



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería
confinada y sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente
Piedra - Lima, 2022”

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

AUTORES:

Asencio Rodriguez Charles Henry (<https://orcid.org/0000-0001-9469-7491>)

Galdos Carrillo Edward William (<https://orcid.org/0000-0002-8168-6782>)

ASESOR:

Dr. Delgado Ramírez Félix Germán (<https://orcid.org/0000-0002-7188-9471>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Industria, Innovación e Infraestructura

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria de Asencio Rodriguez Charles Henry

El trabajo consumado lo dedico con mucho cariño a mi admirable familia, por ser siempre mis principales motivadores, quienes siempre me han brindado toda la confianza y la creencia en mi persona. Dándome modelos como puede superarse con mucha honestidad humildad y sacrificio de lo que ahora soy como persona. Por el soporte para seguir cumpliendo mis metas, por las porras y valentía durante mis años de formación profesional como ingeniero.

Dedicatoria de Galdos Carrillo Edward William

A mi maravillosa familia, en especial a mi padre, mi madre y mis hijos por estar siempre a mi lado dándome fuerzas, motivos e impulsarme como motor y siempre mantener la fe en mí de que lo podía realizar y llegar a concluir este gran paso que será de gran aporte y herramienta en mi vida, realizando lo que me apasiona y darle una mejor vida a mi familia.

Agradecimiento de Asencio Rodriguez Charles Henry

Hoy me embarga emociones y sentimientos profundos, quiero dar las gracias a mi familia maravillosa, por estar siempre allí en todo momento importantísimo de mi vida. Que con su modelo y sacrificio empujaron y educar mi vida e inspirar mi camino para elegir una hermosa carrera profesional que hoy llega a su meta, sinceramente gracias, gracias queridos padres, hermanos, maestros y amigos por el apoyo constante.

Agradecimiento de Galdos Carrillo Edward William

Agradecido eternamente con DIOS por darme la sabiduría, la fuerza necesaria, la creencia en mí y el impulso para continuar y mantenerme firme en cada momento y circunstancia a pesar de lo que haya pasado en mi vida. A mis hijos, mis padres y mi madre que me dieron en apoyo, la paciencia y la comprensión en todo momento a lo largo de mi paso por la universidad.

A mi gran amigo y colega Charles Henry Asencio Rodríguez, por su continuo apoyo, todas sus enseñanzas y su gran compañerismo permitiéndonos formar un gran equipo.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatória	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedente Nacional	6
2.2. Antecedente Internacional.....	6
2.3. Marco conceptual internacional.....	10
2.4. Marco conceptual nacional.....	14
2.5. Normas internacionales.....	15
2.6. Normas nacionales.....	16
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables, operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.3.1. Población.....	21
3.3.2. Muestra	21
3.3.3. Muestreo	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimiento	23
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES:.....	45
VII. RECOMENDACIONES:.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS	50

Índice de tablas

Tabla 1. Número de viviendas del distrito de Puente Piedra.....	21
Tabla 2. Identificación de estructuras con fallas.....	22
Tabla 3. Valores de calificación.....	23
Tabla 4. Cuadro de periodos.....	38
Tabla 5. Estructuras con fallas.....	40
Tabla 6. Equipos y método.....	41
Tabla 7. Aceleración alcanzada.....	42
Tabla 8. Velocidad alcanzada.....	42
Tabla 9. Desplazamiento máximo.....	43
Tabla 10. Periodo.....	44

Índice de figuras

Figura 1: Fisuras en vivienda de albañearía confinada	2
Figura 2: Daños en vivienda de albañilería confinada	3
Figura 3: Deriva	14
Figura 4: Predio	26
Figura 5: Instalación de los sensores	26
Figura 6: Introducción de datos amplificados	27
Figura 7: Desplazamiento 1° nivel.....	28
Figura 8: Desplazamiento 2° nivel.....	29
Figura 9: Desplazamiento 2° nivel con ViewWave	30
Figura 10: Aceleración 1° nivel.....	31
Figura 11: Aceleración 2° nivel.....	32
Figura 12: Velocidad 1° nivel.....	33
Figura 13: Velocidad 2° nivel.....	34
Figura 14: Aceleración 2° nivel con ViewWave	35
Figura 15: Velocidad 2° nivel con ViewWave	36
Figura 16: Amplitud y frecuencia 1° nivel	37
Figura 17: Amplitud y frecuencia 2° nivel	38

Resumen

El monitoreo de salud estructural ha sido uno de los procedimientos no invasivo el cual usa sensores de aceleración sísmica juntos con algoritmos de estudio modales para obtener y examinar límites dinámicos de las composiciones e identificar perjuicios en todo el tiempo y de esta forma se encontrará la solución para eludir que se hagan accidentes lamentables debidos a los fenómenos naturales. El tipo de investigación de este proyecto ha sido aplicada con un diseño de la investigación experimental. La población ha estado compuesta por las viviendas de albañilería confinada del distrito de Puente Piedra. Se encontró que la edificación ante el sismo de magnitud de 9.0 produjo una deriva de 0.004229 lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la norma E 0.30 pero muy cerca del límite. La máxima aceleración encontrada entre los resultados en el segundo nivel fue de 293.95 cm/s² En relación al periodo que brindo el sismo alcanzo a ser de 0.098 y el de la edificación 0.0843 de este modo se puede indicar que ambos valores generaron un nivel de alcance de 1.1625 el cual es distinto de 1 por lo cual la edificación ante un sismo no producirá resonancia.

Palabras clave: albañilería, sensores, estructuras, aceleración.

Abstract

Structural health monitoring has been one of the non-invasive procedures which uses seismic acceleration sensors together with modal study algorithms to obtain and examine dynamic limits of compositions and identify damages in all time and in this way the solution will be found. to avoid unfortunate accidents due to natural phenomena. The type of research of this project has been applied with an experimental research design. The population has been made up of confined masonry dwellings in the Puente Piedra district. It was found that the building before the magnitude 9.0 earthquake produced a drift of 0.004229 which is within the parameters established for the E 0.30 standard but very close to the limit. The maximum acceleration found among the results in the second level was 293.95 cm/s² In relation to the period that the earthquake provided, it reached 0.098 and that of the building 0.0843, in this way it can be indicated that both values generated a level of reach of 1.1625 which is different from 1 for which the building in the event of an earthquake will not produce resonance.

Keywords: masonry, sensors, structural, acceleration.

I. INTRODUCCIÓN

Problemática internacional

A nivel mundial en la ciudad de Barranquilla los investigadores (Ortiz, y otros, 2020) realizaron un sondeo en ese lugar y encontraron que un 20 % de las edificaciones se encontraban con fisuras y rupturas, en los elementos estructurales de las edificaciones de albañilería confinada, esto permitió hacer una averiguación en la zona y preguntar a las personas el por qué sucedía esto, de tal modo un 70 % de la población de la ciudad indicaron que las casas habían sido construidas por albañiles y no existía planos ni referencias de cómo habían sido edificadas. Por ello se planteó que el desconocimiento del comportamiento de las propiedades físicas y dinámicas ante diferentes tipos de excitación puede comprometer la eficiencia y vida útil de cualquier estructura.

Problemática nacional

A nivel nacional en la ciudad de Trujillo el seguimiento del estado y funcionamiento de las estructuras civiles permite determinar el alcance y la inversión económica de la estrategia de mantenimiento que requieren las estructuras para conservar sus propiedades. Los deterioros estructurales paulatinos y los colapsos repentinos son situaciones que frecuentemente se asumen de manera inapropiada por las personas encargadas del trabajo y mantenimiento de las estructuras, quienes suprimieron la implementación de una red de monitoreo de salud estructural adecuado, debido a las altas implicaciones económicas y la poca practicidad que poseen los equipos y dispositivos de medición tradicionales (Cruz, 2019).

Del mismo modo (Paz, 2017) menciona que en las áreas metropolitanas de Lima desafortunadamente, las tragedias traducidas en pérdidas materiales y humanas han sido factores determinantes para introducir la importancia de los sistemas de instrumentación y detección de daños, así como las técnicas de identificación modal de estructuras. Realmente, no solo ha sido de interés supervisar y velar por la integridad de las estructuras a lo largo del tiempo, sino también preservar la protección de la vida humana en medio de la incertidumbre que representa la respuesta de una estructura, de la cual se desconocen sus

propiedades reales en un instante de tiempo determinado. Como consecuencia, las aceleraciones promedio para el área metropolitana de Lima alcanzarían valores alrededor de 700 cm/s² para la región del Callao y por encima de 400 cm/s² para amplias zonas de la ciudad incluyendo el centro de Lima, así también para el área de San Isidro.

En el distrito de Puente Piedra, el investigador (Osorio, 2020), menciona que las viviendas de albañilería confinada han aumentado en gran magnitud y al mismo tiempo la poca intervención de especialistas en la intervención de la construcción de las mismas, ya que la mayoría de edificaciones han sido construidas por albañiles, los cuales no realizan un estudio ni mucho menos un análisis.



Figura 1: Fisuras en vivienda de albañería confinada

Fuente: (Osorio, 2020)

De este modo en esta investigación se plantea monitoreo de la Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada a través de sensores de aceleración en la zona distrital de Puente Piedra, viviendas que han sufrido a raíz de los sismos y que presentan hundimientos rajaduras y grietas tal como se puede percibir en la Fig. 1.

Problemática local

Se realizó un recorrido con anterioridad en la zona distrital de puente piedra y en una revisión de 43 edificaciones de 2 niveles se encontró un total de 37 viviendas que presentaban fisuras y otros diferentes tipos de daños estructurales a simple vista de este modo se pudo percibir los daños en las edificaciones, es por ello que se logró apreciar la necesidad de realizar un seguimiento del estado y

funcionamiento de estas estructuras. El monitoreo de salud estructural es un procedimiento no invasivo que usa sensores de aceleración sísmica junto con algoritmos de estudios modales para conseguir y examinar cuales son los límites dinámicos de una composición e identificar perjuicios en todo el tiempo y de esta forma brindar una solución para eludir más lamentables accidentes a causa de los fenómenos naturales. Ver figura 2



Figura 2: Daños en vivienda de albañilería confinada

Fuente: Propia

La **formulación del problema** Nos permitió plantearnos la interrogante más importante que tendremos que responder en la investigación realizada, la cual tendremos que dividirla en 3 problemas específicos.

Problema general.

¿Cuál es la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima 2022?

Problemas específicos.

¿Cuál es el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?

¿Cuánto es la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?

¿Cuál es el periodo de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?

Los objetivos mencionados en la presente investigación se enumeran a continuación

Objetivo general:

Determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra.

Objetivo específico:

Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.

Estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.

Determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra.

La justificación es el segmento del propósito por el cual una investigación se plantea realizar y exterioriza los juicios que ocasionaron la elaboración de dicha investigación con un fin social, económico, teórico, etc. (Catanzariti, 2016).

La justificación teórica: La utilidad para esta investigación se basó en la aplicación de sensores los cuales tuvieron una base teórica la cual ha sido reforzada en la aplicación de estos sensores en viviendas de albañilería confinada en la zona distrital de Puente Piedra y los beneficios serán los futuros investigadores que utilicen este estudio ya sea como referencia o alternativa de aplicación.

La justificación económica: El poder determinar la salud estructural de las viviendas de albañilería confinada permitirá a los pobladores de Laderas de Chillón prevenir los daños futuros y la inversión que se pueda hacer para prevenirlos, esto permite que las personas no gasten con el tiempo cuando ya se haya dañado la estructura por su mala salud estructural que presente.

La justificación social: La investigación brindara a la comunidad de las Laderas de Chillón una mejor calidad de vida a través de una identificación a tiempo de la salud estructural de las edificaciones de albañilería confinada, de este modo mejorarla y dar mayor continuidad y seguridad a las personas que viven en las edificaciones de las Laderas de Chillón.

La justificación ambiental: El prevenir los daños en las edificaciones a través de la medición de la salud estructural de las viviendas de albañilería confinada, permitirá a los pobladores de Laderas de Chillón evitar futuras demoliciones de algunas reparaciones estructurales de las viviendas y evitar la contaminación del medio ambiente con los desechos de demolición.

La justificación técnica: importancia de que se desconoce la salud estructural y cuál sería el comportamiento real de las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra ante eventos sísmicos futuros debido a que esta edificación ya ha presentado daños debido a eventos sísmicos pasados y no se tiene políticas de monitoreo de estas estructuras y tampoco se está aprovechando estas nuevas tecnologías y la demanda en la rama de la ingeniería estructural como si se viene desarrollando en otros países.

Hipótesis general:

La salud estructural de las viviendas de albañilería confinada se optimiza mediante el uso de los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra

Hipótesis específicas:

El desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma E 0.30.

La velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma NSR-10.

El periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra produce resonancia.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedente Nacional

(Sifuentes, 2018), en su investigación da a conocer como objetivo General fue utilizar la curva de desempeño sísmico en tiempo real para conocer el desempeño sísmico de una edificación sometida a cierto movimiento en la base y de la cual se tienen los registros de aceleración en diferentes niveles de esta. Las herramientas que utilizó fue rango de transformada ondícula para el movimiento y bandas de frecuencias equivalentes para los periodos. La metodología cuasi experimental cuantitativa. El método y la técnica realizada en la actual investigación hacen uso de la definición de análisis pushover y del espectro de capacidad para un sistema de un grado de libertad equivalente. Entre los resultados se observó que para los movimientos con $PGA = 100 \text{ cm/s}^2$ las funciones de transferencia muestran una frecuencia fundamental de 3.40 Hz ($T=0.29 \text{ s}$) con una respuesta dentro de la banda de frecuencias del rango 3 de la Transformada Ondícula para los movimientos s01 y s02, del mismo modo la velocidad alcanzada durante el desarrollo del análisis fue de 4.76 cm/s en base a la frecuencia de 3.40 Hz . Finalmente, las curvas de desempeño (S_a-S_d) muestran una respuesta elástica para movimientos con $PGA = 100 \text{ cm/s}^2$ y $PGA = 450 \text{ cm/s}^2$ e inelástica para movimientos con $PGA = 700 \text{ cm/s}^2$.

2.2. Antecedente Internacional

(Dongming, 2017). En la investigación “Sensores de desplazamiento avanzados basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural”. El objetivo de esta disertación fue explorar sistemáticamente las potencialidades del sensor de visión para un SHM rápido y económico. Las herramientas que utilizó fueron los sensores de visión de referencia LVDT para medir los desplazamientos dinámicos. La metodología experimental y aplicada. El método y la técnica se basó mediante el desarrollo de las capacidades de mediciones multipunto en tiempo real utilizando objetivos naturales en la superficie estructural basados en diferentes técnicas de coincidencia de plantillas. Los resultados mostraron que la contribución del primer modo permanece constante (alrededor del 93%) para diferentes velocidades y se detecta daños menores de hasta un 5% de reducción de la rigidez; los sensores de

desplazamiento avanzados basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural permitieron hallar los desplazamientos máximos de 1.12 cm y 1.34 cm para ambos factores de dinámicas aplicadas a la estructura, de tal modo sus derivas correspondientes fueron de 0.00403 y 0.00419 para sus entrepisos de 278 cm y 320 cm respectivamente. Finalmente, las pruebas de campo mostraron la capacidad del sensor de visión para medir componentes de vibración de alta frecuencia asociados con el sistema dinámico tren-puente.

(Caballero, 2020). En la investigación “Caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo”. El objetivo consistió en validar las principales propiedades dinámicas de estructuras a través del ensamblaje y comienzo de un sistema de monitoreo de salud estructural inalámbrico de bajo costo y el desarrollo de una herramienta alternativa para análisis de vibraciones. Las herramientas que utilizó fue el sistema de medición de prueba RMS. La metodología cuasi experimental y aplicada. El método y la técnica fue el proceso de validación del sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo se realizó por medio de la comparación y evaluación de un conjunto de experimentaciones a pequeña y a gran escala a partir de un sistema de monitoreo de salud estructural de referencia. Los resultados de desplazamientos sinusoidales de amplitudes fueron comprendidos entre 0.10 cm y 0.75 cm en un rango de frecuencias de excitación ubicado entre 0.5 Hz y 8.0 Hz. Finalmente se identificó que las aceleraciones medidas por el acelerómetro PCB L74 sufren disminuciones hasta del 36.0 % con respecto a su valor original.

(Sanz, 2019). En la investigación “Sistema portable de sensores integrados para la adquisición de datos hacia el diseño de exoesqueletos” el objetivo tiene un trabajo de tipo revisión sistemática ya que consistió en las revisiones bibliográficas. La metodología cuasi experimental y aplicada. Este es un diseño evolutivo que permite que el exoesqueleto sea capaz de soportar los movimientos de las extremidades inferiores en la segunda etapa. Los resultados muestran trayectorias de datos cinéticos similares a las obtenidas en otras investigaciones previas utilizando sistemas convencionales de cámaras y marcadores. Las fuerzas de contacto también muestran trayectorias similares a las obtenidas en investigaciones anteriores utilizando la plataforma de medición dinámica. El uso de los métodos de

corrección desarrollados ha mostrado resultados decisivos en el uso de sistemas convencionales de cámaras y marcadores. Las fuerzas de contacto también muestran trayectorias similares a las obtenidas en investigaciones previas mediante el uso de plataformas dinamométricas. El empleo de los métodos de corrección desarrollados, mostró resultados determinantes en el uso de suelas sensitivas con 9, 12 y 14 sensores. Obteniendo para utilizar 9 sensores, la desviación es inferior a 0,1 del valor normalizado en comparación con el uso de plataformas de medición dinámica en otros estudios de la componente vertical de la fuerza, del mismo modo logro medir a través de los sensores una aceleración de 347.12 cm/s² como máximo cuando se realizó la escala de amplificación para simular un sismo severo de magnitud 8.7. Conclusión: El sistema de adquisición de datos móviles desarrollado puede reemplazar el uso de sistemas convencionales para el estudio de movimiento en cualquier entorno. Proporciona un sistema portátil para la recopilación de datos en entornos al aire libre, a un costo razonable. El uso de sensores integrados en el exoesqueleto de las extremidades inferiores proporciona una herramienta física para diseñar y simular exoesqueletos. Puntuación: Uno.

(Gwanghee , y otros, 2017). En la investigación “Un estudio sobre el sistema de adquisición inteligente de datos (IDAQ) basado en tecnología de compresión de datos para el monitoreo de la salud estructural de estructuras civiles”. Con el objetivo de utilizar el sistema IDAQ para el monitoreo de la salud estructural de estructuras civiles, este estudio desarrolló un banco de filtros artificial mediante el cual se adquirieron de manera eficiente respuestas dinámicas estructurales (aceleración) y también lo optimizó en la forma de onda sísmica aleatoria de El-Centro. Metodología planteada fue experimental aplicada. El PPA basado en el método de diferencia central desarrollado para el AFB de muestre selectivamente sólo los valores máximos que incluyen información modal efectiva entre las señales reconstruidas. Resultados: La respuesta de frecuencia de la señal de compresión estimada es 0.03598 en términos de SE, mostrando aproximadamente el 63% de la capacidad de reconstrucción del espectro contra la respuesta de frecuencia de la señal original total. En particular, el SE en el rango de frecuencia objetivo originalmente (menos de 10 Hz) es 0.02831, mostrando aproximadamente el 71% de la capacidad de reconstrucción del espectro, en cuanto a la velocidad alcanzada

por el sistema de adquisición inteligente de datos (IDAQ) basado en tecnología de compresión de datos dio como módulo 3.75 cm/s de velocidad máxima. Conclusión: La señal reconstruida revela el 70% y el 83% de los efectos de reconstrucción en las respuestas de tiempo y frecuencia frente a la señal original, respectivamente. En particular, cuando el AFB se optimiza utilizando la forma de onda sísmica de El-Centro, podría estar disponible como una tecnología de filtro necesaria para adquirir respuestas dinámicas en una gran estructura arquitectónica flexible (menos de 10 Hz).

(Gwanghee , y otros, 2017). En la investigación “Técnicas de aprendizaje automático para el monitoreo de la salud estructural”. El objetivo de esta investigación se basó en el aprendizaje automático de técnicas para monitorear la salud estructural de las edificaciones. La metodología cuasi experimental y aplicada. Los instrumentos fueron un sistema de frecuencias de monitoreo que se utilizaron con la finalidad de determinar las amplitudes y los periodos de vibración. Resultados: Los datos de respuesta de aceleración de los nodos de sensor con una serie de tiempo gaussiana aleatoria. De manera similar a las pruebas preliminares, las amplitudes pico modales de los nodos sensores A, C y D, (como se muestra en la Figura 3) se utilizarán para predecir la amplitud pico modal del nodo sensor B. Un umbral para el ϵ_{RMS} en $\tau = 0.15$ es establecido a partir de pruebas de prueba y error. Conclusión: La amplitud pico modal de cada sensor se predice utilizando las amplitudes pico modales de los sensores correlacionados como datos de entrada. Las desviaciones entre la amplitud que se esperado (es decir, la amplitud obtenida de la predicción) y la amplitud real son indicativas de fallas del sensor. Para encontrar la relación entre las amplitudes máximas modales de los nodos sensores correlacionados, se han incorporado redes neuronales artificiales distribuidas en los nodos sensores inalámbricos.

(Vitola, y otros, 2017). En la investigación “Un sistema de fusión de datos de sensor basado en la clasificación de patrones de vecinos más cercanos para aplicaciones de monitoreo de salud estructural”. El objetivo de esta investigación se basó en encontrar una adecuada técnica de aprendizaje automático para poder eliminar las redundancias en los datos originales. La metodología aplicada en esta investigación es cuasi experimental, aplicada y descriptiva. El instrumento utilizado fue el método

de ondas guiadas las cuales fueron equipadas con bases de aluminio que presentaron una adecuada resolución para varios tipos de sensores de vibración. Esto se debe a que el sistema considera el uso de una línea de base con señales de la estructura en un estado saludable, y el estudio se elabora mediante el cotejo de los nuevos experimentos en las mismas condiciones (ondas guiadas) con la línea de base. Resultados: Los resultados de tres muestras, un perfil rectangular de aluminio, una placa de aluminio y una placa compuesta, mostraron que solo dos puntuaciones eran suficientes para detectar y clasificar todos los estados estructurales con una precisión muy alta. Conclusión: es posible concluir que los mejores resultados se obtuvieron con k-NN fino y k-NN ponderado, porque el número de buenas decisiones oscila entre el 85% y el 93%. Cabe señalar que tanto para el k-NN fino como para el k-NN ponderado y para los tres ejemplares, la estructura sin daño se clasifica correctamente en la totalidad de los casos.

2.3. Marco conceptual internacional

Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada

Según (Husam , 2022) el Monitoreo de Salud Estructural se ha desarrollado como una técnica efectiva para monitorear la salud de la infraestructura. Con el fin de ayudar a los investigadores e ingenieros a evaluar la integridad y seguridad de las estructuras, el Monitoreo de Salud Estructural se refiere a una evaluación continua del desempeño estructural utilizando diferentes tipos de sensores. El objetivo principal de este número especial "Monitoreo de la salud estructural de edificios, puentes y presas" en Buildings es proporcionar una plataforma para la discusión de los principales desafíos y logros de la investigación sobre el desarrollo de nuevas estrategias para Monitorear la salud estructural y conocer la ubicación y la gravedad de daños estructurales considerando cualquier cambio en las características de las estructuras (Husam , 2022)

Sensores de aceleración sísmica

Para (Zhang, y otros, 2018) los acelerómetros utilizados en los sensores de terremotos pueden detectar ruidos con una sensibilidad 20 veces mayor que los sismómetros basados en corriente. El uso de un acelerómetro es capaz ya que las

ondas de presión sísmica pueden viajar más rápido que los movimientos terrestres correspondientes, lo que permite que los sensores detecten esas ondas. Los acelerómetros detectan vibraciones y miden cuantitativamente la aceleración, que es proporcional a la fuerza que actúa sobre un objeto que hace que cambie de velocidad o de posición. En los sismómetros basados en acelerómetros, se mide la velocidad de un punto en el suelo durante el terremoto.

Comportamiento estructural

Para Rijnveld (2018) la caracterización del comportamiento estructural es fundamental para la seguridad de los sistemas de infraestructura civil. En NC State, la investigación sobre materiales nuevos y tradicionales para el diseño estructural incluye métodos tanto experimentales como computacionales. Entre los materiales estudiados en NC State se encuentran el hormigón, el acero, la mampostería y los polímeros reforzados con fibra. Estos materiales se utilizan para componentes de puentes y edificios sujetos a peligros como terremotos y huracanes. La investigación en esta área ha sido apoyada por los departamentos de transporte de Alaska, California y Carolina del Norte, así como por numerosas agencias federales y organizaciones industriales.

Velocidad estructural

Una estructura de velocidad es un modelo regional generalizado de la corteza terrestre que representa la estructura de la corteza utilizando capas que tienen diferentes velocidades sísmicas supuestas. La Velocidad estructural son ondas sísmicas y la distribución espacial de la sismicidad. Una velocidad media unidimensional muestra que la zona sismogénica tiene una relación de alta velocidad y baja V_p / V_s en relación con la estructura de velocidad promedio. Esto indica que la corteza es relativamente fuerte, capaz de soportar una energía de deformación suficientemente alta para facilitar dos terremotos grandes ($M_j > 6,5$) muy próximos entre sí en rápida sucesión (Pierleoni, y otros, 2018).

Módulo de velocidad

Los Módulo de velocidad son códigos de construcción y se caracterizan por la aceleración vertical de un terremoto como igual a dos tercios de la aceleración horizontal. Los estudios han encontrado que la relación entre la aceleración horizontal y la aceleración vertical varía debido al período y también a la distancia desde la falla. Cerca de la falla, la relación de aceleración vertical a horizontal puede exceder 1.0. Más allá de la falla, la relación es menor a 1.0. El pico de los espectros verticales tiene una frecuencia más alta (período más bajo) que los espectros horizontales. Se han sometido tres edificios a excitación horizontal y vertical mediante un análisis de espectros de respuesta lineal. Las estructuras se modelaron utilizando un programa de estudio de piezas finitos de empeño originar y se tomaron en cuenta la excitación vertical discretizando la masa del piso e incluyendo todos los elementos estructurales significativos (Pierleoni, y otros, 2018).

Periodo estructural

Para Bernauer (2021) el período natural fundamental T es una propiedad inherente de un edificio. Cualquier alteración realizada en el edificio cambiará su T . Los períodos naturales fundamentales T de edificios normales de una sola planta a 20 plantas suelen estar en el rango de 0,05 a 2,00 s.

(Chen, y otros, 2022) menciona que se puede apreciar los períodos naturales fundamentales de las estructuras difieren en una amplia gama. Los valores del período natural son solo indicativos; dependiendo de las propiedades reales de la estructura, el período natural puede variar considerablemente.

Importancia de la flexibilidad

Según (Tapia , y otros, 2019) el suelo que tiembla durante un terremoto contiene una mezcla de muchas ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, que van desde períodos cortos a largos. El tiempo que tarda la onda en completar un ciclo de movimiento se denomina período de la onda sísmica. En general, la sacudida del suelo por terremotos tiene ondas cuyos períodos varían en el rango de 0.03 a

33 segundos. Incluso dentro de este rango, algunas ondas sísmicas son más fuertes que otras. La intensidad de las ondas sísmicas en la ubicación de un edificio depende específicamente de una serie de factores, en la cual incluye la magnitud del terremoto, la distancia epicentral y el tipo de terreno por el que viajaron las ondas sísmicas antes de llegar a la ubicación de interés.

Amortiguación en estructuras

La verdadera amortiguación en estructuras NO es viscosa. Sin embargo, para valores bajos de amortiguación, la amortiguación viscosa permite ecuaciones lineales y simplifica enormemente la solución (Eleftheriadou, 2020).

Estimación del período de vibración para edificios

La estimación confiable y suficiente del período natural de vibración de un edificio de RC podría jugar un papel esencial en la comprensión de las demandas globales de la estructura bajo un terremoto. En la mayoría de los códigos de diseño, la estimación del período fundamental está relacionada con la altura del edificio basándose en relaciones empíricas simples dada la tipología estructural. Estas fórmulas se han derivado de datos empíricos de edificios existentes sometidos a acciones sísmicas. En el método estático equivalente (lineal), la predicción del período fundamental de vibración de una manera simplificada permite el cálculo de la fuerza cortante base de diseño que luego se distribuye a lo largo de la altura del edificio de manera lineal. En el método de dinámica lineal (o espectro de respuesta modal) se realiza un modelo analítico de la estructura (a menudo utilizando secciones estructurales de rigidez reducida) para calcular los períodos de vibración y una serie de modos significativos. Las fuerzas resultantes de cada modo se aplican al edificio utilizando la forma modal adecuada y las acciones sísmicas resultantes de estas fuerzas se combinan de acuerdo con las disposiciones (Eleftheriadou, 2020).

El análisis y diseño de edificios altos se ven afectados por las cargas laterales, en particular la deriva o la oscilación causada por dichas cargas. Deriva o balanceo es la magnitud del desplazamiento lateral en la parte superior del edificio en relación con su base. Puede resultar muy difícil garantizar que los elementos exteriores se ajusten a los requisitos de deriva de los códigos recientes. No obstante, la deflexión

lateral es el desplazamiento presentado de una composición bajo cargas laterales; y la deriva del piso se define como la desemejanza en la deflexión fronterizo entre 2 pisos fronterizo (Aming, 2021).

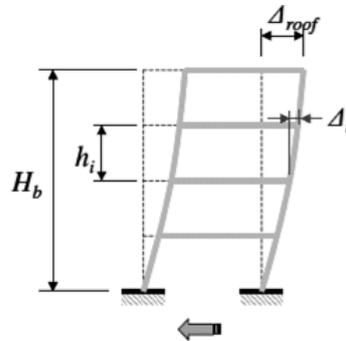


Figura 3: Deriva

Fuente: (Aming, 2021)

En la Fig. 3 se observa la representación del comportamiento de una edificación de 4 niveles donde se observa las alturas de la edificación y los desplazamientos en cada uno de los niveles.

2.4. Marco conceptual nacional

Velocidad sísmica

Para (Hugo, y otros, 2017) una de las razones por las que los terremotos son tan peligrosos es que son rápidos, muy rápidos. Considere las ondas sísmicas: incluso el tipo de onda común más lento, las ondas de Rayleigh, dan la vuelta al mundo con velocidades de más de 7,000 millas por hora. Las ondas P más rápidas atraviesan el interior de la Tierra a 18 000 millas por hora, aproximadamente a la misma velocidad que los astronautas en la Estación Espacial Internacional orbitan nuestro planeta. La velocidad también es esencial en el foco o hipocentro del propio terremoto.

Resonancia

Todos los edificios tienen una frecuencia natural de oscilación o frecuencia de resonancia. Si bien las geometrías y los materiales específicos del edificio controlan la resonancia de un edificio, la frecuencia de resonancia es en gran medida un factor de la altura del edificio. Por ejemplo, los edificios más altos y flexibles son susceptibles a las oscilaciones más pequeñas y de baja frecuencia de los terremotos distantes, mientras que los edificios más bajos y rígidos son más susceptibles a las sacudidas más grandes y de alta frecuencia de los terremotos cercanos (Osorio, 2020).

Equilibrio Dinámico

Aquí las ecuaciones de movimiento se muestran como un equilibrio de fuerzas. En cualquier momento, las fuerzas de resistencia inercial, de amortiguamiento y elástica no actúan necesariamente en la misma dirección. Sin embargo, en cada momento, se debe mantener el equilibrio dinámico. (Osorio, 2020).

2.5. Normas internacionales

Estado Límite de Servicio (ELS)

(Pedroso, y otros, 2021) mencionan que de acuerdo con la NBR 6118, el valor límite para el desplazamiento horizontal total en la parte superior de la estructura no debe exceder $H/1700$ considerando los efectos dinámicos producidos por la acción del viento frecuente ($\psi_1=0,3$), donde H es la altura total del edificio. Se utilizó el programa informático FTOOL para obtener este desplazamiento para los dos edificios analizados.

Disposiciones para la determinación de la deriva lateral

(Pedroso, y otros, 2021) indican que el estándar ASCE 7-16 no sugiere un límite de deriva permisible para el diseño de viento como lo hace con un diseño sísmico, pero, de acuerdo con el Apéndice CC no obligatorio (Consideraciones de servicio) de ASCE 7-16, el uso común para diseñar edificios es del orden de $1/600$ a $1/400$ de la altura del edificio o del piso sin más detalles. Los límites típicos de la deriva del viento en el uso común varían de $H/100$ a $H/600$ para la deriva total del edificio

y de $h/200$ a $h/600$ para la deriva entre pisos, según el tipo de edificación y la característica de revestimiento o materiales de partición utilizados. Los valores más utilizados son H (o h)/400 a H (o h)/500 (Comité de trabajo de ASCE sobre control de deriva de estructuras de edificios de acero, 1988). En ocasiones, los diseñadores imponen un límite absoluto a la deriva entre pisos a la luz de la evidencia de que se pueden producir daños en las particiones no estructurales, el revestimiento y el acristalamiento si la deriva entre pisos supera las 0,4 pulgadas (10 mm).

Límites de Velocidad

Según la norma colombiana NSR-10 las edificaciones de menores o iguales a 3 niveles con sistema de albañilería no deben de superar una velocidad de 4 cm/s. También menciona que cuando esto supera el límite mencionado las columnas y las vigas generan rotulas inelásticas y generan rupturas en las juntas (Barbosa, 2017)

2.6. Normas nacionales

Periodo

Según la norma E 0.30 nos menciona que toda edificación tiene su periodo natural que permite su movimiento la cual genera su propia amplitud, esta misma se puede generar el periodo fundamental de la edificación a través de su periodo (Barbosa, 2017).

Momento torsor

Según la NTP E0.30, la excentricidad accidental de edificaciones no debe de superar la fracción de 0.05 veces la medida de la altura de las edificaciones. Lo que indica que la altura es la que presenta una dirección perpendicular a la dirección de análisis (Barbosa, 2017).

Derivas

Según la norma E 0.30 los desplazamientos horizontales de las edificaciones a nivel de entre pisos se calcula por medio de una relación entre los valores del desplazamiento horizontal entre pisos y la altura del nivel en mención que se esté

calculando, esta fracción no puede superar los 0.005 para lo que constituye como estructuras de albañilería (Barbosa, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según (Tacillo, 2016) una investigación es aplicada porque posee propósitos establecidos o bien definidos y que busca investigar la actuación, transformación, modificación y reacción, además es aplicada porque cuyo propósito principal es la manipulación de la variable con el avance del tiempo esto refiere a la norma E.030-2003 y 2018.

La investigación fue de tipo aplicada ya que tiene el propósito de resolver la problemática sobre el monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada a través de los sensores de aceleración.

Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental según (Tacillo, 2016) en un diseño experimental el objeto de estudio se encuentra establecido y permite la manipulación de una u otra variable vinculada a producir para calcular de esta manera la secuela que tiene al relacionarlo con la otra variable. Por ello esta investigación es experimental porque permite la manipulación de las variables. (p. 44).

La investigación fue de diseño de investigación experimental, puesto que utilizará inicialmente sensores de aceleración que nos brindará la velocidad, aceleración y desplazamiento de la estructura y luego se amplificará el movimiento sísmico conseguido con los sensores para poder determinar cómo afecta la variable dependiente (salud estructural en viviendas de albañilería confinada).

Según (Tacillo, 2016) una investigación es descriptiva cuando se Caracteriza un evento, un fenómeno, un individuo, un grupo o una cosa, con el fin de establecer sus modos, cualidades, acciones o representaciones.

Así mismo se denomina que la investigación fue descriptiva porque describió los acontecimientos del monitoreo de la edificación y poder establecer sus características durante el proceso.

También (Tacillo, 2016) indica que Un estudio transversal es un tipo de estudio observacional que se enfoca en analizar datos de diferentes variables en una muestra de población determinada, recopilados durante un período de tiempo.

Por tal motivo la investigación fue transversal por que se realizó en un periodo de tiempo y en este tiempo se midió los resultados obtenidos para luego ser procesados y evaluados

(Wayne, 2022) indica que son métodos de investigación cuantitativa ya que hacen énfasis en las mediciones objetivas y el análisis estadístico, matemático o aritmético de los datos recopilados a través de sondeos, cuestionarios y encuestas, o mediante el uso de datos estadísticos disponibles de antemano mediante tecnología informática.

La actual investigación realizara mediciones cálculos y sondeos matemáticos con lo cual la investigación es de un enfoque cuantitativo.

3.2. Variables, operacionalización

Variable independiente: Sensores de aceleración sísmica

Definición conceptual:

Según (Fosca, 2019) los sensores de aceleración o acelerómetros le permiten realizar mediciones precisas de vibraciones o golpes para una variedad de aplicaciones. Se utilizan para medir vibraciones, golpes, desplazamiento, velocidad, inclinación e inclinación. Nuestros acelerómetros se basan en varias tecnologías diferentes e incluyen sensores piezoeléctricos, galgas extensométricas, MEMS y capacitivos.

Definición operacional:

Los sensores de aceleración nos permitirán determinar el comportamiento de la estructura, encontrar los registros de datos y la sismología de la estructura los cuales permitirán aplicar los sensores de aceleración para monitorear la salud estructural en viviendas de albañilería confinada.

Dimensiones 1: Comportamiento estructural

Indicadores

Escala de RICHTER (ML)

Flexibilidad estructural (s)

Dimensiones 2: Registro de datos

Indicadores

Módulo de velocidad (m/s)

Módulo de aceleración (m/s²)

Dimensiones 3: Sismología

Indicadores

Periodo (s)

Escala de medición: Razón

Variable dependiente: Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada

Definición conceptual.

La salud estructural en viviendas de albañilería confinada es un estado que tiene completa estabilidad física y mecánica, esto indica que las características físicas y mecánicas de la estructura deben tener una estabilidad antes y después de un sismo, con lo cual se pretende siempre realizar diagnósticos constantes para determinar la salud de estructural en viviendas de albañilería confinada, gracias a los diferentes métodos planteados por diferentes normas (Angarita, 2019).

Definición operacional. La salud estructural en viviendas de albañilería confinada, llegará a medirse a través de la determinación de desplazamientos, deformaciones elásticas y colapso, gracias al cual será posible visualizar y observar el estado de salud de viviendas de albañilería confinada.

Dimensiones 1: Desplazamiento

Indicadores

Longitud (cm)

Dimensiones 2: Aceleración

Indicadores

Módulo de aceleración (cm/seg²)

Dimensiones 3: Resonancia

Indicadores

Periodo (Segundos)

Escala de medición: Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Según (Tacillo, 2016) Población se define como la integridad de los eventos, personas, fenómenos, cosas en estudio que en el proceso de investigación serán estudiados.

En el trabajo de investigación, la población está constituida por todas las viviendas de dos niveles de albañilería confinada ubicadas en el distrito de Puente Piedra. Estas a su vez son edificaciones de albañilería confinada y presentan una antigüedad de 15 años.

Tabla 1. Número de viviendas del distrito de Puente Piedra

Descripción	Antigüedad de 15 años	
	Albañilería	Otros sistemas
Viviendas de 2 niveles	36	325

Fuente: INEI 2019

3.3.2. Muestra

Según (Tacillo, 2016) dividen las muestras en 2 enormes categorías: la muestra no probabilística y la muestra probabilística. Esto se recibe explicando la propiedad

poblacional, el tamaño de la muestra y por el método de sustitución aleatoria y/o el trabajo de las unidades de estudio.

La muestra está constituida por 1 vivienda de albañilería confinada del distrito de Puente Piedra, ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima. La cual se eligió tomando en cuenta las condiciones más adecuadas para la evaluación, esta edificación de 2 niveles y fue construida con el sistema de edificación de albañilería confinada.

Tabla 2. Identificación de estructuras con fallas

Viviendas de 2 niveles	Antigüedad de 15 años
No presentan fallas estructurales	27
Si presentan fallas estructurales	9

Fuente: propia

Según (Tacillo, 2016) El investigador elige la muestra porque sigue los criterios previamente definidos y establecidos, relacionados con el propósito del estudio que desea realizar.

3.3.3. Muestreo

Según (Tacillo, 2016) El muestro no probabilístico porque la conveniencia consiste en conseguir sin ninguna planificación previa, lo que hace que las unidades se elijan como productos de conveniencia. Por conveniencia consiste en obtener sin ningún plan previo, resultando las unidades escogidas producto de la conveniencia.

En esta investigación se realizó el muestreo **no probabilístico** por conveniencia debido a que se eligió una sola vivienda la cual reunía las características necesarias para representar a la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las **técnicas** a usar consisten en el monitoreo de salud estructural (MSE) a la combinación algoritmos de detección de mal junto con sistemas de monitoreo

dinámico mediante el uso de sensores, para evaluar la conducta de las viviendas de albañilería confinada bajo pruebas de vibración. Los resultados de la FFT para frecuencias nos mostrarán, una resolución de Hz y error relativo máximo en porcentaje. Por otro lado, la magnitud corregida de la FFT nos permitirá visualizar el porcentaje de error. También se podrá encontrar las frecuencias y periodos relativos de las viviendas de albañilería confinada.

Los **Instrumentos** están en los anexos firmados y validados por 3 ingenieros civiles y han sido elaborados en base a los antecedentes para medida de la aceleración, el análisis y medición de la frecuencia en las viviendas de albañilería confinada. Y están validados por juicio de expertos. También nos apoyamos con Normas técnicas, (E.020, E.030 y E.060). Normas Americanas, (ASCE 7-10 capítulo 18).

Tabla 3. Valores de calificación

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

Fuente: Propia

3.5. Procedimiento

Al empezar, se hizo una verificación del estado de los sensores que escogimos para verificar su funcionalidad y lo descrito por su autor y que desempeñaban con la exigencia del Proyecto. Para Realizar el Monitoreo se utilizará dispositivos de ajuste de nuestros propios sensores al módulo de transmisibilidad. El acceso a los registros se realiza por conexión ethernet, registrando continuamente y generando un archivo con todo el registro diario, el cual se guarda automáticamente en el servidor. La sincronización de las señales registradas funciona a través del protocolo de internet NTP (Network Timing Protocol) el cual puede mantenerse sincronizado con una diferencia de máximo de 10 milisegundos (1/100 segundos). Los registros reciben un tratamiento en Python usando la librería Obspy para la

conversión de cuentas a unidades métricas, removiendo la respuesta instrumental del equipo. Posteriormente se hace la corrección de línea base y la eliminación de la tendencia lineal, centrando el registro sobre la línea de origen para disminuir los errores en la determinación de las velocidades y desplazamientos en el proceso de integración. Por último, un filtro Butterworth pasa banda entre 0.2 Hz y 20.0 Hz para eliminar los componentes frecuenciales que no son de interés en el registro sísmico.

3.6. Método de análisis de datos

Para esta indagación se usó softwares como por ejemplo MATLAB, ViewWave, los sensores y la comunicación uC-PC y envío serial de esta información al programa MATLAB. De esta manera se va a poder establecer la frecuencia y las etapas necesarias para la investigación.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación es de nuestra autoría propia ya para ampliar el conocimiento se consultó Tesis, artículos, libros y Normas basado a nivel nacional e internacional, con el propósito de complementar, comparar resultados que servirán a futuras investigaciones relacionadas al tema.

IV. RESULTADOS

OG: Determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima 2022.

Como se consideró que los 3 objetivos específicos cumplen las normas técnicas según el reglamento. Se realiza la aprobación de la hipótesis.

$$P > 0.68$$

$$x = 0$$

$$n = 3$$

$$\alpha = 0.05$$

$H_i: P > 0.68$ (La salud estructural de las viviendas de albañilería confinada se optimiza mediante el uso de los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra)

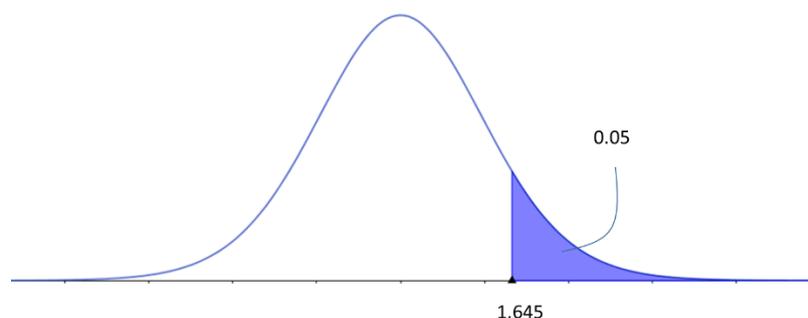
$H_o: P \leq 0.68$ (La salud estructural de las viviendas de albañilería confinada no se optimiza mediante el uso de los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra)

$$Z = \frac{P_s - P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}} = \frac{\frac{0}{3} - 0.68}{\sqrt{\frac{0.68(1-0.68)}{3}}} = -2.52$$

Decisión:

$$Z_c = -2.52 < Z = 1.645$$

(Se acepta la hipótesis)



Se inició el proceso obteniendo los sensores de aceleración de la Empresa NCN.pe (Nuevo Control E.I.R.L) dedicada a Monitoreos Sísmicos y desarrollo de aplicaciones Acelerográficas en tiempo real. Los cuales fueron los encargados de realizar las instalaciones de Sensores de aceleración en la vivienda de dos niveles con dirección en Mz. P1 Lote 6 laderas de Chillón, Puente piedra.



Figura 4: Predio

Fuente: Elaboración propia

Los sensores utilizados fueron de la marca raspberry shake y programación del software ViewWave para la simulación de sismos de gran magnitud en la mencionada casa para el primer y segundo nivel, luego se procedió a calibrar los instrumentos (sensores de aceleración) con la supervisión del ingeniero Lucio Estacio Flores. Se inició el proceso el mes de mayo del 2022.



Figura 5: Instalación de los sensores

Fuente: Elaboración propia

Uso de ViewWave para amplificación de sismo de magnitud 5.5 a 9.0 grados

Se inició el proceso aplicando ViewWave sobre las características de sismo encontradas durante el sismo el día 12 de mayo del 2022 a las 16:55:48 horas, en base a dichos resultados se consideró los nuevos registros generados por los parámetros ya contemplados.

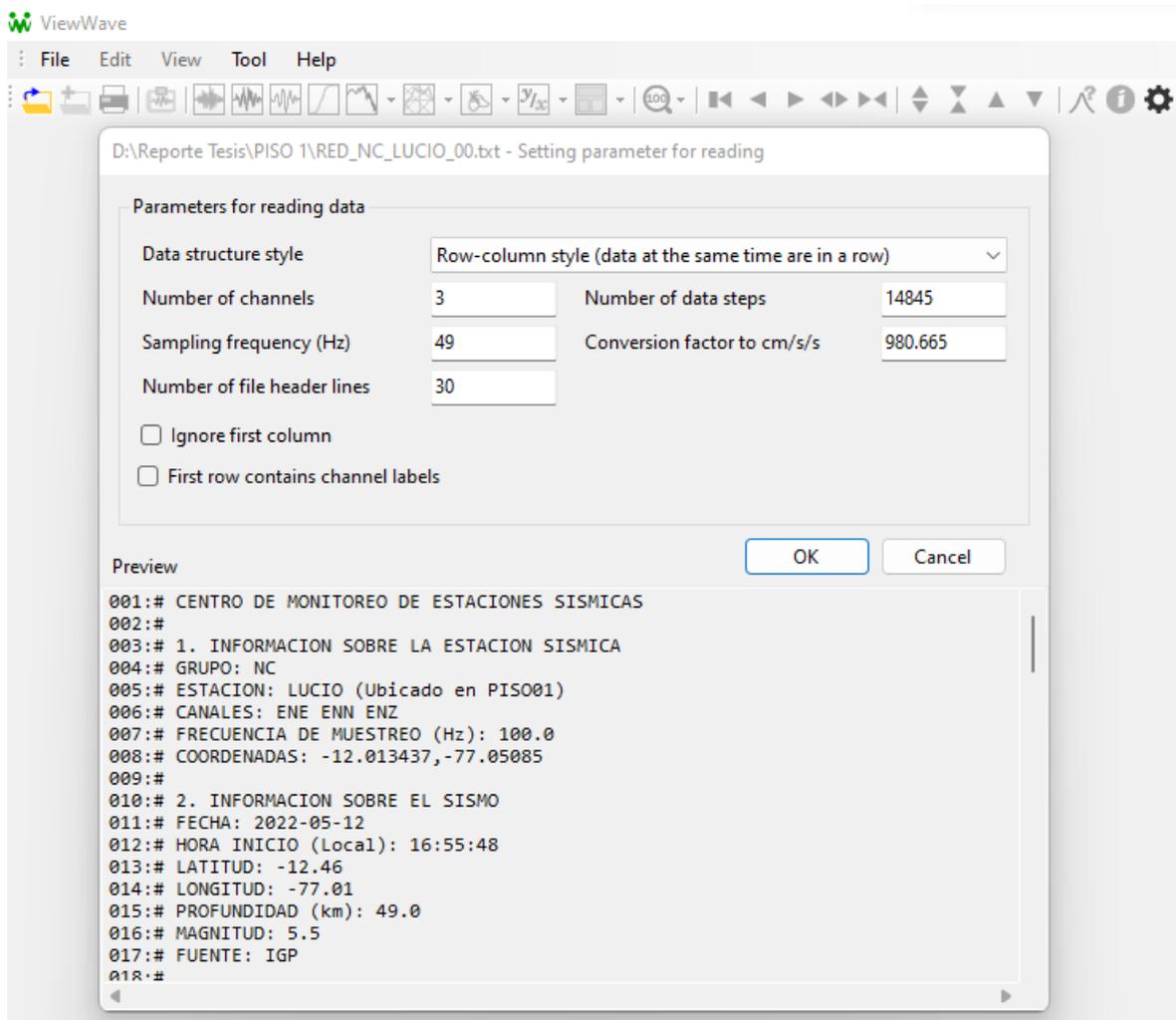


Figura 6: Introducción de datos amplificados

Fuente: Elaboración propia

En la imagen se puede observar cómo se introduce los valores alcanzados respecto al sismo de magnitud 5.5 con amplificación a un sismo de magnitud 9.0 en ViewWave.

OE1: Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra

Desplazamiento

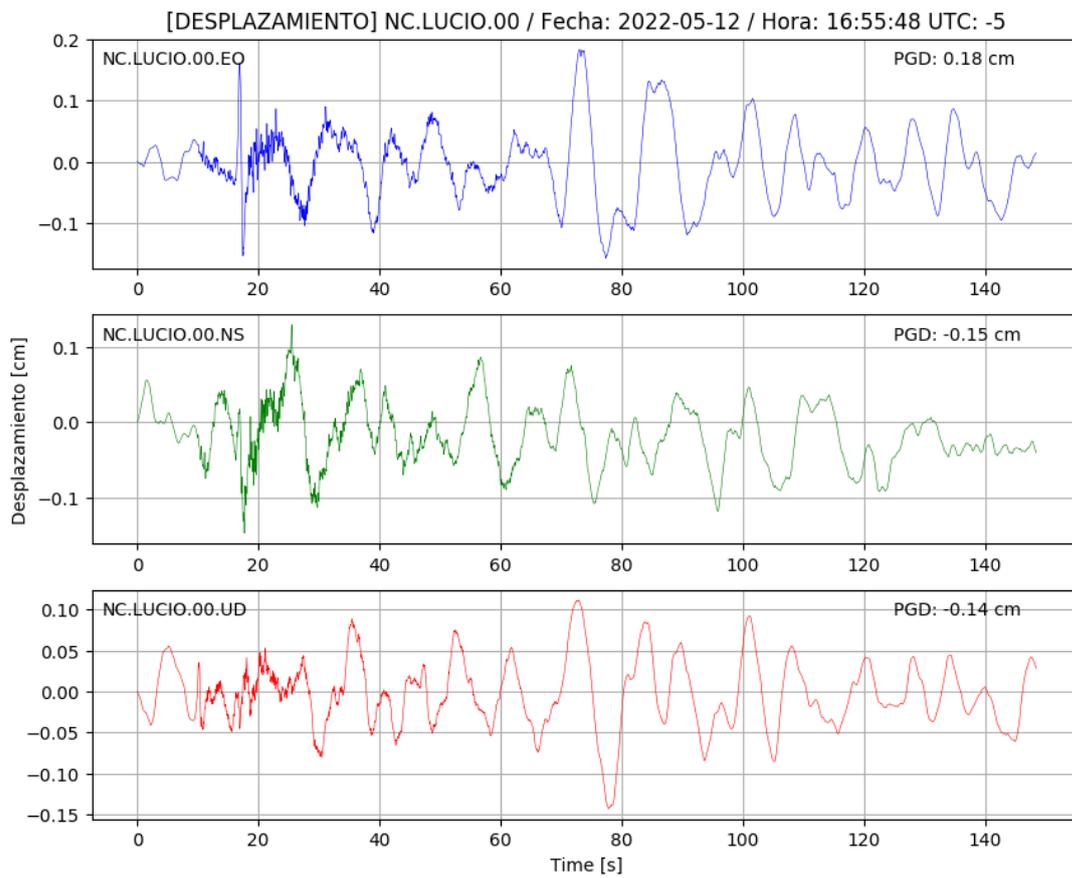


Figura 7: Desplazamiento 1° nivel

Fuente: Elaboración propia

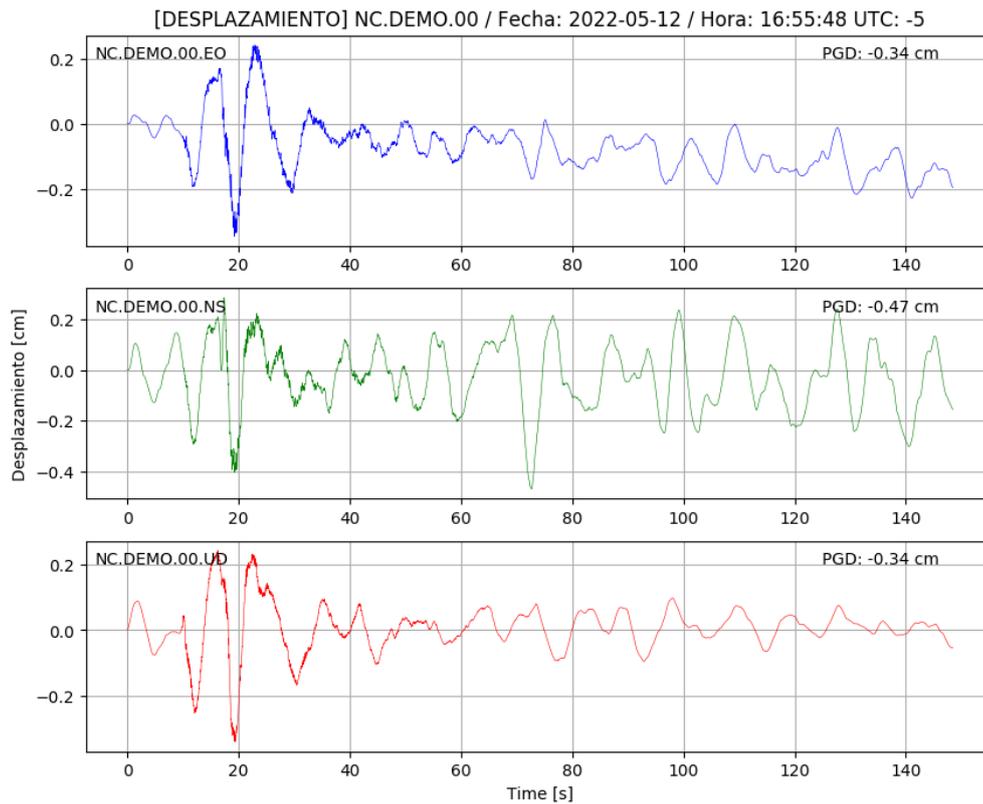


Figura 8: Desplazamiento 2° nivel

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en las figuras 7 y 8 los resultados de los sensores de aceleración en relación a los desplazamientos de la estructura, donde sus valores fueron de 0.18 cm para el primer nivel como máximo y -0.47 cm para el desplazamiento máximo en el segundo nivel tomadas el día 12 de mayo del 2022 a las 16:55:48 horas del día.

$$Deriva = \frac{\Delta_i}{h_{ei}} = \frac{0.47}{253} = 0.00186$$

Según la norma E 0.30 se menciona que los desplazamientos no pueden superar los 0.005 de entre piso, esto indica que la edificación ante el sismo de magnitud de 5.5 produjo una deriva de 0.00186 lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la norma E 0.30.

$$Deriva < 0.005$$

Desplazamiento amplificado

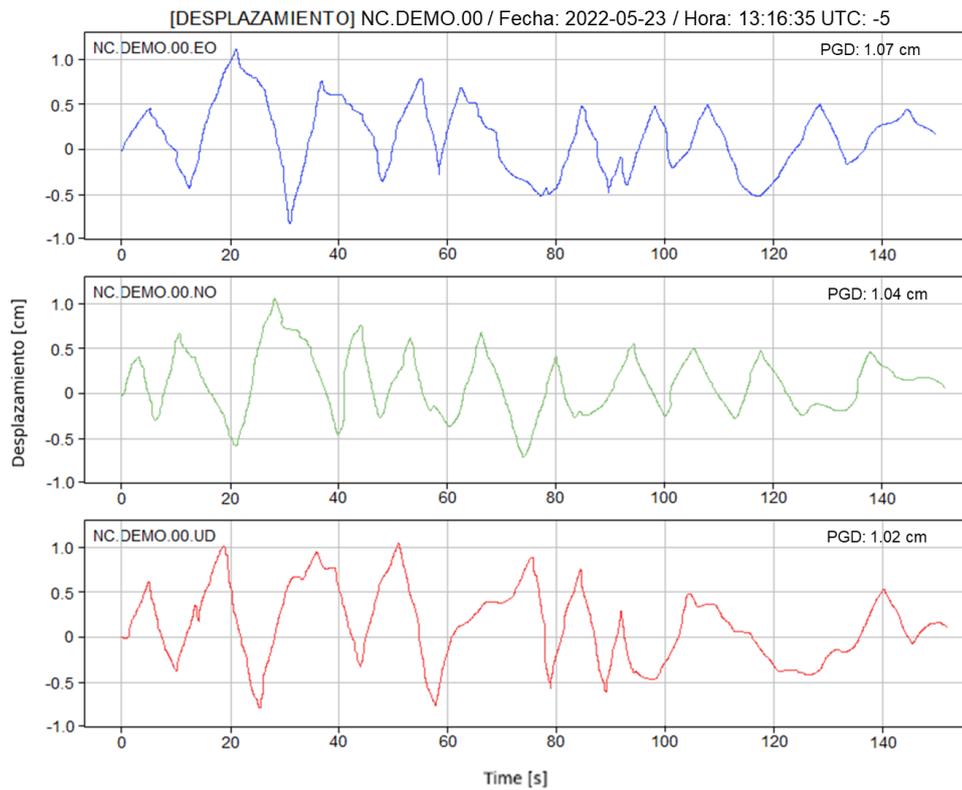


Figura 9: Desplazamiento 2° nivel con ViewWave

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 9 los resultados de desplazamiento en el segundo nivel, donde se obtiene 1.07 cm para el desplazamiento máximo tomadas el día 23 de mayo del 2022 a las 13:16:35 horas del día.

$$Deriva = \frac{\Delta_i}{h_{ei}} = \frac{1.07}{253} = 0.004229$$

Según la norma E 0.30 se menciona que los desplazamientos no pueden superar los 0.005 de entre piso, esto indica que la edificación ante el sismo de magnitud de 9.0 produjo una deriva de 0.004229 lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la norma E 0.30 pero muy cerca del límite.

$$Deriva < 0.005$$

OE2: Estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.

Aceleración

Inicialmente se planteó un tiempo de 20 días para monitorear los diferentes fenómenos ocurridos durante ese periodo en la edificación, pero debido al sismo de magnitud 5.5 del 12 de mayo del 2022 ocurrido dentro de este tiempo fue la ocasión favorable para tomar como referencia dichos datos, estos datos se muestran a continuación:

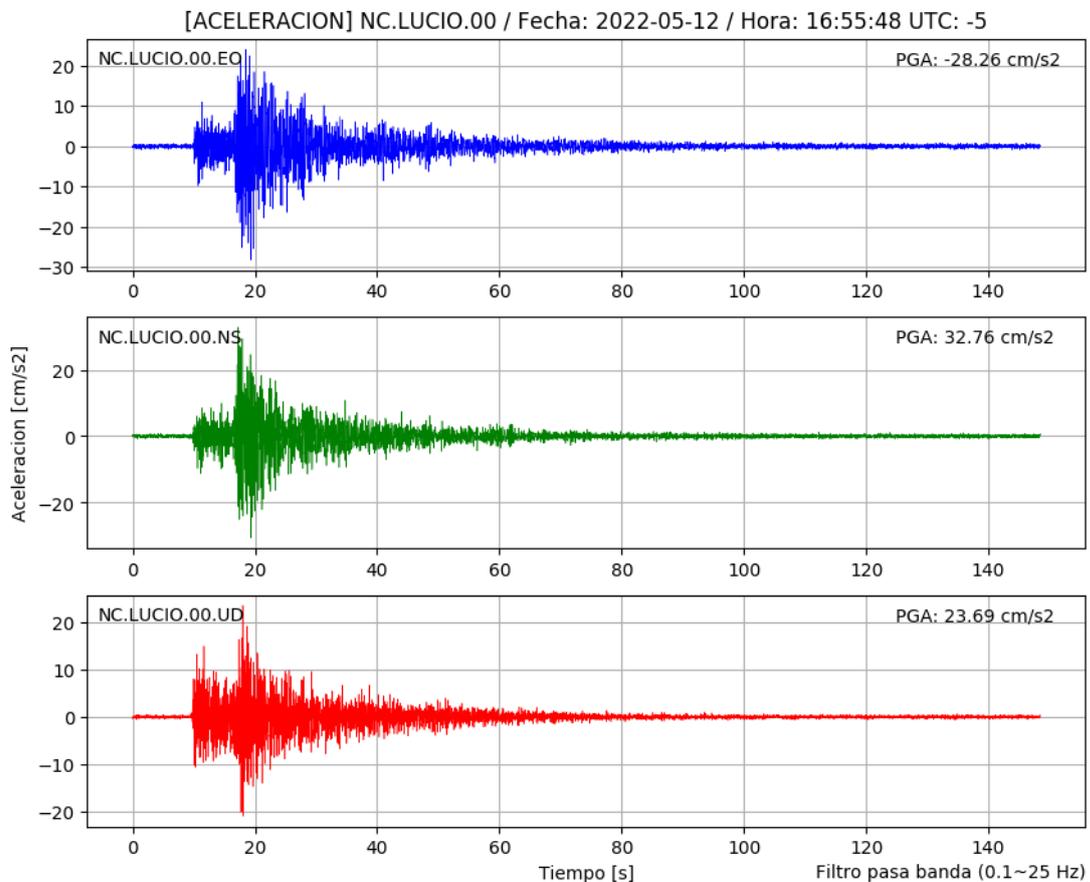


Figura 10: Aceleración 1° nivel

Fuente: Elaboración propia

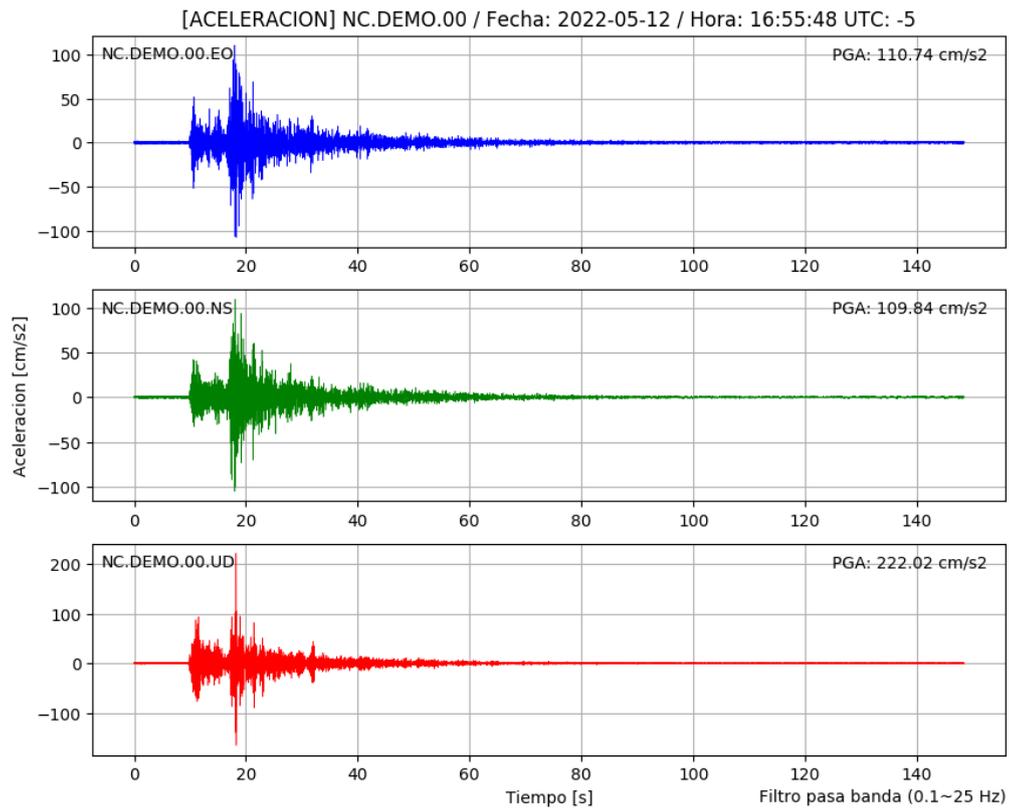


Figura 11: Aceleración 2° nivel

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en las figuras 10 y 11 los resultados de los sensores de aceleración en ambos niveles los cuales son de 32.76 cm/s² como máximo para el primer nivel y 222.02 cm/s² para la aceleración máxima en el segundo nivel tomadas el día 12 de mayo del 2022 a las 16:55:48 horas del día.

Velocidad

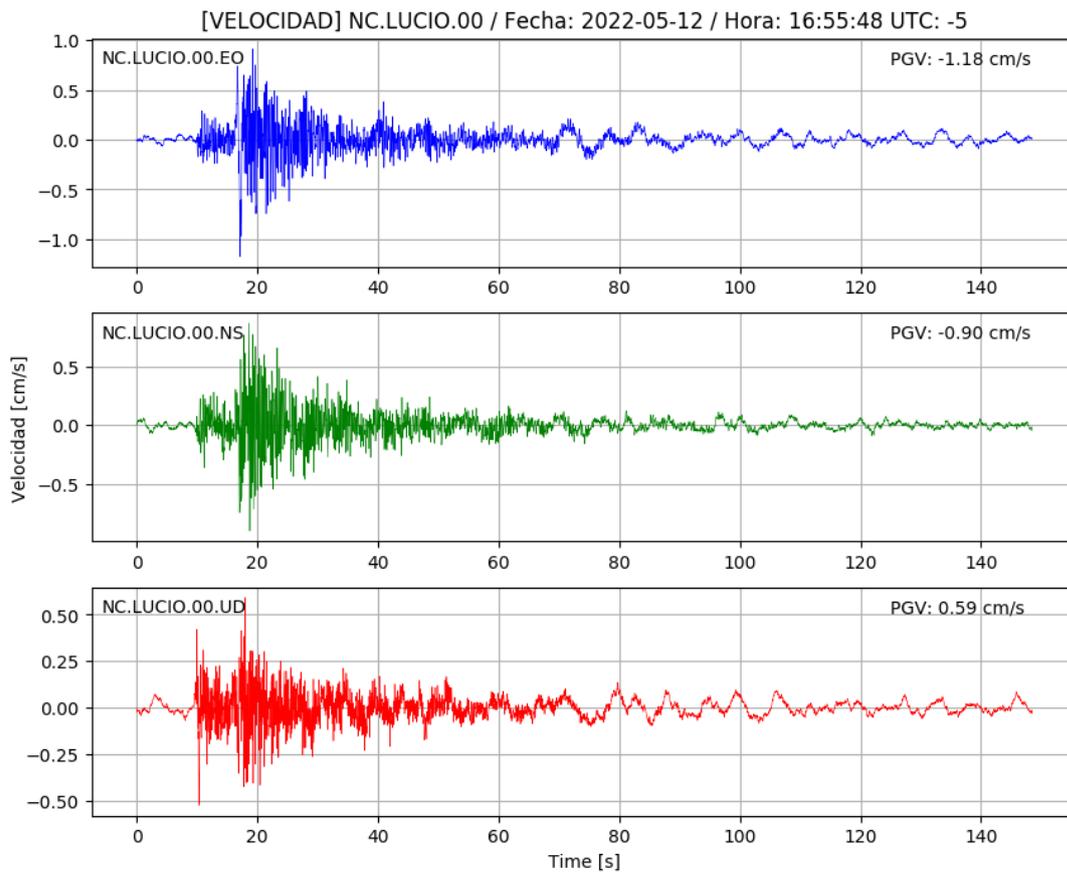


Figura 12: Velocidad 1° nivel

Fuente: Elaboración propia

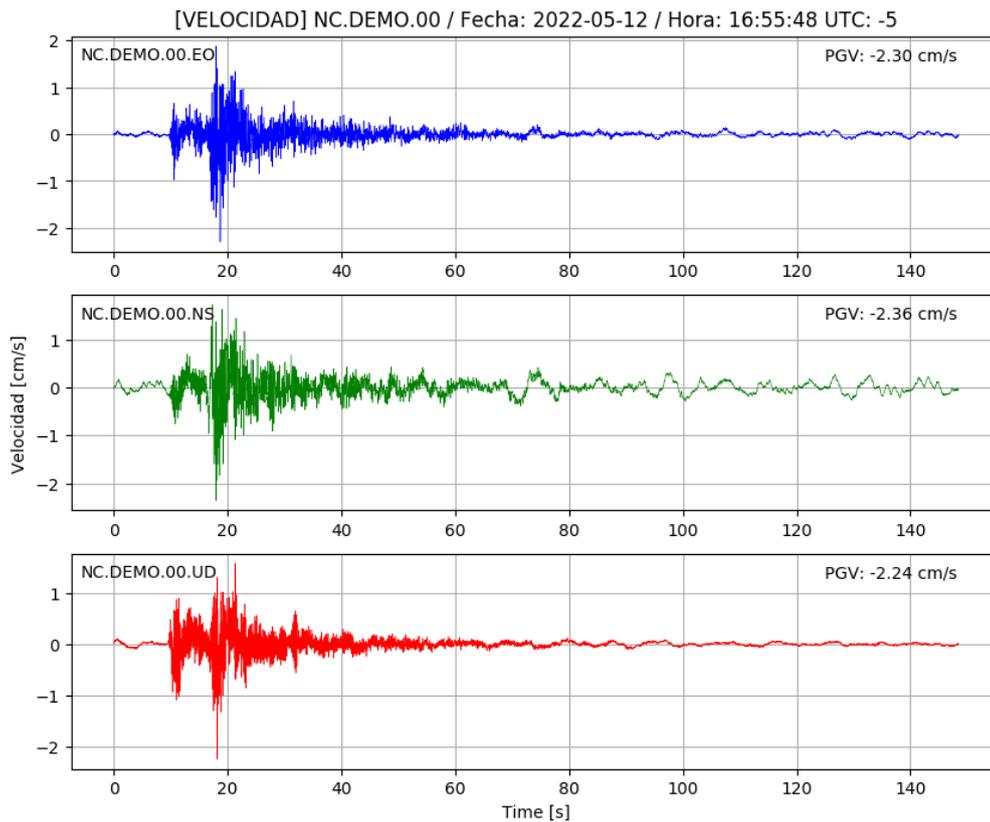


Figura 13: Velocidad 2° nivel

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en las figuras 12 y 13 los resultados de los sensores de aceleración en relación a la velocidad de la estructura, donde sus valores fueron de -1.18 cm/s para el primer nivel como máximo y -2.36 cm/s para la velocidad máxima en el segundo nivel tomadas el día 12 de mayo del 2022 a las 16:55:48 horas del día.

Aceleración amplificada

Estas aceleraciones fueron encontradas con la introducción de los datos amplificados de sismo convirtiendo un sismo de magnitud 5.5 a un sismo de magnitud 9.0, esto se pudo hacer gracias al ViewWave.

En relación a lo encontrado en el sismo de magnitud 5.5 solo se considerará el segundo nivel para el análisis debido a que el periodo del primer nivel no sufrirá tanto daño como el segundo que tiene un periodo similar al sismo de la ubicación donde se encuentra la edificación.

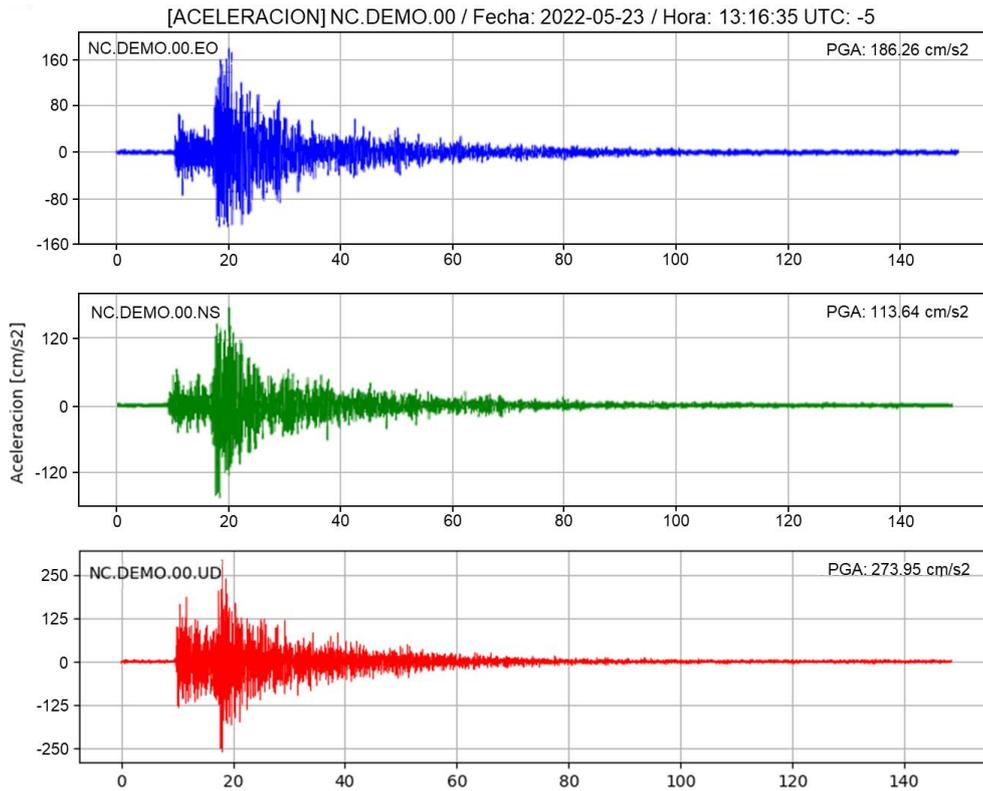


Figura 14: Aceleración 2° nivel con ViewWave

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 14 los resultados de aceleración en el segundo nivel, donde se obtiene 293.95 cm/s² para la aceleración máxima tomadas el día 23 de mayo del 2022 a las 13:16:35 horas del día.

Velocidad amplificada

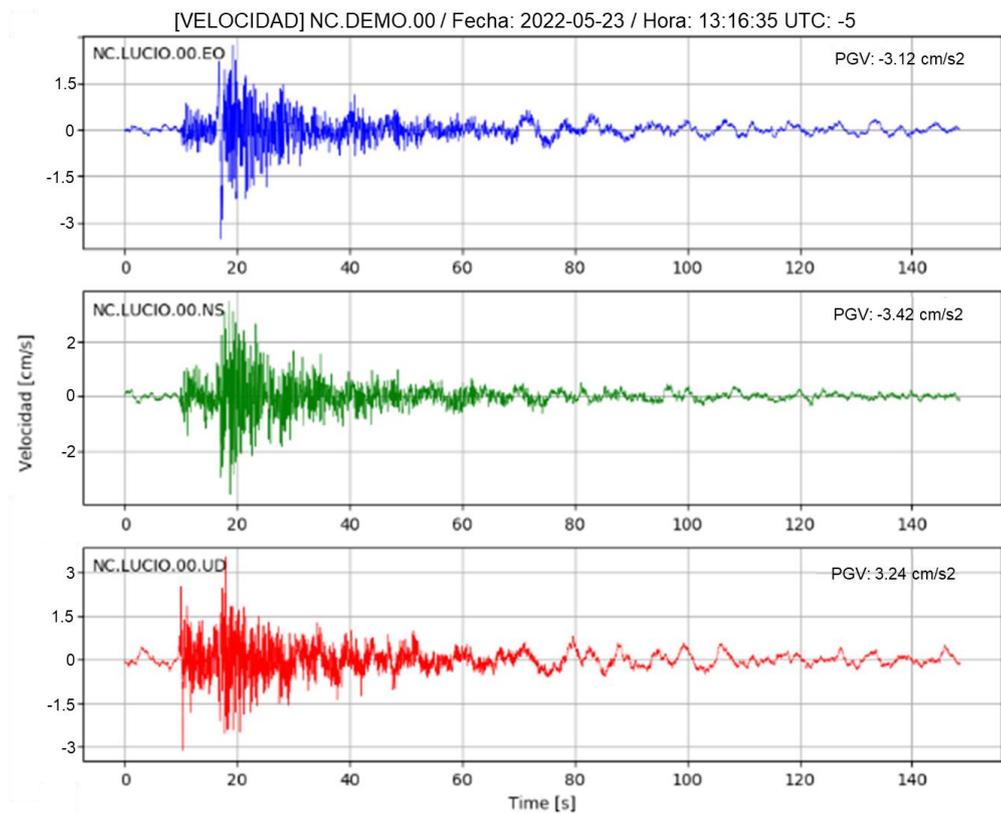


Figura 15: Velocidad 2° nivel con ViewWave

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 15 los resultados de velocidad en el segundo nivel, donde se obtiene -3.42 cm/s para la velocidad máxima tomadas el día 23 de mayo del 2022 a las 13:16:35 horas del día.

OE3: Determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra

Amplitud y frecuencia

El software nos permite representar la amplitud y frecuencia generados por el sismo de este modo utilizando la transformada de Fourier para generar el impulso de amplitud se puede visualizar en la siguiente figura:

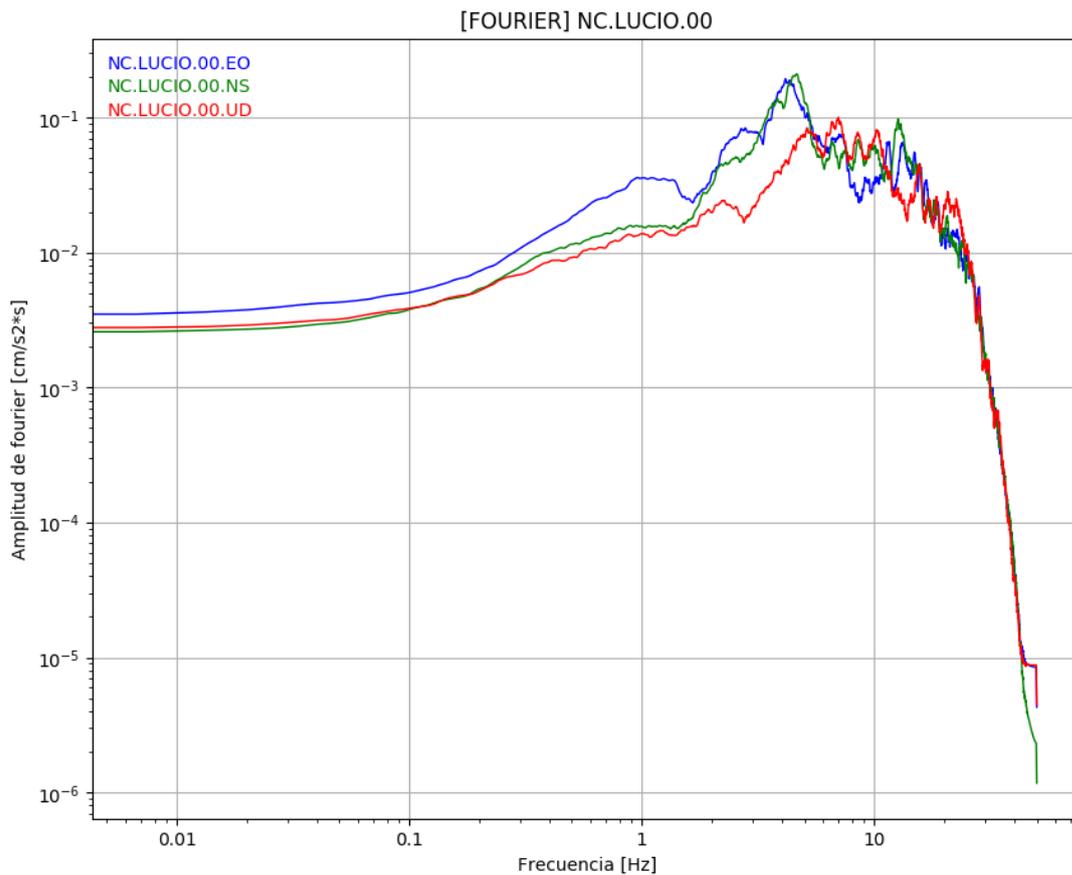


Figura 16: Amplitud y frecuencia 1° nivel

Fuente: Elaboración propia

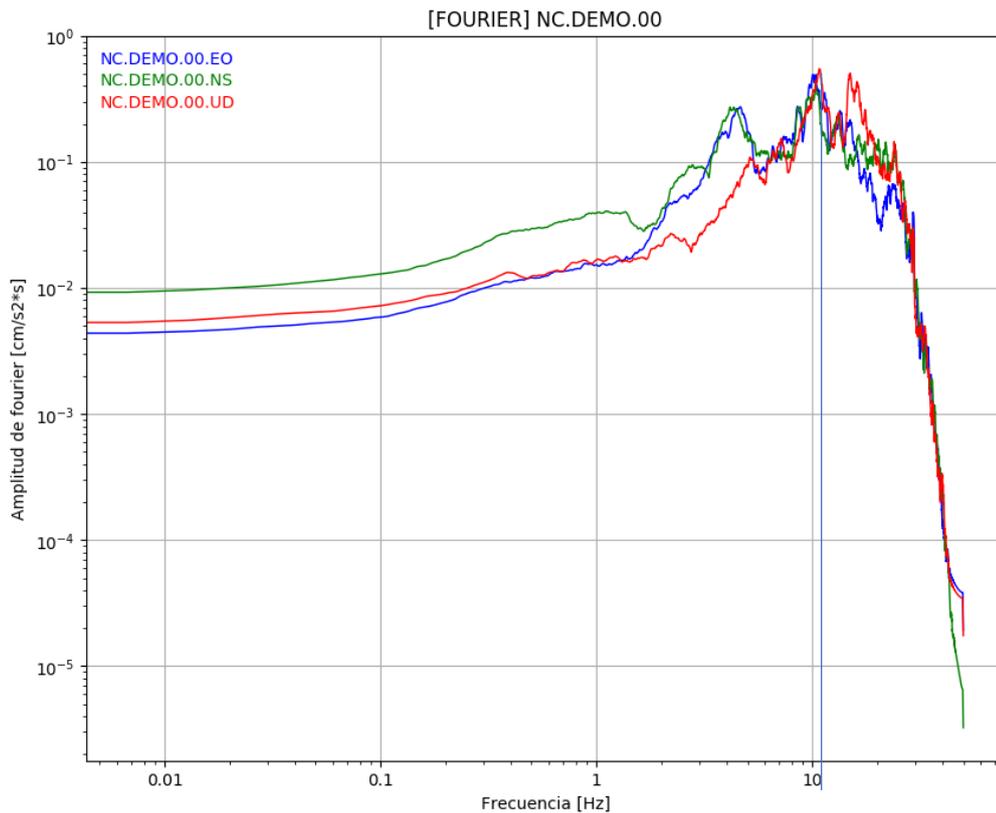


Figura 17: Amplitud y frecuencia 2° nivel

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 16 y 17 se puede observar el impulso producido por el sismo de magnitud 5.5, estos valores de frecuencia permitieron identificar el periodo de sismo a cada uno de los niveles generado por la zona donde se encuentra la edificación el cual es:

Tabla 4. Cuadro de periodos

Niveles	Frecuencia (Hz)	Periodo (seg)
Piso 1	4.6	0.217
Piso 2	10.2	0.098

Fuente: Propia

Según la norma E 0.30 se puede generar el periodo fundamental de la edificación a través de la siguiente formula:

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5.06}{60} = 0.0843 \text{ seg}$$

Donde:

h_n = altura de la edificación

C_T = coeficiente para estimar el periodo fundamental (albañilería = 60)

De este modo se puede notar que el periodo fundamental de la edificación con el periodo de sismo generado en el segundo nivel de la edificación se muestra muy cercano a la resonancia.

V. DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se pudo encontrar varios aspectos relacionados a la salud estructural de las edificaciones entre los cuales los más resaltantes fueron que en la investigación e campo se encontró que un tercio de las viviendas de 2 niveles con una antigüedad de 15 años presentan fallas estructurales que se pueden notar a simple vista, también se encontró que entre estas fallas las estructuras del primer nivel eran las que en su mayoría mostraban más agrietamientos, esto coincide con la investigación de (Gwanghee , y otros, 2017) donde las edificaciones de dos niveles analizadas es su investigación también presentaban fallas estructurales causadas por sismos leves debido a la antigüedad de 14 años que tenían, del mismo modos se puedo guardar similitud con la investigación de (Sifuentes, 2018) evaluó edificaciones en de dos niveles en el distrito de los olivos donde encontró que 38 casas contemplaban fallas estructurales en los primeros niveles con lo cual se pudo tomar una edificación como modelo para realizar su respectivo estudio.

Tabla 5. Estructuras con fallas

Investigación	Edificaciones que presentan fallas y con una antigüedad de entre 13 y 16 años
Actual	9
Smarsly, Dragos y Wigenbrock	17
Sifuentes	38

Fuente: Propia

Otro de los aspectos encontrados durante la investigación fueron los diferentes tipos de métodos y sensores de aceleración aplicados para determinar la salud estructural de las edificaciones como los sensores de desplazamiento avanzados, basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural de referencia LVDT para medir los desplazamientos dinámicos, el cual fue utilizado por (Dongming, 2017), también el método de ondas guiadas las cuales fueron equipadas con bases de aluminio que presentaron una adecuada resolución para varios tipos de sensores de vibración que fueron aplicados en la investigación de (Vitola, y otros, 2017), otro sistema de monitoreo fue el sistema de adquisición inteligente de datos

(IDAQ) basado en tecnología de compresión de datos para el monitoreo de la salud estructural de estructuras civiles aplicado por los investigadores (Gwanghee , y otros, 2017). De este modo se puede comparar los distintos métodos de medir la salud estructural de las edificaciones con el de nuestra investigación el cual en nuestros los sensores utilizados fueron de la marca Raspberry Shake y programación del software ViewWave para la simulación de sismos de gran magnitud.

Tabla 6. Equipos y método

Investigación	Uso de equipo o método de medición
Actual	Sensores Raspberry Shake y software ViewWave
Dongming	sensores de desplazamiento avanzados
Gwanghee y Joonryong	ondas guiadas con bases de aluminio para varios tipos de sensores de vibración

Fuente: Propia

En relación a los hallazgos hechos en relación al monitoreo, tomando como dimensión a la aceleración de las edificaciones ante un sismo de cierto grado, se pudo encontrar que cuando se realizaba el monitoreo de salud estructural de la edificación de dos niveles, ubicada en dirección Mz. P1 Lote 6 laderas de Chillón, Puente piedra, el sismo de magnitud 5.5 ocurrido el 12 de mayo del 2022, se encontró una velocidad de 32.76 cm/s² como máximo para el primer nivel y 222.02 cm/s² para la aceleración máxima en el segundo nivel y cuando se realizó la amplificación sísmica para un sismo de magnitud 9.0 se logró determinar una aceleración de 95.25 cm/s² para el primer nivel y 293.95 cm/s² para la aceleración máxima del segundo nivel. Estos resultados guardan relación con la investigación realizada por (Sifuentes, 2018) donde en su análisis de monitoreo de salud estructural de sus edificaciones, alcanzaron una aceleración PGA = 100 cm/s² para el primer nivel y PGA = 450 cm/s² para el segundo nivel al realizar la simulación de sus parámetros amplificados, que se basaron en el monitoreo de salud estructural aplicando registros de aceleración y la curva de desempeño sísmico en tiempo real, otra investigación que guarda relación con la investigación actual es la de (Sanz, 2019) donde logro medir a través de los sistema portable de sensores integrados

una aceleración de 347.12 cm/s² como máximo cuando se realizó la escala de amplificación para simular un sismo severo de magnitud 8.7.

Tabla 7. Aceleración alcanzada

Investigación	Aceleración máxima
Actual	293.95 cm/s ²
Sifuentes	450.00 cm/s ²
Sans	347.12 cm/s ²

Fuente: Propia

En concordancia a los hallazgos en relación la salud estructural de edificaciones, tomando como dimensión a la velocidad de las edificaciones ante un sismo de cierto grado, se pudo encontrar que cuando se realizaba el monitoreo de salud estructural de la edificación de dos niveles, ubicada en dirección Mz. P1 Lote 6 laderas de Chillón, Puente piedra, el sismo de magnitud 5.5 ocurrido el 12 de mayo del 2022, se encontró una velocidad de -1.18 cm/s para el primer nivel como máximo y -2.36 cm/s para la velocidad máxima en el segundo nivel y cuando se realizó la amplificación sísmica para un sismo de magnitud 9.0 se logó determinar una aceleración de -2.13 cm/s para el primer nivel y -3.42 cm/s para la velocidad máxima del segundo nivel. Estos resultados guardan relación con la investigación realizada por (Gwanghee , y otros, 2017) donde mencionan que en cuanto a la velocidad alcanzada por el sistema de adquisición inteligente de datos (IDAQ) basado en tecnología de compresión de datos dio como módulo 3.75 cm/s de velocidad máxima, otra investigación que guarda relación con la investigación actual es la de (Sifuentes, 2018) donde en su análisis pushover y del espectro de capacidad para un sistema de un grado de libertad equivalente la velocidad alcanzada durante el desarrollo del análisis fue de 4.76 cm/s en base a la frecuencia de 3.40 Hz.

Tabla 8. Velocidad alcanzada

Investigación	velocidad máxima
Actual	3.42 cm/s
Gwanghee y Joonryong	3.75 cm/s
Sifuentes	4.76 cm/s

Fuente: Propia

Los desplazamientos alcanzados por las edificaciones según la NTP E 0.30 tienen ciertas restricciones para cada una de sus categorías de tipo de investigación entre las cuales para nuestra investigación se utilizó la relacionada a nuestra muestra que es la de sistema de albañilería confinada, donde la norma indica que las derivas entre pisos, que vendría a ser la fracción generada entre el desplazamiento horizontal máximo generado por el sismo de un nivel entre la altura de entre pisos del mismo nivel en mención, dicho valor no debe exceder los 0.005 en módulo, por lo cual entre los resultados encontrados en el análisis de esta investigación fueron de 0.18 cm para el primer nivel como máximo y -0.47 cm para el desplazamiento máximo en el segundo nivel tomadas el día 12 de mayo del 2022 a las 16:55:48 horas del día; lo cual genera una deriva de 0.00186, esta se encontró dentro de los límites permitidos que enmarca la NTP E 0.30. En relación a las derivas alcanzadas por la amplificación del sismo de magnitud 9.0 se encontró el desplazamiento máximo generado que fue de 1.07 cm para el desplazamiento máximo lo cual permitió encontrar una deriva máxima de 0.004229 que de igual forma se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP E 0.30 pero muy cercanos a sobrepasarla. Estos hallazgos guardan relación con los de (Dongming, 2017) donde los sensores de desplazamiento avanzados basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural permitieron hallar los desplazamientos máximos de 1.12 cm y 1.34 cm para ambos factores de dinámicas aplicadas a la estructura, de tal modo sus derivas correspondientes fueron de 0.00403 y 0.00419 para sus entrepisos de 278 cm y 320 cm respectivamente.

Tabla 9. Desplazamiento máximo

Investigación	Derivas
Actual	0.004229
Dongming	0.00419
NTP E 0.30	0.005

Fuente: Propia

Entre los hallazgos encontrados referentes a la frecuencia se puede mencionar que a través de la transformada de Fourier, el impulso generado para la amplificación máxima de la amplitud le corresponde la frecuencia máxima de 4.6 Hz el cual genera un periodo de 0.217 segundos en el primer nivel y una frecuencia máxima

de 10.2 Hz en el segundo nivel produciendo un periodo de 0.098 segundos, estos periodos en relación a los periodos obtenidos por el sismo en relación al periodo fundamental de la edificación que se halla a través de la NTP E 0.30, donde a través de las fórmulas de dicha norma nos dio 0.0843 segundos, esto indica que la edificación no entrara en resonancia para ninguno de los niveles mostrados en dicha edificación. Estos hallazgos guardan relación con los encontrados en la investigación de (Caballero, 2020) donde la caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo consiguió rango de frecuencias de excitación ubicado entre 0.5 Hz y 8.0 Hz los cuales dan como periodos 2 segundos y 1.25 segundos respectivamente los cuales en relación al periodo fundamental de la edificación alcanzada que fue de 0.38 segundos no entra en resonancia. También (Osorio, 2020) menciona que la resonancia se produce cuando el periodo de sismo es igual al periodo fundamental de una edificación, esta fracción tiene que ser muy cercana o igual a 1 para que se produzca dicho efecto.

Tabla 10. Periodo

Investigación	Frecuencia	Periodo	Natural	Resonancia	
Actual	10.2 Hz	0.098 s	0.0843 s	1.16	No
Caballero	0.8 Hz	1.25 s	0.38 s	3.29	No
Osorio	-	x	y	1	Si

Fuente: Propia

VI. CONCLUSIONES:

1. Se concluyó que se logró determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra – Lima, ya que estos sensores permitieron identificar los máximos desplazamiento y aceleración, del mismo modo encontrar los periodos, que fueron fundamentales para poder encontrar la razón diferente de 1 que produciría la resonancia de la edificación.
2. Se concluyó que los sensores de aceleración permitieron calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra, este de desplazamiento en el primer análisis con el sismo de grado magnitud 5.5 alcanzo hasta 0.47 cm en valor mientras que al amplificar el sismo se logró conseguir un desplazamiento máximo de 1.07 cm el cual representa más del 50 % del primero, a pesar de ello los dos resultados no superan los límites establecidos por las normas peruana pero el segundo se encuentra muy cercano a ello.
3. Se logró estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra, logrando evidenciar que la máxima velocidad alcanzada para el primer análisis con el sismo de magnitud 5.5 grados alcanzo hasta 2.36 cm/s en valor mientras que al amplificar el sismo a magnitud 9.0 grados se logró conseguir una máxima velocidad de 3.42 cm/s el cual representa más del 30.99 % del primero, lo cual no supera los límites establecidos por las normas NSR-10.
4. Se alcanzó a determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra y al mismo tiempo a identificar el periodo generado por el sismo, estos a su vez lograron evaluarse y su fracción no alcanzo a llegar al 1 referencial el cual produciría resonancia, con lo cual podemos aclarar que los sensores de aceleración permiten determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada.

VII. RECOMENDACIONES:

Luego de demostrar que los sensores de aceleración sísmica permiten poder evidenciar el comportamiento de una edificación de albañilería en el distrito de puente piedra, se recomienda realizar siempre que se pueda este tipo de análisis a las distintas edificaciones de otros distritos, ya que nunca se sabe ni se puede predecir cuándo ocurrirá un sismo de gran envergadura.

En una prueba comparativa de sensores, todos los instrumentos bajo prueba deben experimentar un movimiento de entrada lo más idéntico posible. Por lo tanto, todos los instrumentos deben ubicarse lo más cerca posible, montados en un monumento que esté sísmicamente desacoplado de cualquier estructura de edificio para minimizar la influencia local de los elementos de construcción.

Durante el proceso se evidencio que hay formas de conseguir los sensores de monitoreo de aceleración estructural como modo de alquileres los cuales están a un costo no muy elevado, esto permitiría a cualquier persona que se encuentre preocupada por su edificación a solicitar este sistema de monitoreo y evaluar su edificación para prevenir futuras anomalías.

Se recomienda realizar un análisis a otro tipo de edificaciones con distintos niveles y distintos sistemas estructurales, con el objetivo de plantear nuevas alternativas de evaluación y prevención de desastres, así como daños estructurales irreparables.

REFERENCIAS

- Fosca, David. 2019.** *Implementación de una estación remota de monitoreo estructural para el seguimiento y control del estado actual de los monumentos de relevancia histórica en el Perú.* Lima - Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.
- Alcántara, Kelly y Nalvarte, Carlos. 2016.** *Desempeño estructural aplicando la norma ATC-40 para el reforzamiento del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño (Breña - Lima).* Lima -Perú : Universidad San Martín de Porres, 2016.
- Aming, Wu. 2021.** *Augmenting Seismic Data Using Generative Adversarial Network for Low-Cost MEMS Sensors.* South Korea - Korea : IEEE Access, 2021.
- Angarita, Wilson. 2019.** *Plataforma de captura, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos de una red acelerométrica orientada al monitoreo de salud estructural.* BUCARAMANGA : UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA, 2019.
- ASCE 7-05. 2003.** *Structural Dynamics of Structural Dynamics of (SDOF) Systems.* s.l. : FEMA Publications Center, 2003.
- Barbosa, Ricardo. 2017.** *Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios.* Medellín : Universidad de Medellín, 2017.
- Bernauer, Felix , y otros. 2021.** *Rotation, Strain, and Translation Sensors Performance Tests with Active Seismic Sources.* Germany : Sensors 2021, 2021.
- Caballero, David. 2020.** *Caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo.* Barranquilla - Colombia : Universidad del Norte, 2020.
- Catanzariti, F. 2016.** *Estabilidad de Taludes.* 2016.
- Chen, Zhengfa y Bian, Minghui . 2022.** *Dynamic Centrifuge Test and Numerical Modelling of the Seismic Response of the Tunnel in Cohesive Soil Foundation.* China : Buildings 2022, 2022.
- Cruz, Juan. 2019.** *Evaluación estructural de construcciones históricas con métodos de identificación modal - 2019.* Trujillo - Perú : Universidad Privada del Norte, 2019.
- Dongming, Feng. 2017.** *Advanced Vision-Based Displacement Sensors for Structural Health.* Colombia : COLOMBIA UNIVERSITY, 2017. 87.
- Eleftheriadou, Anastasia. 2020.** *Correlation of Structural Seismic Damage with Fundamental Period of RC Buildings.* Xanthi, Greece : Open Journal of Civil Engineering, 2020.
- Gwanghee , Heo y Joonryong , Jeon. 2017.** *A Study on the Data Compression Technology-Based Intelligent Data Acquisition (IDAQ) System for Structural Health Monitoring of Civil Structures.* South Korea : Sensors 2017, 2017.
- Hugo, Herrera, Erick Gabriel y Machaca Jiménez, Zewant. 2017.** *Diseño e implementación de un prototipo analizador de caídas utilizando sensores mems orientados a pacientes en hospitales, basados en wireless personal area network wpan.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2017.

- Husam , Hussein. 2022.** *Structural Health Monitoring of Buildings, Bridges and Dams.* USA : Buildings an Open Access Journal by MDPI, 2022.
- Neves, Cláudia. 2020.** *Structural Health Monitoring of Bridges.* Sweden : kth royal institute of technology, 2020. 87.
- Obianigwe, Njideka . 2018.** *Soil Stabilization for Road Construction: Comparative Analysis of a Three-Prong Approach.* s.l. : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.
- Ortiz, Albert y Guzmán, Andrés. 2020.** *CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE ESTRUCTURAS EMPLEANDO UN SISTEMA DE MONITOREO DE SALUD ESTRUCTURAL DE BAJO COSTO.* BARRANQUILLA, COLOMBIA : UNIVERSIDAD DEL NORTE, 2020. pág. 155.
- Ortiz, Lasprilla y Guzmán, Guerrero. 2020.** *CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE ESTRUCTURAS EMPLEANDO UN SISTEMA DE MONITOREO DE SALUD ESTRUCTURAL DE BAJO COSTO.* COLOMBIA. BARRANQUILLA, COLOMBIA : UNIVERSIDAD DEL NORTE, 2020. Tesis.
- Osorio, Deivid. 2020.** *Comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos con ferrocemento, Puente Piedra - 2019.* Lima - Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- Paz, Soldán Rivas, Rodrigo, Fernando. 2017.** *Sistema electrónico de medición de vibraciones para un módulo mecánico de transmisibilidad en la cimentación de máquinas. Módulo de fuerza.* Lima, : Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias E Ingeniería, 2017. 86.
- Pedroso, Mendonça, João Paulo y Sisniegas Alva, Gerson Moacyr. 2021.** *Influencia de la longitud de luz en el período fundamental de edificaciones de hormigón con mampostería de relleno: énfasis en el análisis sísmico.* Porto Alegre : Universidad Federal de Uberlândia, Facultad de Ingeniería Civil, 2021. 26.
- Pierleoni, Paola , y otros. 2018.** *Performance Evaluation of a Low-Cost Sensing Unit for Seismic Applications: Field Testing During Seismic Events of 2016-2017 in Central Italy.* Italy : IEEE SENSORS JOURNAL,, 2018.
- Pisco, Marco, y otros. 2017.** *Opto-mechanical lab-on-fibre seismic sensors detected the Norcia earthquake.* Italy : Scientific Reports, 2017.
- Rahman, Ahmed, Masrur y Mamun. 2016.** *Drift analysis due to earthquake load on tall structures.* s.l. : Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 2016.
- Rijnveld, Niek. 2018.** *Opto-mechanical lab-on-fibre seismic sensors detected the Norcia earthquake.* s.l. : Scientific RePorts, 2018. 14.
- Sanz, Iñigo. 2019.** *Sistema portable de sensores integrados para la adquisición de datos hacia el diseño de exoesqueletos.* s.l. : Universidad de la Rioja, 2019.
- Sifuentes, Armando. 2018.** *Evaluación de la salud estructural de edificios usando la curva de desempeño sísmico en tiempo real.* Lima - Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2018.
- Tacillo, Yauli. 2016.** *Metodología de la investigación científica.* Jesús María : Universidad Jaime Bausate y Meza, 2016. 102.
- Tapia , Edgar y García , Jesús. 2019.** *COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO DURANTE LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 2017.* s.l. : Revista de Ingeniería Sísmica, 2019.

Vitola, Jaime , y otros. 2017. *A Sensor Data Fusion System Based on k-Nearest Neighbor Pattern Classification for Structural Health Monitoring Applications.* Bogotá - Colombia : Sensors 2017, 2017.

Wayne, BoothGregory. 2022. *Investigación y análisis cuantitativos: descripción general de los métodos cuantitativos.* Texas : LeTourneau Universiti, 2022.

Wiegel. 2018. *How flexibility of Buildings affects their Earthquake Response?* USA : Learning Earthquake Design and Construction, 2018.

Zhang, Chunwei , y otros. 2018. *Fibre Bragg grating sensor-based damage response monitoring of an asymmetric reinforced concrete shear wall structure subjected to progressive seismic loads.* China : Ministry of Science and Technology of China, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
(Variables. Independiente) (X) Sensores de aceleración sísmica	Según alcalde (2019) Los sensores de aceleración o acelerómetros le permiten realizar mediciones precisas de vibraciones o golpes para una variedad de aplicaciones. Se utilizan para medir vibraciones, golpes, desplazamiento, velocidad, inclinación e inclinación. Nuestros acelerómetros se basan en varias tecnologías diferentes e incluyen sensores piezoeléctricos, galgas extensométricas, MEMS y capacitivos. (p. 21).	Los sensores de aceleración nos permitirán determinar el comportamiento de la estructura, encontrar los registros de datos y la sismología de la estructura los cuales permitirán aplicar los sensores de aceleración en el monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada.	Comportamiento estructural	Escala de RICHTER (ML) Flexibilidad estructural (s)	Razón
			Registro de datos	Módulo de velocidad (m/s) Módulo de aceleración (m/s ²)	Razón
			Sismología	Periodo (s)	Razón
(Variables. Dependiente) (Y) Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada	La salud estructural en viviendas de albañilería confinada es un estado de completa estabilidad física y mecánica, esto indica que las características físicas y mecánicas de la estructura deben tener una estabilidad antes y después de un sismo, con lo cual se pretende siempre realizar diagnósticos constantes para determinar la salud de estructural en viviendas de albañilería confinada, a través de los diferentes métodos planteados por diferentes normas. (Villarreal y Díaz, 2016, p. 9)	La salud estructural en viviendas de albañilería confinada, se medirán a través de la determinación de los desplazamientos, deformaciones elásticas y colapso, con lo cual se podrá mostrar el estado de salud de las viviendas de albañilería confinada.	Desplazamiento	Longitud (cm)	Razón
			Velocidad	Módulo de velocidad (cm/seg)	Razón
			Resonancia	Periodo (Segundos)	Razón

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Monitoreo de la Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada y sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima, 2022"						
Autor: Asencio Rodriguez Charles Henry - Galdos Carrillo Edward William						
VARIABLES	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Sensores de aceleración Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada	Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Comportamiento estructural	Escala de RICHTER (ML) Flexibilidad estructural (s)	Ensayo de acelerómetro piezoeléctrico ISO 16063-34:2019 Methods for the calibration of vibration and shock transducers
	¿Cuál es la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima 2022?	Determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima 2022.	La salud estructural de las viviendas de albañilería confinada se optimiza mediante el uso de los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra	Registro de datos	Módulo de velocidad (m/s) Módulo de aceleración (m/s ²)	
				Sismología	Periodo (s)	
Variable Independiente (X): Sensores de aceleración sísmica	Problemas Específicos: ¿Cuál es el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Objetivos Específicos: Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	Hipótesis específicas: El desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma E 0.30.	Desplazamiento	Longitud (cm)	NTP E.030
	¿Cuánto es la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	La velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma NSR-10.			
	Variable Dependiente (Y): Monitoreo de la salud estructural en viviendas de albañilería confinada	¿Cuál es el periodo de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra.	El periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra no produce resonancia.	Resonancia	Periodo (Segundos)

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: MATRIZ DE DISCUSION

Título	Variables	Problema			Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Antecedente		Marco Conceptual		Normas		TESIS	
		General	General	General				Internacionales	Nacionales	Internacionales	Nacionales	Internacionales	Nacionales		
VI. Sensores de aceleración sísmica	VD. Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada	¿Cuál es la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra - Lima 2022?	Determinar la salud estructural en viviendas de albañilería confinada mediante los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra.	La salud estructural de las viviendas de albañilería confinada se optimiza mediante el uso de los sensores de aceleración sísmica en el distrito de Puente Piedra.	Comportamiento estructural	Escala de RICHTER Flexibilidad estructural	(ML) (s)	(Sanz, 2019) donde logro medir a través de los sistema portable de sensores integrados una aceleración de 347.12 cm/s2 como máximo cuando se realizó la escala de amplificación para simular un sismo severo de magnitud 8.7.		Rjrveld (2018)	Arroja 2016				
					Registro de datos	Módulo de velocidad Módulo de aceleración	(m/s) (m/s2)	(Sanz, 2019) donde logro medir a través de los sistema portable de sensores integrados una aceleración de 347.12 cm/s2 como máximo cuando se realizó la escala de amplificación para simular un sismo severo de magnitud 8.7.	(Santander, 2019) donde se realizó el monitoreo de salud estructural de sus edificaciones, alcanzaron una aceleración PCA = 100 cm/s2 para el primer nivel y PCA = 450 cm/s2 para el segundo nivel al realizar la	Wegiel (2015)	Alcantara y Navarre (2016)	ISO 16063-34-2019 Methods for the calibration of vibration and shock transducers	NTP E.030	logró determinar una aceleración de 95.25 cm/s2 para el primer nivel y 293.95 cm/s2 para la aceleración máxima del segundo nivel.	
					Sismología	Periodo	(s)	(Caballero, 2020) donde la caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo consiguió rango de frecuencias de excitación ubicado entre 0.5 Hz y 8.0 Hz los cuales dan como periodos 2 segundos y 1.25 segundos	(Osorio, 2020) menciona que la resonancia se produce cuando el periodo de sismo es igual al periodo fundamental de una edificación, esta fracción tiene que ser muy cercana o igual a 1 para que se produzca	(Chen, y otros, 2022)	Osorio (2020)			Frecuencia 10.2 Hz; Periodo 0.098s; Natural:0.0843s; Resonancia 1.16 No	
VI. Sensores de aceleración	VD. Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada y sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra - Lima, 2022	Especifico 1	Especifico 1	Especifico 1	Desplazamiento	Longitud (cm)	(cm)	(Dongming, 2017) donde los sensores de desplazamiento avanzados basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural permitieron hallar los desplazamientos máximos de 1.12 cm y 1.34 cm para ambos factores de dinámicas aplicadas a la estructura, de tal modo sus derivas correspondientes fueron de 0.00403 y 0.00419 para sus entropios de 278 cm y 320 cm respectivamente.	NTP E.0.30 el desplazamiento horizontal máximo generado por el sismo de un nivel entre la altura de entre pisos del mismo nivel en mención, dicho valor no debe exceder los 0.005 m modulo	(Aming, 2021),	Cruz, 2019		NTP E.030	fueron de 0.18 cm para el primer nivel como máximo y -0.47 cm para el desplazamiento máximo en el segundo nivel, lo cual genera una deriva de 0.00166. En relación a las derivas alcanzadas por la amplificación del sismo de magnitud 9.0 se encontró el desplazamiento máximo generado que fue de 1.07 cm para el desplazamiento máximo lo cual permitió encontrar una deriva máxima de 0.004229 que de igual forma se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP E.0.30 pero muy cercanos a sobrepasarla.	
		Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	El desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma E.0.30											
		Especifico 2	Especifico 2	Especifico 2	Velocidad	Módulo de velocidad (cm/seg)	cm/seg2	(Sanz, 2019) donde logro medir a través de los sistema portable de sensores integrados una aceleración de 347.12 cm/s2 como máximo cuando se realizó la escala de amplificación para simular un sismo severo de magnitud 8.7.	(Sfuentes, 2018) donde en su análisis pushover y del espectro de capacidad para un sistema de un grado de libertad equivalente la velocidad alcanzada durante el desarrollo del análisis fue de 4.76 cm/s en base a la frecuencia de 3.40 Hz.	(Perleoni, y otros, 2018),	(Hugo, y otros, 2017) una			NTP E.030	se logó determinar una aceleración de -2.13 cm/s para el primer nivel y -3.42 cm/s para la velocidad máxima del segundo nivel.
		¿Cuánto es la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	La velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma NSR-10.											
Especifico 3	Especifico 3	Especifico 3	Resonancia	Periodo (Segundos)	(adimensional)	(Caballero, 2020) donde la caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo consiguió rango de frecuencias de excitación ubicado entre 0.5 Hz y 8.0 Hz los cuales dan como periodos 2 segundos y 1.25 segundos respectivamente los cuales en relación al periodo fundamental de la edificación alcanzada que fue de 0.38 segundos no entra en resonancia. También (Osorio, 2020) menciona que la resonancia se produce cuando el periodo de sismo es igual al periodo fundamental de una edificación, esta fracción tiene que ser muy cercana o	NTP E.0.30, donde a través de las fórmulas de dicha norma nos dio 0.0843 segundos, esto indica que la edificación no entrara en resonancia para ninguno de los niveles mostrados en dicha edificación	(Chen, y otros, 2022)	Osorio, 2020,				NTP E.030	la amplificación máxima de la amplitud le corresponde la frecuencia máxima de 4.6 Hz el cual genera un periodo de 0.217 segundos en el primer nivel y una frecuencia máxima de 10.2 Hz en el segundo nivel produciendo un periodo de 0.098 segundos	
¿Cuál es el periodo de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra.	El periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra produce resonancia.													
VD. Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada	VD. Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada	Especifico 4	Especifico 4	Especifico 4	Desplazamiento	Longitud	(cm)	(Dongming, 2017) donde los sensores de desplazamiento avanzados basados en la visión para el monitoreo de la salud estructural permitieron hallar los desplazamientos máximos de 1.12 cm y 1.34 cm para ambos factores de dinámicas aplicadas a la estructura, de tal modo sus derivas correspondientes fueron de 0.00403 y 0.00419 para sus entropios de 278 cm y 320 cm respectivamente.	NTP E.0.30 el desplazamiento horizontal máximo generado por el sismo de un nivel entre la altura de entre pisos del mismo nivel en mención, dicho valor no debe exceder los 0.005 m modulo	(Aming, 2021),	Cruz, 2019		NTP E.030	fueron de 0.18 cm para el primer nivel como máximo y -0.47 cm para el desplazamiento máximo en el segundo nivel, lo cual genera una deriva de 0.00166. En relación a las derivas alcanzadas por la amplificación del sismo de magnitud 9.0 se encontró el desplazamiento máximo generado que fue de 1.07 cm para el desplazamiento máximo lo cual permitió encontrar una deriva máxima de 0.004229 que de igual forma se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP E.0.30 pero muy cercanos a sobrepasarla.	
		Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	Calcular el desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	El desplazamiento entre pisos de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma E.0.30.											
		Especifico 5	Especifico 5	Especifico 5	Velocidad	Módulo de velocidad (cm/seg)	cm/seg2	(Gw anghee, y otros, 2017) donde mencionan que en cuanto a la velocidad alcanzada por el sistema de adquisición inteligente de datos (DAQ) basado en tecnología de compresión de datos dio como módulo 3.75 cm/s de velocidad máxima,	(Sfuentes, 2018) donde en su análisis pushover y del espectro de capacidad para un sistema de un grado de libertad equivalente la velocidad alcanzada durante el desarrollo del análisis fue de 4.76 cm/s en base a la frecuencia de 3.40 Hz.	(Perleoni, y otros, 2018),	(Hugo, y otros, 2017) una			NTP E.030	Encontró una velocidad de -1.18 cm/s para el primer nivel como máximo y -2.36 cm/s para la velocidad máxima en el segundo nivel y cuando se realizó la amplificación sísmica para un sismo de magnitud 9.0 se logó determinar una aceleración de -2.13 cm/s para el primer nivel y -3.42 cm/s para la velocidad máxima del segundo nivel
		¿Cuánto es la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Estimar la velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra.	La velocidad de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración cumple los parámetros establecidos por la norma NSR-10.											
Especifico 6	Especifico 6	Especifico 6	Resonancia	Periodo (Segundos)	(Segundos)	(Caballero, 2020) donde la caracterización dinámica de estructuras empleando un sistema de monitoreo de salud estructural de bajo costo consiguió rango de frecuencias de excitación ubicado entre 0.5 Hz y 8.0 Hz los cuales dan como periodos 2 segundos y 1.25 segundos respectivamente los cuales en relación al periodo fundamental de la edificación alcanzada que fue de 0.38 segundos no entra en resonancia. También (Osorio, 2020) menciona que la resonancia se produce cuando el periodo de sismo es igual al periodo fundamental de una edificación, esta fracción tiene que ser muy cercana o	NTP E.0.30, donde a través de las fórmulas de dicha norma nos dio 0.0843 segundos, esto indica que la edificación no entrara en resonancia para ninguno de los niveles mostrados en dicha edificación	(Chen, y otros, 2022)	Osorio, 2020,				NTP E.030	la amplificación máxima de la amplitud le corresponde la frecuencia máxima de 4.6 Hz el cual genera un periodo de 0.217 segundos en el primer nivel y una frecuencia máxima de 10.2 Hz en el segundo nivel produciendo un periodo de 0.098 segundos	
¿Cuál es el periodo de las viviendas de albañilería confinada aplicando sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra?	Determinar el periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra.	El periodo estructural en las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Puente Piedra produce resonancia.													

Anexo 4: Ensayos

Ficha de recolección de datos N° 1

Título: “Monitoreo de la Salud Estructural en viviendas de albañilería confinada y sensores de aceleración en el distrito de Puente Piedra - Lima, 2022”

Autor:

- Asencio Rodriguez Charles Henry
- Galdos Carrillo Edward William

Análisis de Registros.

Figura: Esquema del sistema masa – resorte amortiguador.

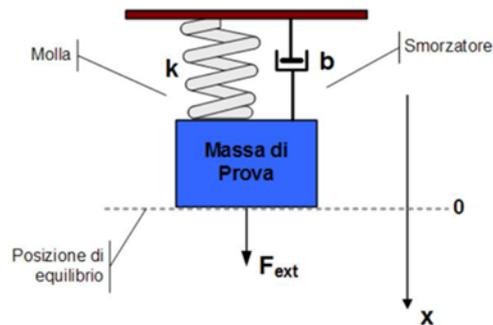


Tabla de datos informativos de sismo

 RED_NC_LUCIO_00: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

CENTRO DE MONITOREO DE ESTACIONES SISMICAS

#

1. INFORMACION SOBRE LA ESTACION SISMICA

GRUPO: NC

ESTACION: LUCIO (Ubicado en PIS001)

CANALES: ENE ENN ENZ

FRECUENCIA DE MUESTREO (Hz): 100.0

COORDENADAS: -12.013437, -77.05085

#

2. INFORMACION SOBRE EL SISMO

FECHA: 2022-05-12

HORA INICIO (Local): 16:55:48

LATITUD: -12.46

LONGITUD: -77.01

PROFUNDIDAD (km): 49.0

MAGNITUD: 5.5

FUENTE: IGP



Archivo Edición Formato Ver Ayuda

MAGNITUD: 5.5

FUENTE: IGP

#

3. INFORMACION SOBRE EL REGISTRO

HORA INICIO (UTC-0): 2022-05-12T21:55:48.632000Z

NUMERO DE DATOS: 14845

UNIDAD: cm/s²

ACELERACIONES MAXIMAS: -28.960000 32.670000 24.510000

#

4. COMENTARIOS

CORREGIDO POR LINEA BASE

#

5. DATOS DEL REGISTRO

ENE ENN ENZ

0.10792758	0.53709590	0.07078894
-0.42341338	0.01745945	-0.28395200
0.07983604	0.22422092	-0.38225601
-0.02107579	0.58702920	-0.32347289
-0.25722819	0.24086480	-0.35051551
-0.51522714	-0.39918778	-0.36949572
-0.22576186	0.03358149	-0.40226007
0.19348236	0.15659784	-0.17572662
-0.17556991	0.29964019	-0.07585117
-0.23694988	0.47415198	0.14938188
-0.16516990	-0.37708395	0.09138997
0.19503660	0.22395581	0.06174656
0.06707666	0.47232976	-0.01861206
-0.10925779	0.08221217	-0.23889266
0.31726861	-0.08345810	0.04095678
-0.10952098	0.19144382	-0.06124840
0.19476875	0.76153428	-0.09531313
0.53572948	0.25698236	-0.01442338
0.02675523	0.45698180	-0.28619943
-0.12305126	0.06660413	0.12394910
-0.10380705	-0.07851997	0.28364250
0.12115889	0.09911276	0.06622276
0.30217164	-0.05615438	-0.02583938
0.50425071	0.74826639	-0.03077537
0.09800728	0.28558702	-0.00138107
-0.06870429	0.07830428	-0.14259795
-0.07182678	0.19429852	-0.12880833
-0.30589856	-0.13834183	-0.12620206



-0.26376748	-0.00440221	0.18901799
-0.68821637	-0.46708157	0.06548642
-0.32696955	-0.18749826	-0.11318170
-0.29602182	-0.00414381	-0.09106958
-0.51734977	-0.27228481	-0.20133717
0.01112722	0.32381346	0.10634062
0.32790069	0.29598455	0.33911593
0.16691084	-0.20154527	0.16304860
0.24493269	0.26269344	-0.22550248
0.55754492	0.67725725	-0.23798074
-0.01904961	0.25384967	-0.21456823
-0.28225013	0.14591673	-0.01092165
0.04804740	0.23122176	0.12016316
0.44856601	0.40365293	0.14227528
0.08731607	0.08141570	-0.02989089
0.08185288	0.17582347	-0.28086069
-0.22374035	-0.00519140	-0.15159643
-0.31112812	-0.42625828	-0.09593424
-0.33245608	-0.11000396	0.07572274
-0.66041602	-0.07957539	-0.13961638
0.30993353	0.30325890	-0.31308293
-0.20372212	-0.15968054	-0.06002153
-0.15066776	0.05202241	-0.19915778
0.25271170	0.78258102	-0.32086881
-0.07134708	0.21561037	0.02243967
0.29328076	0.29181267	0.25053358
0.35283707	0.37789793	0.07212554
0.33983161	-0.33783735	-0.51772593
0.46830860	-0.27515910	-0.73072434
0.11850210	0.18283774	-0.32785800
0.05504151	0.17087359	0.18580159
0.50211407	-0.09076546	0.33821280
0.35204750	-0.33029788	0.18763311
0.28078457	0.12483810	-0.08414294
-0.09919098	0.24187265	-0.32054838
-0.21518734	0.22886819	-0.23991870
-0.28645027	-0.13576176	-0.10623311
-0.75823336	-0.00234229	-0.01780110
-0.66720761	0.04447119	-0.10622214
-0.36655897	-0.24837722	-0.40218544
-0.04484401	0.72925551	-0.44457267
0.38298278	0.46033427	-0.13351387



0.16320596	-0.08531334	-0.23412566
0.30182599	-0.29779764	-0.12488740
-0.44069832	-0.66034696	-0.09393263
-0.15149311	-0.78986638	-0.15998696
-0.08075345	-0.09493846	0.03143595
-0.01339479	0.54875409	0.30660399
-0.17958621	0.08217355	0.26733770
0.05500261	0.17788171	0.15004799
0.23003357	0.34823225	-0.06789190
0.09297089	0.38178176	0.15317990
0.06488091	-0.13291321	0.29310737
-0.47010114	-0.47725707	-0.00207570
-0.15618852	0.40960843	0.20573213
0.06565648	0.27748823	0.38181043
-0.09377291	0.09309235	-0.01038174
0.33847521	0.78021793	-0.20777547
0.10882476	0.21402752	-0.35601446
-0.50157991	-0.12901596	-0.22544980
-0.65138641	0.28216684	-0.03636759
-0.47843608	-0.18909510	-0.20515274
-0.10236481	0.04393425	0.31448863
-0.21289953	0.38281536	0.49420804
0.18007681	0.09906967	0.11944109
0.49659021	0.32793777	0.13765204
0.18995666	-0.05177670	-0.30915652
0.33767942	0.12169478	-0.40121865
0.36966746	0.65511425	0.12778554
0.10204562	-0.14228553	0.15093797
-0.02305346	0.10608842	0.17513071
0.35743913	0.14431933	0.10413490
0.03572106	-0.04345756	-0.23214050
0.28487425	0.20023499	-0.37725855
0.47238895	0.30348540	-0.48336490
0.19384383	0.87851735	-0.00065460
0.64195671	0.69100054	0.15149653
0.08122693	0.07903639	-0.07528602
0.39435932	0.22728030	0.26750230
0.60814190	0.54743579	0.25216319
0.21334190	0.47877463	0.20015307
0.29630524	0.27201204	0.22668651
0.17172631	-0.04866472	-0.13663700
0.23882488	0.19632822	-0.40997351



0.46116203	0.10997168	0.24422697
0.09991210	0.11621300	0.18103350
-0.08084368	0.30450893	0.17557734
-0.24313392	-0.60238370	-0.25770716
0.06089573	-0.26142197	-0.17395655
-0.25302000	0.04937071	-0.11543350
-0.11596044	-0.26116301	-0.27043452
0.20731499	-0.27364732	-0.12868651
0.04970615	0.08916097	-0.19083967
-0.18930711	-0.01513088	-0.08914368
-0.98826835	-0.30225758	-0.30344248
-0.71024650	-0.04764175	-0.40538758
0.06088329	0.04520554	-0.12007650
-0.06915728	-0.03671960	-0.23372511
-0.19451644	-0.16441846	-0.20953237
0.15034546	0.12660828	0.17902969
0.02212544	-0.01201386	-0.00275936
0.22654521	-0.41591559	-0.36088131
0.23512623	0.13336863	-0.25450392
0.54695822	0.66808849	-0.03759336
0.09390075	0.00748975	-0.09038371
-0.22209561	-0.35844059	-0.07503362
0.19116682	-0.37872723	-0.08127000
0.02887658	-0.02086043	0.01626474
0.55111169	0.36535487	0.20664734
0.01248855	-0.14517885	-0.36265796
-0.07958063	0.20202476	-0.28280852
0.22340871	0.10397478	0.06648175
-0.43354993	-0.02502448	-0.27447505
0.00363967	0.49955234	-0.24143966
0.11209065	0.03193149	0.00616011
0.17216712	-0.04661263	-0.15690333
0.08009794	-0.28510474	-0.19174829
-0.31314158	-0.65311570	-0.01645022
0.22911954	0.09720884	0.02932900
0.49413749	0.40019917	0.13336570
0.52768600	0.27276038	-0.31578356
0.66942697	0.18823446	-0.17299524
0.24549823	-0.22138898	0.09515069
-0.23564767	0.01190045	0.06706775
-0.10248927	-0.10825616	0.24366621
-----	-----	-----

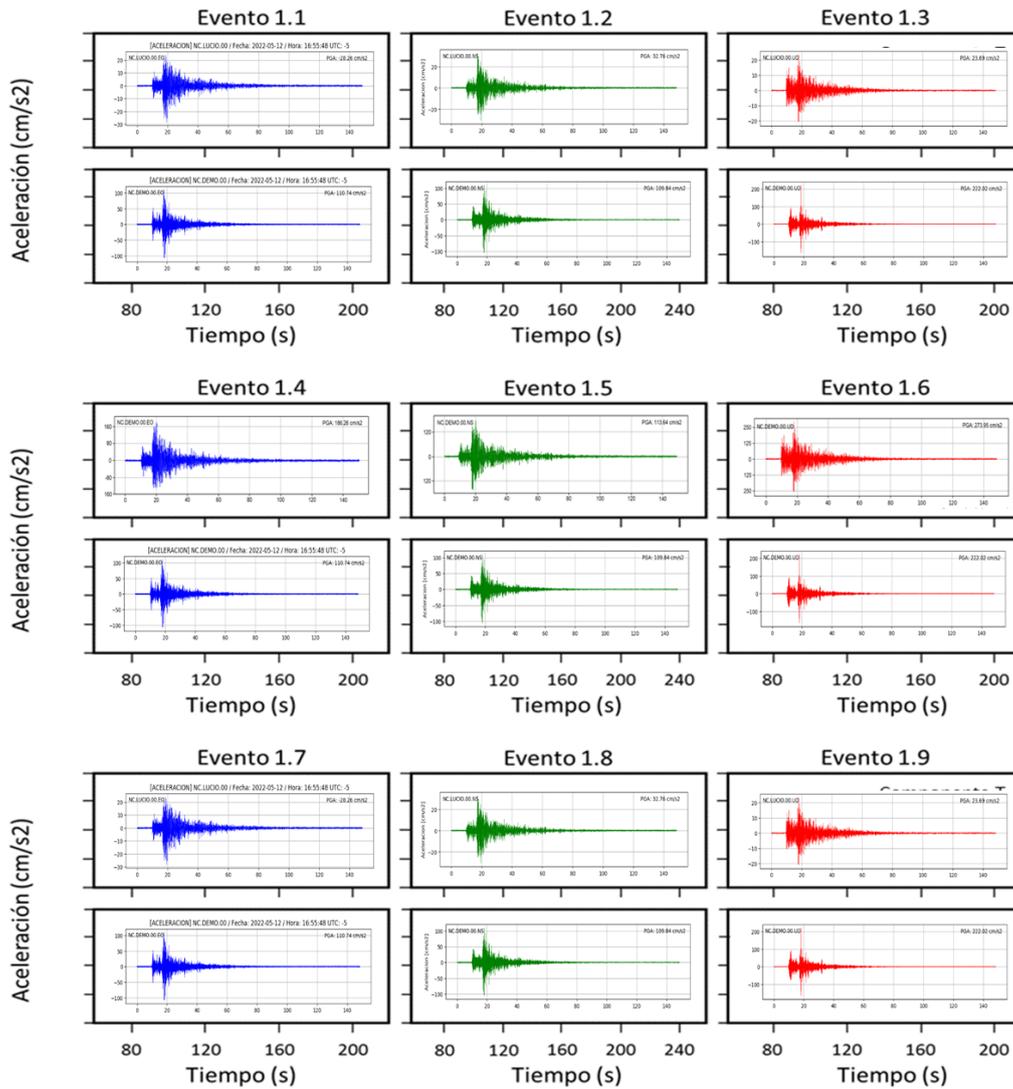


-0.64272578	-0.18525884	-0.06641483
-0.50982747	-0.50567553	-0.33480986
0.54218658	0.51513016	0.08678210
-0.28200223	-0.36081319	0.08184611
-0.53375931	-0.85262129	-0.20267376
-0.07836425	-0.20710819	0.14219518
0.12527529	-0.39566532	0.34558168
-0.00996684	-0.14391035	-0.01670152
0.24542822	-0.10307866	-0.16702113
0.41317699	-0.10854086	-0.19484399
0.15985944	-0.16263765	0.04729414
0.02123630	-0.09839894	0.39372355
-0.08487709	0.16063822	0.35653788
0.30497831	0.18248421	0.40387757
0.05140068	0.13827039	0.30011193
-0.08644222	0.55387451	0.05226306
0.07038327	0.71746302	0.13159234
0.07116195	0.36167573	0.16332735
0.30236975	0.30393785	-0.05565286
-0.31089578	-0.13195348	-0.16514022
-0.64743830	-0.57460683	-0.25772251
0.15412061	-0.08097930	-0.06239843
0.35515937	-0.16212421	0.17947962
0.15333727	0.01524844	0.20991423
0.05138513	0.22539093	0.08716289
0.25684521	0.51615760	-0.13389794
0.04253936	0.57909592	-0.09774161
-0.46669496	-0.44821283	-0.20462819
0.09481193	-0.19515747	-0.15000632
0.28726812	0.22226719	0.34076640
0.18297527	0.18637587	0.21385381
0.08336383	0.11303330	-0.12060104
0.08726345	0.02486630	0.08486609
-0.24615813	-0.38111606	-0.08235860
-0.05292172	-0.21128567	-0.10784075
0.60507413	0.14736137	-0.16167142
-0.31326293	-0.14184596	-0.28182198
-0.04616436	0.37076727	0.32234476
0.12938675	0.31615032	0.11584829
0.04303929	-0.25342111	-0.20950383
0.59154229	-0.22923441	-0.03966739
-0.23602754	-0.03131559	-0.17828349

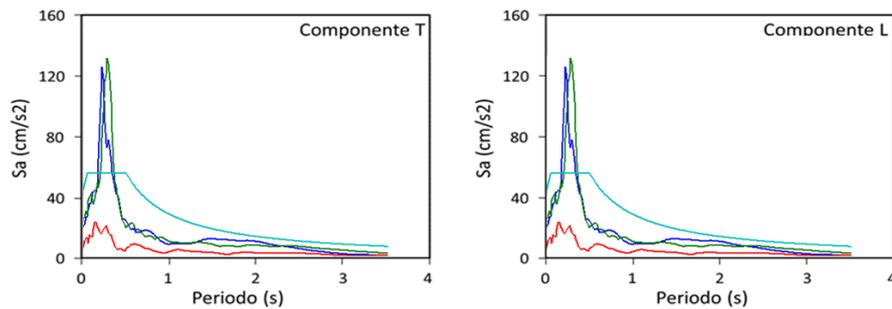


-0.11756886	-0.04046757	-0.21447164
0.27904857	0.01310794	0.26901889
0.30401450	0.14210608	0.28540929
-0.01510279	0.19776222	-0.01419510
0.41532478	0.43495282	-0.13824683
0.72767693	0.61596656	-0.10079011
-0.10691500	0.08774754	0.13276544
-0.69079172	-0.20718150	-0.00064910
-0.58416128	0.13950195	-0.28698951
-0.06998859	0.38683559	-0.27450028
-0.16387831	0.11765427	0.02069376
-0.24346374	-0.21628647	0.02772136
0.22883640	0.08956473	0.01966442
0.19684524	0.58163179	0.10445535
0.15653159	0.95406296	-0.04144294
0.41140650	0.38189075	0.09614382
0.48474695	0.32675365	0.14764476
0.19215762	0.42402227	0.02463334
0.02544605	0.41413874	-0.05260434
-0.02214979	0.52493142	0.11671194
-0.28977163	-0.02227330	0.33960429
-0.36909698	-0.28495266	0.13804931
0.06887285	-0.20823020	-0.12306354
0.36093892	0.07499420	-0.15608796
-0.32774924	-0.10810128	-0.32799405
-0.16156094	0.18786695	-0.14957504
0.63011500	0.36315897	0.26525490
-0.01722075	0.28851602	-0.00444053
0.06002087	0.44274173	0.18334129
-0.16416795	0.02167485	0.24316472
-0.28536586	-0.24542584	-0.02288961
0.48628408	0.00008726	-0.04212989
-0.46014140	0.14078891	-0.21299567
-0.30227560	-0.01603870	-0.16253504
0.31904924	-0.08600025	-0.11909653
0.00435328	-0.17182656	-0.11492979
0.25454678	-0.14113791	-0.02155630
-0.05494762	-0.17026721	0.20601746
-0.40761498	0.29891299	0.37585390
0.02359283	0.42166926	0.57637954
0.29303211	0.33480264	0.36702222
-0.41100066	-0.24699246	0.12983655

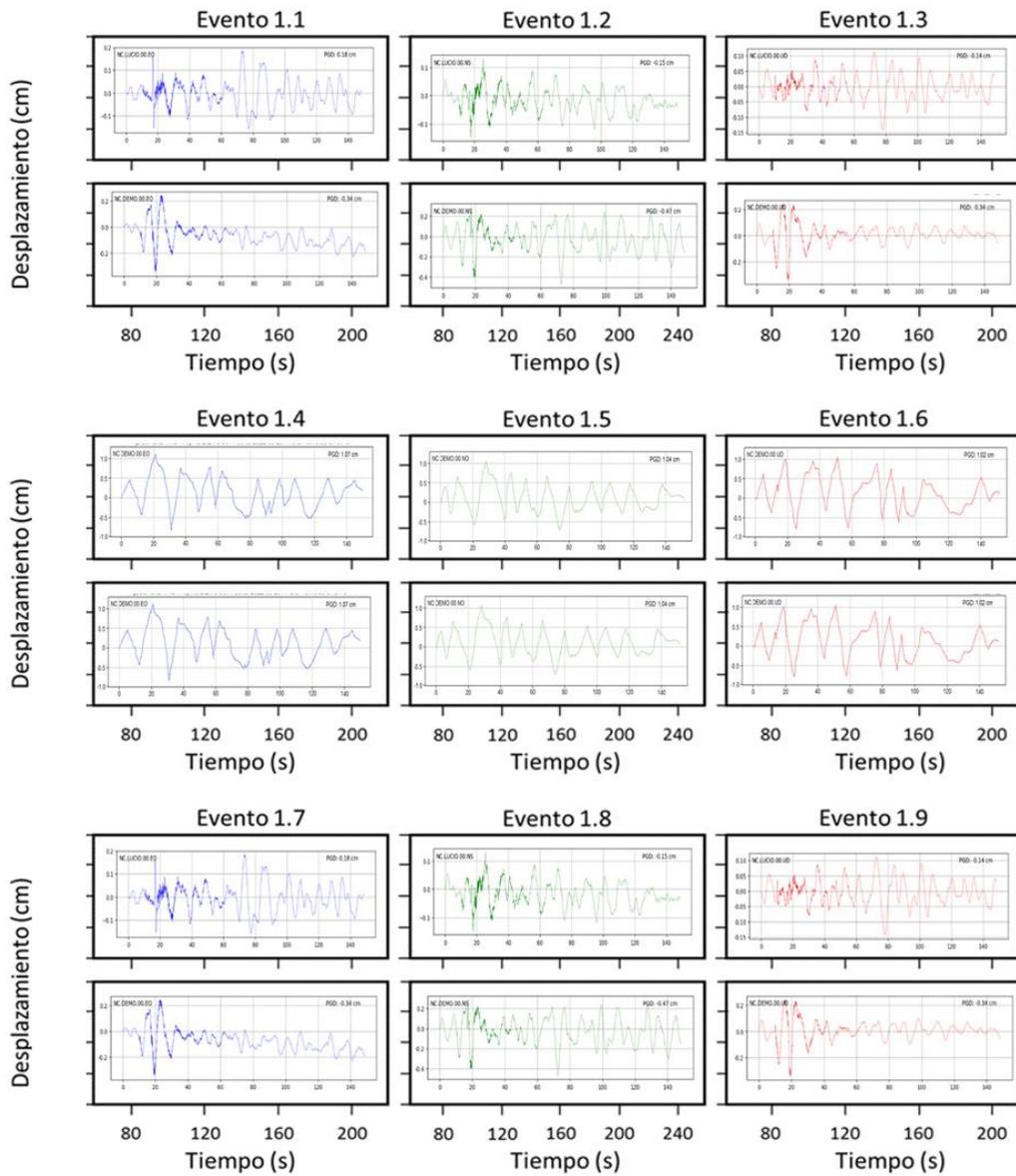
Graficas: Historias temporales de la aceleración del techo de la esquina del edificio



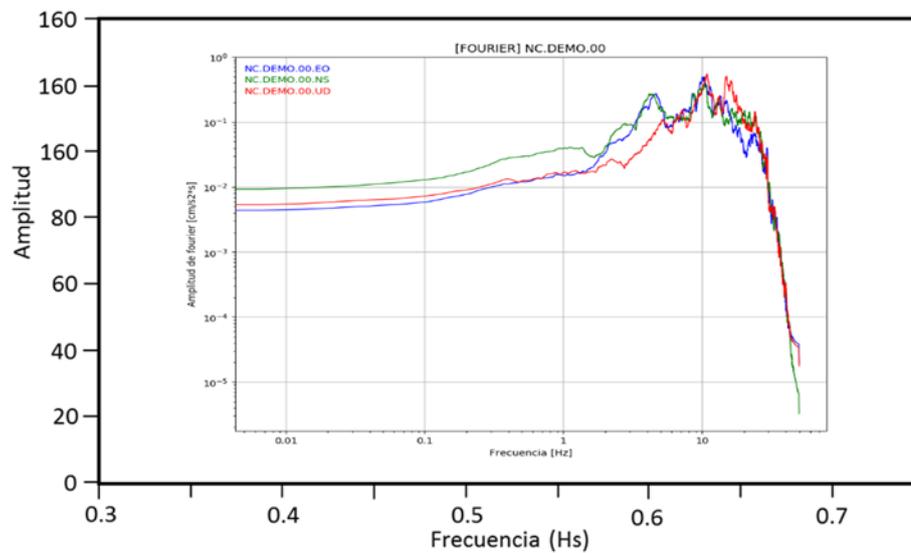
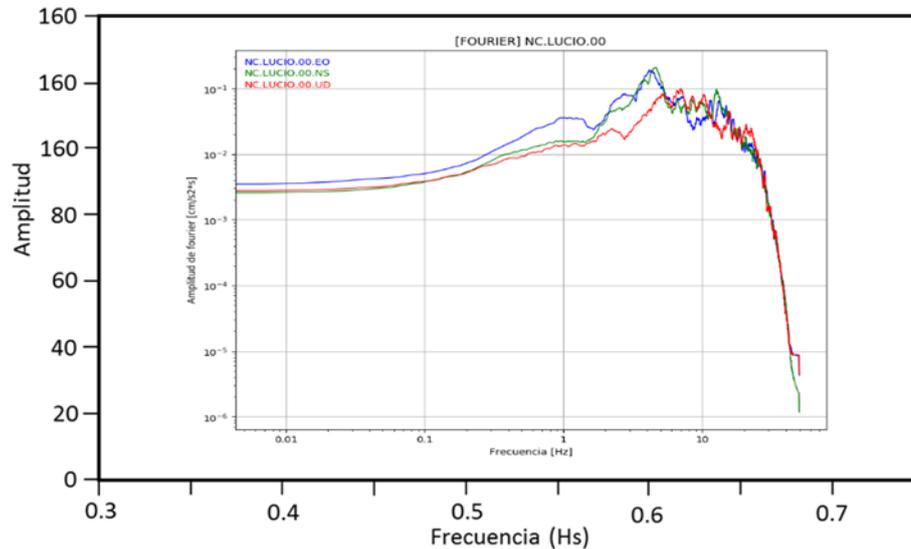
Graficas: La comparación de los espectros de respuesta con los registros de la superficie



Graficas: Comparación de los historiales de tiempo de los desplazamientos del techo

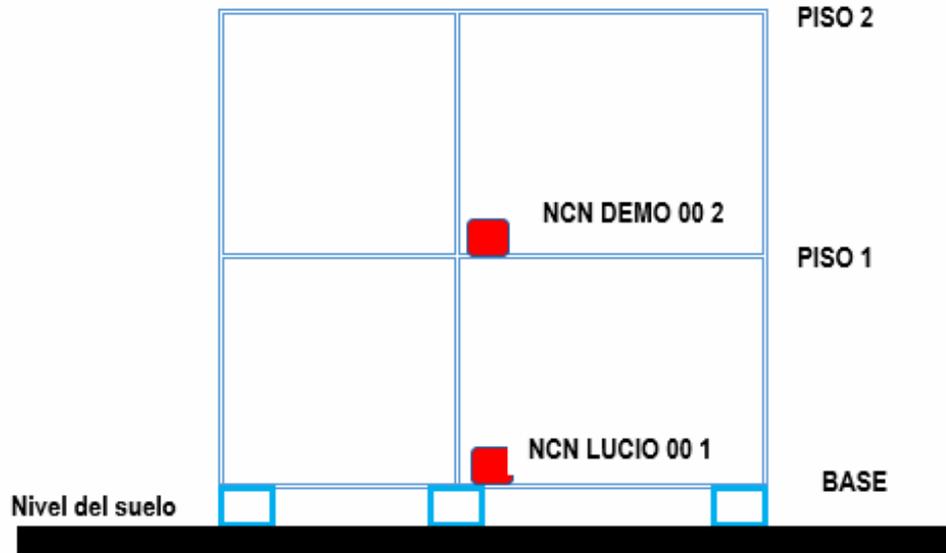


Graficas: Relaciones espectrales de Fourier estimadas entre el movimiento en el techo y en el sitio de campo

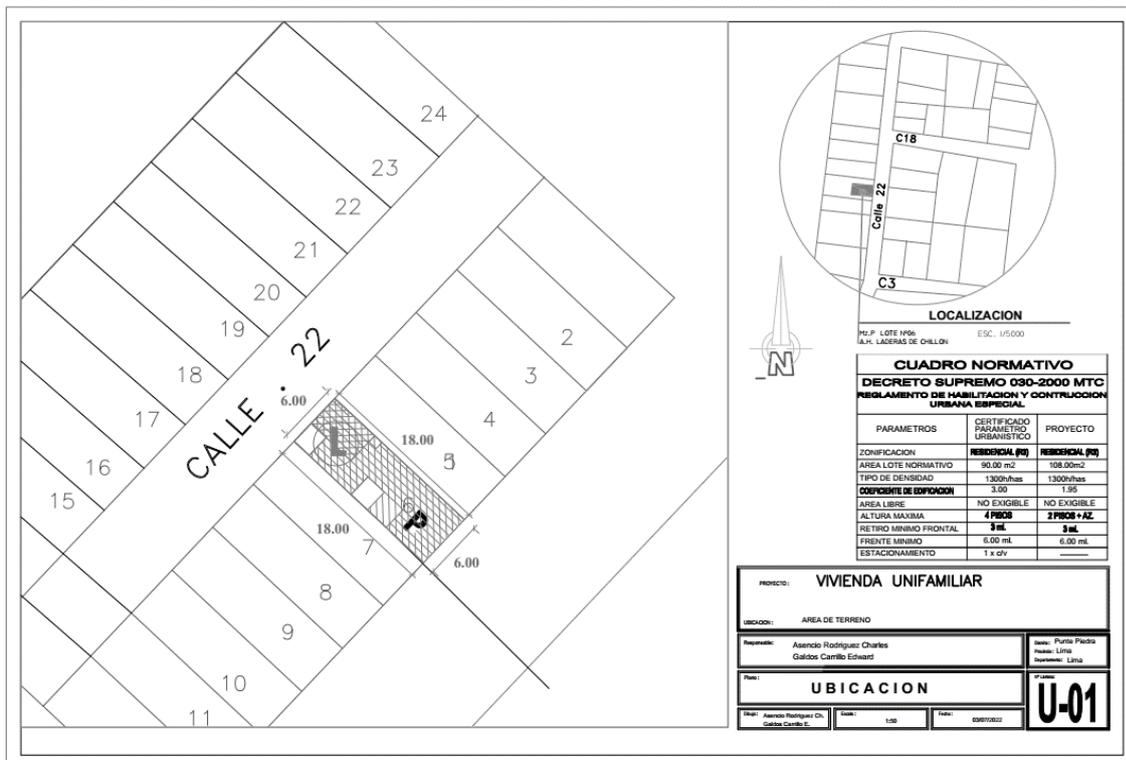


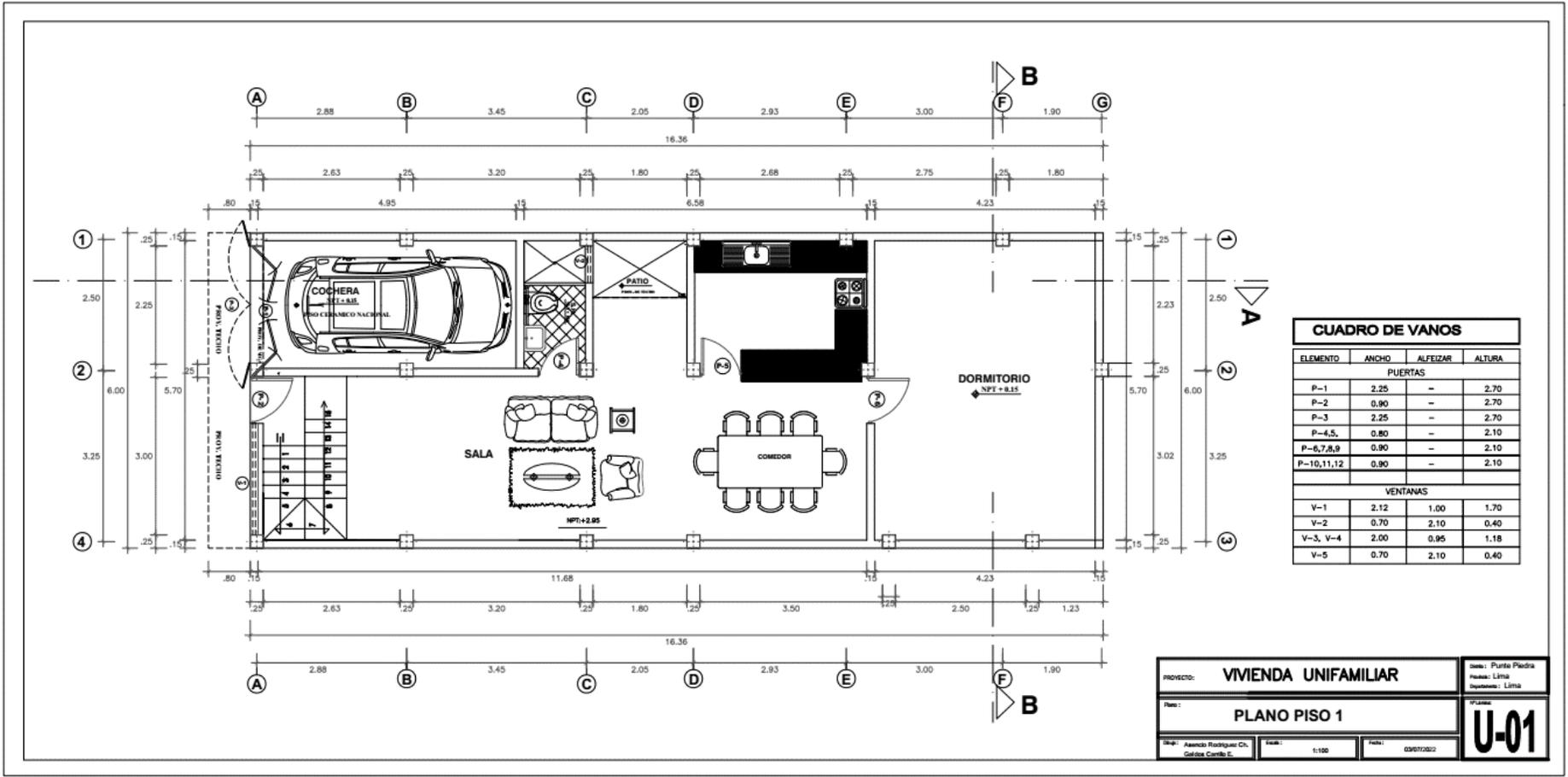
Validez	Nombres y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1	Olivera Tomaylla, Carmen Rosa	264897	8.9	
Experto 2	James Cieza, Untiveros	213414	9.1	
Experto 3	Torres Contreras, Saul	178704	9.0	
	Promedio		9.0	

ANEXO 5: PLANO INSTALACIÓN DE SENSORES SÍSMICOS



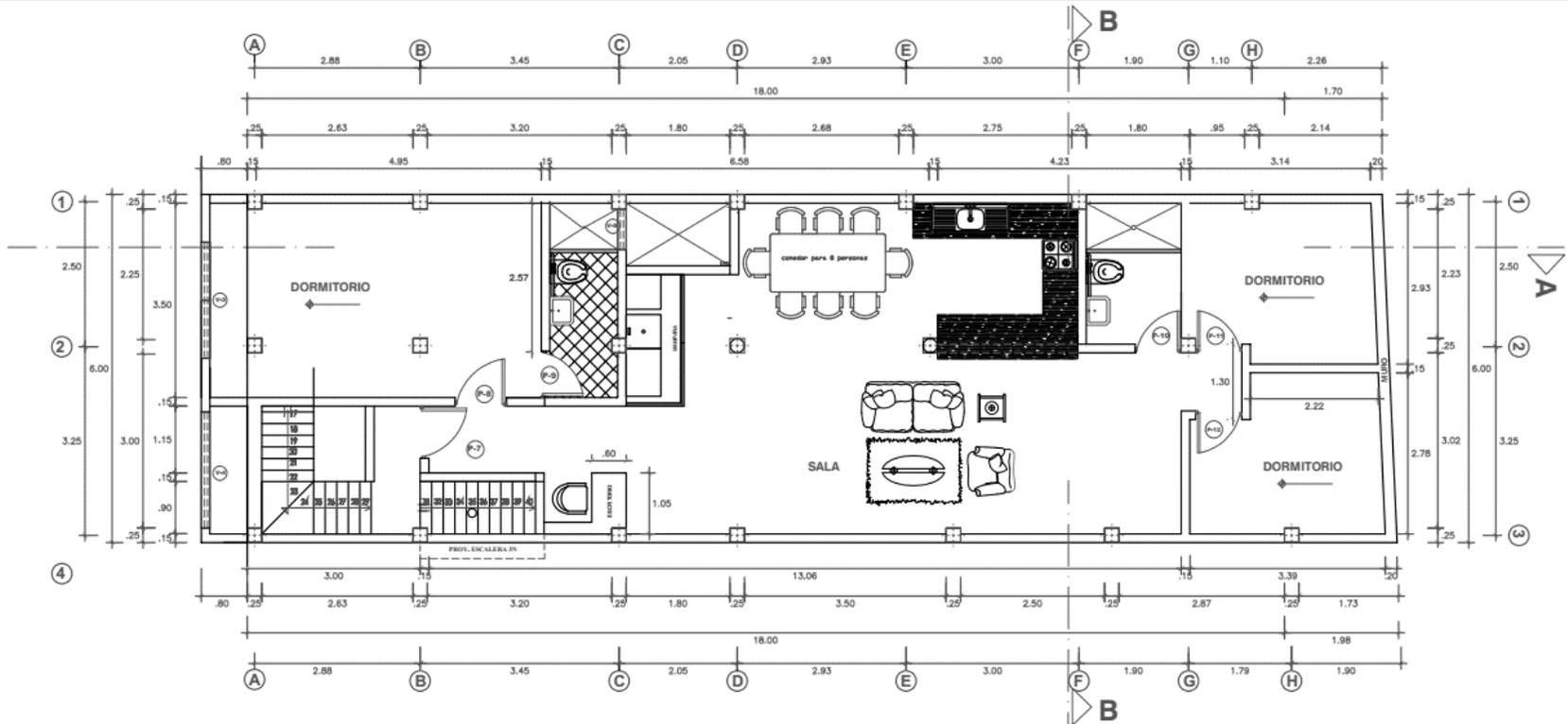
ANEXO 6: PLANOS





CUADRO DE VANOS			
ELEMENTO	ANCHO	ALFEIZAR	ALTURA
PUERTAS			
P-1	2.25	-	2.70
P-2	0.90	-	2.70
P-3	2.25	-	2.70
P-4,5	0.80	-	2.10
P-6,7,8,9	0.90	-	2.10
P-10,11,12	0.90	-	2.10
VENTANAS			
V-1	2.12	1.00	1.70
V-2	0.70	2.10	0.40
V-3, V-4	2.00	0.95	1.18
V-5	0.70	2.10	0.40

PROYECTO:	VIVIENDA UNIFAMILIAR		Obra: Punte Piedra
Plan:	PLANO PISO 1		Revis: Lima
Diseño: Asencio Rodríguez Cc.	Escala: 1:100	Fecha: 03/07/2012	Revisión: Lima
			U-01



Plan:	PLANO PISO 2		Nº plano:	U-02
Dib.: Asencio Rodríguez Ch. Galdo Carillo E.	Escala:	1:100	Fecha:	03/07/2022