AASHTO</b>
Nº 200	0.075	102.2	6.6	40.1	59.9		A-7-6 (7)
< Nº 200	FONDO	925.4	59.9	100.0	0.0		
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<b>Ejecución:</b>		Tec. Jorge Bolo					
<b>Revisión:</b>		Ing. Juan J. Ventura Roque					
						 <b>LAB. INGGEOS S.A.C.</b> SUELOS-CONCRETOS-ASFALTO <b>JUAN JESÚS VENTURA ROQUE</b> JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL. CIP 43999	

<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>					
(NORMA ASTM D4318)					
CERTIFICADO Nº 004-LL-23					
<b>PROYECTO:</b>	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"				<b>FECHA:</b> 18/10/2023
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA				
<b>CONTRATISTA:</b>	NUEVO SIANCAS SANTIAGO				
<b>SUPERVISIÓN:</b>	---				
<b>DATOS DE MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL:</b>	PROPIO _____				
<b>CANTERA:</b>	- _____				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02	03	04	
Nº de Golpes	34	29	20	14	
Recipiente Nº	I15	Y20	T06	R08	
R + Suelo Hum.	32.56	35.14	34.15	37.10	
R + Suelo Seco	26.20	28.28	26.74	30.51	
Peso de agua	6.4	6.9	7.4	6.6	
Peso de Recip.	12.14	13.47	11.03	17.05	
Peso de S. Seco	14.1	14.8	15.7	13.5	
% de Humedad	45.22	46.32	47.17	48.96	
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02			
Recipiente Nº	G14	J02			
R + Suelo Hum.	23.10	26.41			
R + Suelo Seco	21.21	23.97			
Peso de agua	1.9	2.4			
Peso de Recip.	13.04	13.47			
Peso de S. Seco	8.2	10.5			
% de Humedad	23.13	23.24			

**DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO**

<b>RESULTADOS</b>	
Límite Líquido	47
Límite Plástico	23
Ind. Plástico	24

Ejecucion: Tec. Jorge Bolo

Revision: Ing. Juan J. Ventura Roque

  
**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43898

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
(NORMA ASTM D6913)								
CERTIFICADO Nº 005-CLASF-23								
<b>SOLICITANTE</b>		: NUEVO SIANCAS SANTIAGO						
<b>PROYECTO</b>		: TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"						
<b>UBICACIÓN</b>		: AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA						
<b>SUPERVISIÓN</b>		: ---					<b>FECHA</b>	: 18/10/2023
<b>DATOS DE MUESTRA</b>								
<b>MATERIAL</b>	: PROPIO.			<b>PESO INICIAL:</b>	1539.9 g.			
<b>CANtera</b>	: -			<b>TAMAÑO MÁXIMO:</b>	3/8"			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	-	Arena arenosa de baja plasticidad  <b>GRAVAS</b> = 2.2 % <b>ARENAS</b> = 37.7 % <b>FINOS</b> = 60.1 % <b>TOTAL</b> = 100.0 %  Clasificación SUCS ASTM D2487  CL  Clasificación AASHTO  A-7-6 (7)	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.500	11.0	0.7	0.7	99.3			
Nº 4	4.750	23.6	1.5	2.2	97.8			
Nº 10	2.000	17.8	1.2	3.4	96.6			
Nº 20	0.850	36.9	2.4	5.8	94.2			
Nº 40	0.425	157.4	10.2	16.0	84.0			
Nº 50	0.300	121.1	7.9	23.9	76.1			
Nº 100	0.150	144.5	9.4	33.3	66.7			
Nº 200	0.075	102.2	6.6	39.9	60.1			
< Nº 200	FONDO	925.4	60.1	100.0	0.0			
CURVA GRANULOMÉTRICA								
<b>Ejecución:</b>	Tec. Jorge Bolo							
<b>Revisión:</b>	Ing. Juan J. Ventura Roque							
						 <b>LAB. INGGEOS S.A.C.</b> SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO <b>JUAN JESÚS VENTURA ROQUE</b> JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL. CIP 43999		

<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
(NORMA ASTM D4318)						
CERTIFICADO Nº 005-LL-23						
<b>PROYECTO:</b>	TESIS "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE METODOLOGÍAS CONVENCIONALES DEL MONUMENTO HISTÓRICO O.F.S EN AV. ABANCAY 137, LIMA - 2023"				<b>FECHA:</b>	18/10/2023
<b>UBICACIÓN:</b>	AV. ABANCAY 137 - CERCADO DE LIMA					
<b>CONTRATISTA:</b>	NUEVO SIANCAS SANTIAGO					
<b>SUPERVISIÓN:</b>	---					
<b>DATOS DE MUESTRA</b>						
<b>MATERIAL:</b>	PROPIO					
<b>CANTERA:</b>	-					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02	03	04		
Nº de Golpes	36	30	21	16		
Recipiente Nº	I15	Y20	T06	R08		
R + Suelo Hum.	30.56	32.57	31.49	32.00		
R + Suelo Seco	24.65	26.21	25.70	26.21		
Peso de agua	5.9	6.4	5.8	5.8		
Peso de Recip.	12.12	13.14	14.02	15.01		
Peso de S. Seco	12.5	13.1	11.7	11.2		
% de Humedad	47.17	48.66	49.57	51.70		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>ENSAYO Nº</b>	01	02				
Recipiente Nº	T11	K05				
R + Suelo Hum.	23.25	24.77				
R + Suelo Seco	21.26	22.33				
Peso de agua	2.0	2.4				
Peso de Recip.	13.06	12.48				
Peso de S. Seco	8.2	9.9				
% de Humedad	24.27	24.75				

**DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO**

<b>RESULTADOS</b>	
Límite Líquido	49
Límite Plástico	25
Ind. Plástico	24

Ejecucion: Tec. Jorge Bolo

Revision: Ing. Juan J. Ventura Roque

  
**LAB. INGGEOS S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO  
 -----  
**JUAN JESÚS VENTURA ROQUE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP 43998

**Anexo 09. Certificados de calibración de equipos.**



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-487-2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 305-2023  
Fecha de emisión : 2023-07-11

1. Solicitante : LABORATORIO INGGEOS S.A.C.

Dirección : ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14  
PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : ELE INTERNATIONAL  
Modelo de Prensa : 36-0720101  
Serie de Prensa : 1796-8-2571  
Capacidad de Prensa : 1500 kN

Marca de indicador : ELE INTERNATIONAL  
Modelo de Indicador : PA-21Y/7BAR/81585  
Serie de Indicador : 222155.09.13

Marca de Transductor : ELE INTERNATIONAL  
Modelo de Transductor : 1912B0001/37-4950/09  
Serie de Transductor : 1912-2-00094

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

Punto de Precision 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. Lugar y fecha de Calibración

ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA  
10 - JULIO - 2023

4. Método de Calibración

La Calibracion se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 128-2022	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIGH WEIGHT		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,6	22,6
Humedad %	68	68

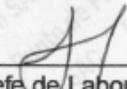
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-487-2023

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	10069	10089	-0,69	-0,89	10079	-0,78	-0,20
20000	20117	20052	-0,59	-0,26	20085	-0,42	0,33
30000	30110	30125	-0,37	-0,42	30118	-0,39	-0,05
40000	40169	40157	-0,42	-0,39	40163	-0,41	0,03
50000	50244	50235	-0,49	-0,47	50240	-0,48	0,02
60000	60543	60477	-0,91	-0,80	60510	-0,84	0,11
70000	70395	70342	-0,56	-0,49	70369	-0,52	0,08

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9935x + 40,194$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

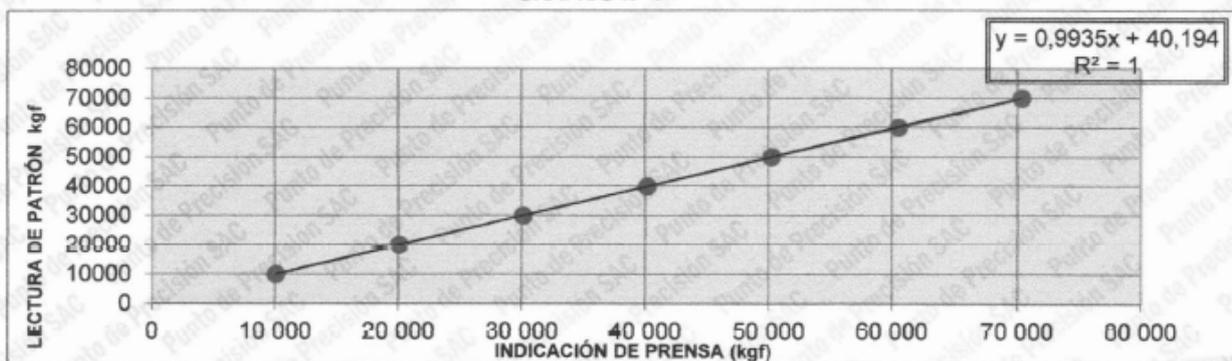
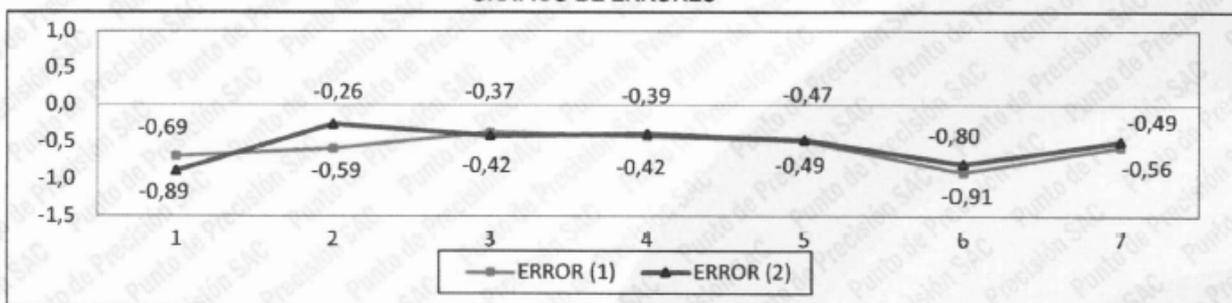


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



*[Firma]*  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 553 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 635 - 2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 088-2023  
Fecha de emisión : 2023-02-21

1. Solicitante : LABORATORIO INGGEOS S.A.C.

Dirección : ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14  
PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : FORNEY  
Modelo de Copa : LA-3715  
Serie de Copa : NO INDICA

Contómetro : ANALÓGICO  
Marca de Contómetro : REDINGTON  
Modelo de Contómetro : 1-4635  
Serie de Contómetro : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
20 - FEBRERO - 2023

4. Método de Calibración  
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.  
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM22 - C - 0234 - 2022	INACAL - DM
MICRÓMETRO	INSIZE	DM22 - C - 0281 - 2022	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,2	27,4
Humedad %	67	67

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

Punto de Precisión 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.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 635 - 2023

Página : 2 de 2

### Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE							
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE		
DIMENSIONES	A	B	C	U	K	L	M
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	54,97	2,013	26,83	46,91	50,76	150,16	124,74
	54,99	2,045	26,42	46,86	50,70	150,23	124,79
	54,98	2,026	26,67	46,96	50,75	150,22	125,01
	54,99	2,018	26,75	47,01	50,78	150,15	124,76
	54,98	2,012	26,78	46,85	50,78	150,25	124,66
PROMEDIO	54,99	2,02	26,71	46,92	50,75	150,19	124,78
MEDIDAS 3TANDARD	54,00	2,00	27,00	47,00	50,00	150,00	125,00
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0
ERROR	0,99	0,02	-0,29	-0,08	0,75	0,19	-0,22

	Rango según norma	Medida encontrada
Resiliencia	77 % a 90 %	85 %

FIN DEL DOCUMENTO

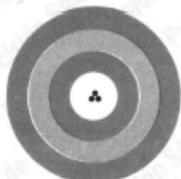


Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-1931-2023

Página: 1 de 3

Expediente : 180-2023  
Fecha de emisión : 2023-06-24

1. Solicitante : LABORATORIO INGGEOS S.A.C.

Dirección : ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14 PAMPLONA BAJA  
- SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA

2. Instrumento : PIE DE REY

Tipo de Indicación : ANALOGICO TIPO VERNIER

Alcance de Indicación : 300 mm

División mínima : 0,05 mm

Marca : INSIZE  
Modelo : NO INDICA  
Serie : 0703190126  
Procedencia : NO INDICA  
Código de Identificación : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración

La calibración se realizó en el laboratorio de longitud de PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.:

Fecha de calibración: 2023-06-23

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa según el PC-012 " Procedimiento de calibración de pie de rey del Indecopi -SNM" Edición 5 , 2012.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
JUEGO DE BLOQUES PATRON	INSIZE	LLA-C-032-2022	INACAL - DA
BLOQUE PATRÓN	INSIZE	LLA-599-2022	INACAL - DA
BLOQUE PATRÓN	INSIZE	LLA-600-2022	INACAL - DA
VARILLA PATRÓN	INSIZE	LLA-243-2023	INACAL - DA
TERMÓMETRO DE CONTACTO	NO INDICA	TD22-C-0675-2022	INACAL - DA

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,0	23,4
Humedad %	67,3	67,3

7. Observaciones

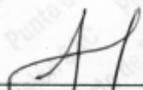
- Se colocó una etiqueta adhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k=2$ , para un nivel de confianza aproximado del 95 %.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

Punto de Precisión 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.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-1931-2023

Página: 2 de 3

### 8. Resultados

#### ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (μm)
0,00	0,00	0

#### ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Nominal (mm)	Valor Patrón (mm)	Indicación del Pie de Rey			Promedio (mm)	Error (μm)
		Superior (mm)	Central (mm)	Inferior (mm)		
0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0
30,00	30,000	30,05	30,05	30,00	30,033	33
50,00	50,000	50,05	50,05	50,05	50,050	50
100,00	100,000	100,05	100,05	100,00	100,033	33
150,00	150,000	150,05	150,05	150,05	150,050	50
200,00	199,999	200,05	200,05	200,05	200,050	50
250,00	250,000	250,05	250,05	250,05	250,050	50
300,00	300,000	300,05	300,05	300,05	300,050	50

#### ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Nominal (mm)	Error (E) (μm)
30,00	50

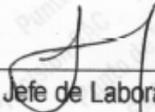
#### ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Nominal (mm)	Error (R) (μm)
300,00	0

#### ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (S <sub>E-I</sub> ) (μm)
20,00	0



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

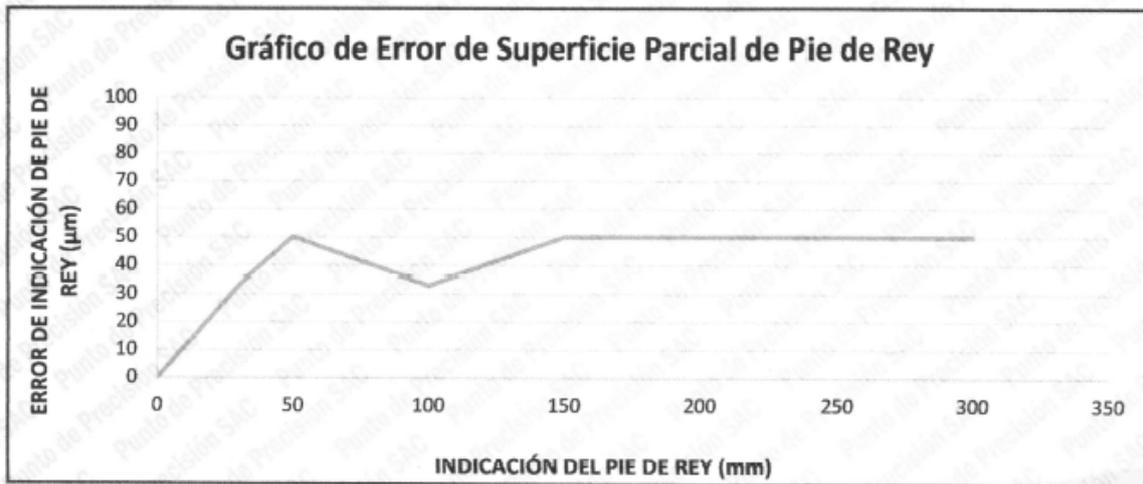


**ERROR DE CONTACTO LINEAL**

Valor Nominal (mm)	Error (L) (μm)
10,00	0

**ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA**

Valor Nominal (mm)	Error (J) (μm)
30,00	0



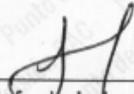
**INCERTIDUMBRE DEL PIE DE REY**

$$U (k=2) = ( 40,83^2 + 0,03^2 \times L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$$

Incertidumbre para L = 300 mm	42 μm
-------------------------------	-------

Fin del documento



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-789-2022**

Página: 1 de 3

**Expediente** : 213-2022  
**Fecha de Emisión** : 2022-11-22

**1. Solicitante** : **LABORATORIO INGGEOS S.A.C.**

**Dirección** : ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14  
PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES -  
LIMA

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**

**Marca** : **OHAUS**

**Modelo** : **EP22001**

**Número de Serie** : **1124021392**

**Alcance de Indicación** : **22 000 g**

**División de Escala  
de Verificación ( e )** : **1 g**

**División de Escala Real (d)** : **0,1 g**

**Procedencia** : **SUIZA**

**Identificación** : **NO INDICA**

**Tipo** : **ELECTRÓNICA**

**Ubicación** : **LABORATORIO**

**Fecha de Calibración** : **2022-11-21**

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 en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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.

PUNTO DE PRECISIÓN 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. Método de Calibración**

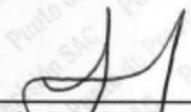
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de LABORATORIO INGGEOS S.A.C.  
ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-789-2022

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	22,2	22,2
Humedad Relativa	66,0	66,0

**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
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 21 998,4 g para una carga de 22 000,0 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

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 II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

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

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

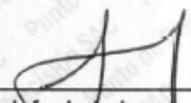
**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	22,2			22,2		
	Carga L1= 11 000,02 g			Carga L2= 21 999,99 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	11 000,1	0,05	0,08	22 000,0	0,08	-0,02
2	11 000,1	0,08	0,05	21 999,9	0,04	-0,08
3	11 000,1	0,05	0,08	22 000,0	0,09	-0,03
4	11 000,0	0,09	-0,06	22 000,0	0,06	0,00
5	11 000,0	0,06	-0,03	22 000,0	0,08	-0,02
6	11 000,0	0,08	-0,05	22 000,0	0,05	0,01
7	11 000,0	0,05	-0,02	22 000,0	0,09	-0,03
8	11 000,1	0,07	0,06	22 000,0	0,06	0,00
9	11 000,1	0,09	0,04	22 000,0	0,08	-0,02
10	11 000,0	0,06	-0,03	22 000,0	0,05	0,01
Diferencia Máxima	0,14			0,09		
Error máximo permitido	± 2 g			± 3 g		



  
**Jefe de Laboratorio**  
**Ing. Luis Loayza Capcha**  
**Reg. CIP N° 152631**

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE GALIBRACIÓN N° LM-780-2022

Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

**ENSAYO DE EXCENRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>o</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	2,00	2,0	0,08	-0,03	7 000,01	6 999,7	0,04	-0,30	-0,27
2		2,0	0,07	-0,02		6 999,0	0,03	-0,19	-0,17
3		2,0	0,05	0,00		6 999,8	0,04	-0,20	-0,20
4		2,0	0,09	-0,04		6 999,7	0,03	-0,29	-0,25
5		2,0	0,06	-0,01		6 999,6	0,04	-0,40	-0,39

Temp. (°C)    Inicial: 22,2    Final: 22,2

(\*) valor entre 0 y 10 e      Error máximo permitido : ± 2 g

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
2,00	2,0	0,08	-0,03						
5,00	5,0	0,05	0,00	0,03	5,0	0,09	-0,04	-0,01	1
100,00	100,0	0,09	-0,04	-0,01	100,0	0,05	0,00	0,03	1
500,00	499,9	0,04	-0,09	-0,06	500,1	0,09	0,06	0,09	1
1 000,00	1 000,0	0,08	-0,03	0,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,02	1
2 000,00	1 999,9	0,04	-0,09	-0,08	2 000,0	0,08	-0,03	0,00	1
5 000,01	4 999,9	0,03	-0,09	-0,06	4 999,9	0,04	-0,10	-0,07	1
10 000,02	10 000,0	0,08	-0,05	-0,02	10 000,1	0,08	0,05	0,08	2
15 000,02	15 000,0	0,06	-0,03	0,00	15 000,0	0,05	-0,02	0,01	2
19 999,99	20 000,0	0,09	-0,03	0,01	20 000,1	0,08	0,08	0,12	2
21 999,99	22 000,0	0,07	-0,01	0,02	22 000,0	0,07	-0,01	0,02	3

Temp. (°C)    Inicial: 22,2    Final: 22,2

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 5,15 \times 10^{-7} \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{6,58 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 3,32 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-331-2023

Página 1 de 5

**Expediente** : T 293-2023  
**Fecha de emisión** : 2023-06-28

**1. Solicitante** : LABORATORIO INGGEOS S.A.C.

**Dirección** : ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14  
PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES -  
LIMA

**2. Instrumento de medición** : MEDIO ISOTERNO (HORNO)

**Marca** : MMM GROUP  
**Modelo** : LSIS-B2V / VC 111  
**Número de Serie** : D 130449  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código de Identificación** : NO INDICA

**Tipo de Indicador del Ind.** : DIGITAL  
**Alcance del Indicador** : NO INDICA  
**Resolución del Indicador** : 1 °C  
**Marca del Indicador** : MMM GROUP  
**Modelo del Indicador** : NO INDICA  
**Serie del Indicador** : NO INDICA

**Tipo de indicador del selc.** : DIGITAL  
**Alcance del Selector** : NO INDICA  
**División de Escala** : 1 °C  
**Clase** : NO INDICA

**Punto de calibración** : 110 °C ± 5 °C

**Fecha de calibración** : 2023-06-27

**3. Método de calibración**

La calibración se realizó según la PC-018 "Procedimiento de calibración para medios isotermicos usando aire como medio conductor".

**4. Lugar de calibración**

ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA

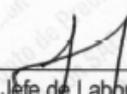
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, 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 en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-331-2023

Página 2 de 5

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	22,4	22,2
Humedad relativa (%hr)	69,0	71,0

### 6. Trazabilidad

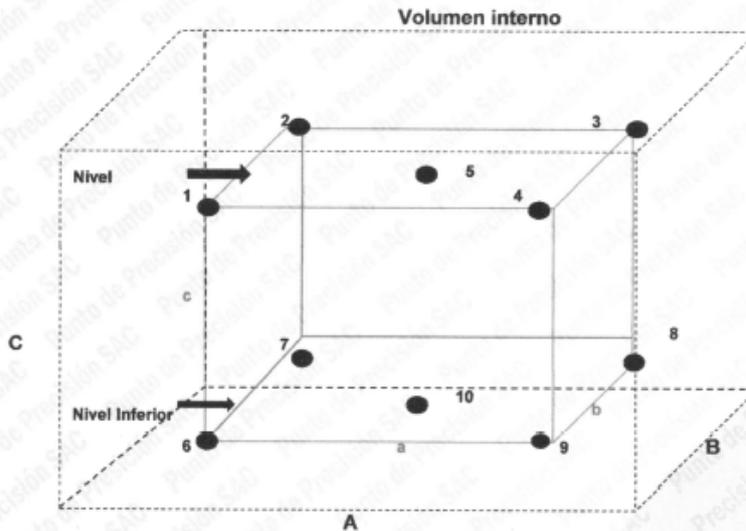
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	N° de Certificado	Trazabilidad
Termómetro digital de 10 sensores termopares tipo T con una incertidumbre en el orden de 0,1 °C a 0,1 °C.	CT-1086-2023	TOTAL WEIGHT & SYSTEMS S.A.C.

### 7. Observaciones

- La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada apartir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
- Se colocó una etiqueta adherido al instrumento de medición con la indicación "CALIBRADO".
- La carga para La prueba consistio en tazón de acero.
- Se selecciono el selector del equipo en 110 °C, para obtener una temperatura de trabajo aproximada a 110 °C.

### 8. Ubicación dentro del volumen interno del equipo



#### Volumen interno

A = 54 cm  
B = 37 cm  
C = 53,5 cm

#### Volumen de trabajo

a = 43,2 cm  
b = 29,6 cm  
c = 33,5 cm

● = Posiciones de los sensores.

A, B, C = Dimensiones del volume interno del equipo.

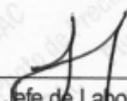
a, b, c = Aproximadamente 1/10 a 1/4 de las paredes de las dimensiones del volumen interno.

Los sensores ubicados en las posiciones 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Distancia de la pared inferior del equipo al nivel inferior: 13,9 cm

Distancia de la pared superior del equipo al nivel superior: 6,5 cm



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LI-331-2023

Página 3 de 5

### 9. Resultados de la calibración

Temperaturas registradas en el punto de calibración : 110 °C ± 5 °C

Tiempo hh:mm	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. prom. °C	ΔT. °C
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición 10		
00:00	110	112,0	109,5	108,3	113,0	110,0	109,3	114,6	111,0	110,1	110,6	110,8	6,3
00:02	110	111,9	109,6	108,4	112,9	109,9	109,4	114,5	111,2	110,1	110,6	110,8	6,1
00:04	110	111,9	109,4	108,2	112,8	109,8	109,4	114,4	111,1	110,2	110,6	110,8	6,2
00:06	110	111,8	109,5	108,3	112,7	109,7	109,4	114,3	111,1	110,1	110,6	110,7	6,0
00:08	110	111,7	109,5	108,2	112,6	109,7	109,4	114,2	111,1	110,1	110,7	110,7	6,0
00:10	110	111,8	109,5	108,2	112,7	109,8	109,3	114,3	111,1	110,1	110,5	110,7	6,1
00:12	110	111,9	109,6	108,3	112,8	109,9	109,5	114,4	111,1	110,1	110,5	110,8	6,1
00:14	110	112,0	109,6	108,3	112,9	109,9	109,5	114,5	111,2	110,2	110,7	110,9	6,2
00:16	110	111,8	109,5	108,3	112,8	109,8	109,5	114,3	111,2	110,2	110,7	110,8	6,0
00:18	110	111,6	109,6	108,2	112,6	109,6	109,4	114,1	111,1	110,1	110,6	110,7	5,9
00:20	110	111,6	109,5	108,0	112,4	109,5	109,3	114,1	111,0	109,9	110,5	110,6	6,1
00:22	110	111,9	109,7	108,4	112,8	109,9	109,5	114,5	111,2	110,2	110,6	110,9	6,1
00:24	110	111,9	109,7	108,4	112,9	110,0	109,5	114,5	111,2	110,3	110,7	110,9	6,1
00:26	110	112,0	109,7	108,5	112,9	110,0	109,6	114,4	111,3	110,3	110,8	110,9	5,9
00:28	110	111,8	109,7	108,4	112,7	109,7	109,5	114,2	111,3	110,2	110,6	110,8	5,8
00:30	110	111,6	109,5	108,2	112,6	109,6	109,4	114,0	111,2	110,2	110,6	110,7	5,8
00:32	110	111,6	109,5	108,2	112,6	109,6	109,4	114,0	111,2	110,2	110,6	110,7	5,8
00:34	110	111,6	109,5	108,2	112,6	109,6	109,4	114,0	111,2	110,2	110,6	110,7	5,8
00:36	110	111,9	109,6	108,4	112,9	110,0	109,5	114,6	111,2	110,2	110,7	110,8	6,2
00:38	110	112,0	109,7	108,5	112,9	110,1	109,6	114,6	111,3	110,3	110,8	111,0	6,1
00:40	110	111,8	109,7	108,3	112,7	109,7	109,4	114,4	111,3	110,1	110,6	110,8	6,1
00:42	110	111,6	109,5	108,4	112,9	109,6	109,3	114,4	111,0	110,1	110,6	110,7	6,0
00:44	110	111,6	109,5	108,2	112,9	109,5	109,5	114,2	111,2	109,9	110,6	110,7	6,0
00:46	110	111,8	109,6	108,0	112,6	109,8	109,5	114,1	111,2	110,2	110,7	110,7	6,1
00:48	110	111,9	109,4	108,0	112,5	109,8	109,4	114,1	111,3	110,2	110,8	110,7	6,1
00:50	110	112,0	109,4	108,2	112,0	110,1	109,4	114,4	111,3	110,3	110,5	110,6	6,2
00:52	110	111,7	109,7	108,3	112,6	110,1	109,3	114,6	111,1	110,3	110,6	110,6	6,3
00:54	110	111,6	109,7	108,5	113,0	110,0	109,3	114,5	111,0	110,1	110,6	110,6	6,0
00:56	110	111,6	109,7	108,3	112,7	109,7	109,4	114,5	111,1	110,1	110,7	110,8	6,2
00:58	110	111,9	109,5	108,0	112,7	109,5	109,5	114,4	111,3	110,0	110,7	110,7	6,4
01:00	110	112,0	109,5	108,0	112,6	109,9	109,6	114,7	111,3	110,0	110,8	110,8	6,7

T. Promedio	111,9	109,5	108,2	112,8	109,8	109,4	114,3	111,1	110,1	110,7	Temperatura promedio general (°C)
T. Máximo	112,0	109,7	108,5	113,0	110,1	109,6	114,7	111,3	110,3	110,8	
T. Mínimo	111,6	109,4	108,0	112,4	109,5	109,3	113,9	111,0	109,9	110,5	
DTT	0,4	0,3	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,3	0,4	0,3	

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	114,7	0,2
Mínima temperatura registrada durante la calibración	108,0	0,1
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	0,8	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	0,1	0,1
Estabilidad (s)	0,10	0,04
Uniformidad	6,7	0,1



*[Firma]*  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

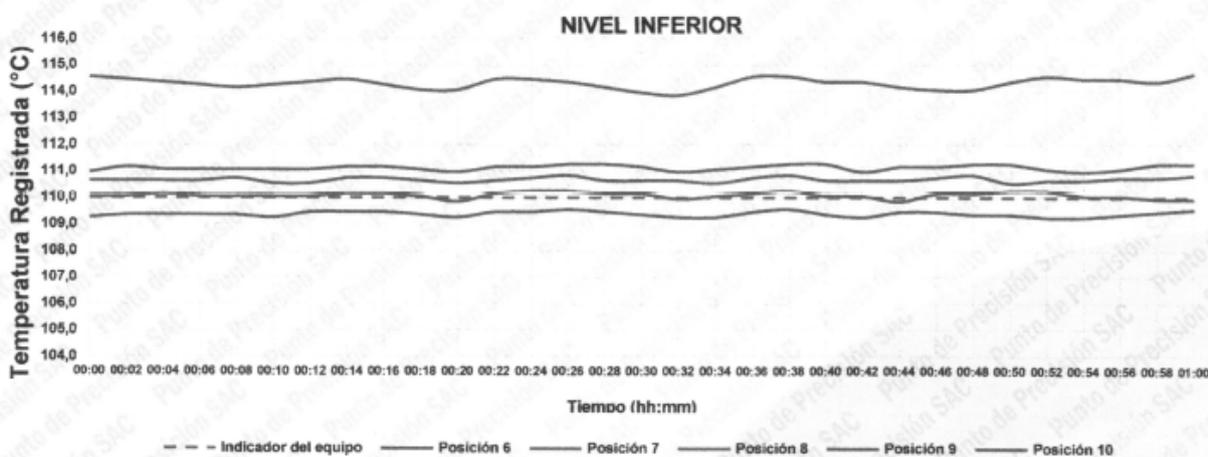
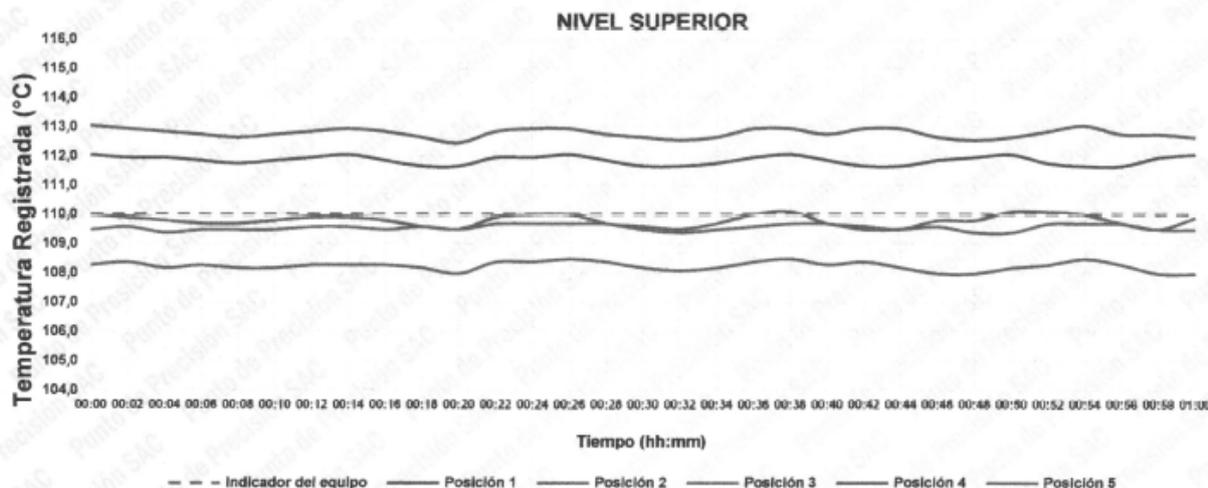
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

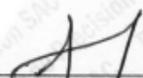
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-331-2023

Página 4 de 5

### 10. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo

TEMPERATURA DE TRABAJO  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-331-2023

Página 5 de 5

### Nomenclatura

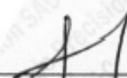
T. prom	: Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo.
$\Delta T$ .	: Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de tiempo.
T. Promedio	: Promedio de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T. Máximo	: La máxima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T. Mínimo	: La mínima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.

### Fotografía interna del equipo.



FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





LABORATORIO INGGEOS S.A.C.  
ASOCIACION EL PROGRESO MZA. K LOTE. 14  
PAMPLONA BAJA (PAMPLONA BAJA - ALT. DE PEBAL  
INMACULADA)  
SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA  
ELECTRÓNICA

R.U.C. 20521151324

B001 N° 00000001

Razón Social :

**Santiago Nuevo Siancas**

FECHA EMISIÓN: 24/10/2023

DNI : 46061916  
DIRECCIÓN : LIMA - LIMA  
CONDICION PAGO : AL CONTADO  
TIPO MONEDA : SOLES  
FECHA VENCIMIENTO : 24/10/2023  
ORDEN DE COMPRA :

#	CANT.	UND.	DESCRIPCIÓN	VALOR VTA UND.	DSCTO. UND.	VALOR NETA UND.	PRECIO VTA UND.	PRECIO VTA TOTAL
1	5	SERVICIO	SUELOS: ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, INCLUYE HUMEDAD, GRANULOMETRIA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA	120.00	0.00	600.00	141.60	708.00
2	6	SERVICIO	ADOBE: CORTE DE TESTIGO DE TIERRA REFORZADA	25.00	0.00	150.00	29.50	177.00
3	6	SERVICIO	ADOBE: CAPEADO DE TESTIGOS DE TIERRA REFORZADA	30.00	0.00	180.00	35.40	212.40
4	6	SERVICIO	ADOBE: ESFUERZO A COMPRESION DE BLOQUES DE TIERRA REFORZADA	40.00	0.00	240.00	47.20	283.20

Beneficiario: LABORATORIO INGGEOS S.A.C. - LAB. INGGEOS S.A.C.

Cuenta Corriente: BCP SOLES N°191-1792336-0-02.

CTA INTERBANCARIA: N° 002-191-001792336002-52

CTA DE DETRACCION: N°00-058-044466

BANCO DE LA NACION

Comentarios Legales:

Observaciones: TESIS

OP. GRAVADA	S/	994.50
OP. INAFECTO	S/	0.00
OP. EXONERADO	S/	0.00
OP. GRATUITA	S/	0.00
T.DSCTO	S/	0.00
IGV	S/	179.01
ISC	S/	0.00
OTROS CARGOS	S/	0.00
OTROS TRIBUTOS	S/	0.00
IMPORTE TOTAL	S/	1,173.51

SON: Un mil ciento setenta y tres y 51/100 soles

Monto a pagar: S/ 1,173.51

**Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica**

Autorizado mediante resolución de intendencia N° 0340050005820/SUNAT

Su comprobante electrónico podrá ser consultado en nuestra página web:

<https://fe.esavdoc.com/consulta>



POWERED BY  
**esavdoc**