



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Respuesta estructural de una Edificación de 12 niveles con el uso
de Amortiguadores de Energía de tipo viscoso, Puno - 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

AUTORA

Condori Huanacuni, Fresia Judith ([ORCID: 0000-0002-1306-7744](https://orcid.org/0000-0002-1306-7744))

ASESOR:

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano ([ORCID: 0000-0001-5401-2566](https://orcid.org/0000-0001-5401-2566))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

CALLAO – PERÚ

2022

Dedicatoria:

A las personas que me dieron la vida, con inmenso amor y gratitud a mis queridos padres Juan Jorge y Alicia, quienes con su incansable aliento y permanente apoyo me brindaron la oportunidad de formarme profesionalmente y porque a lo largo de mi vida me han ayudado a ver siempre un buen mañana y un gran futuro.

Bach. Fresia Judith Condori Huanacuni

Agradecimientos

Nuestra tesis la dedicamos a Dios y a todos nuestros seres queridos por darnos su apoyo incondicional para cumplir con las metas planteadas y acércanos más a metas personales.

A la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO por ofrecernos la posibilidad de formarnos como profesionales.

A nuestros asesores de tesis, al Mgs: Luis Mariano Villegas Granados, por su apoyo y dedicación, el cual, con sus conocimientos, su experiencia y su motivación ha logrado que podamos terminar nuestra tesis con éxito.

A todas esas personas que han formado parte de nuestras vidas profesionales, y a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles, sin importar en donde estén darles las gracias, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

***Bach. Fresia Judith Condori
Huanacuni***

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iii
Índice de figuras	v
Índice de Tablas	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización.....	18
3.3 Población, muestra y muestreo.....	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5 Procedimiento	20
3.6 Análisis de datos	21
3.7 Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS	22
4.1 Descripción y parámetros normativos del proyecto.....	22
4.1.1 Parámetros normativos	24
4.1.2 Pre dimensionamiento de elementos estructurales	29
4.1.3 Espectro de demanda sísmica	34
4.1.4 Modelamiento de la estructura	36
4.1.5 Resultados del Análisis modal espectral	46
4.2 Amortiguamiento requerido según ASCE	50
4.2.1 Análisis tiempo historia.....	51
4.2.2 Descripción de los Sismos seleccionados.....	53
4.2.3 Proceso de escalamiento	56
4.2.4 Casos de carga en los modelos	62
4.2.5 Resultados del Análisis tiempo historia	63

4.2.6	Deriva objetivo y amortiguamiento viscoso requerido	73
4.2.7	Amortiguamiento viscoso requerido en los dispositivos	75
4.3	Diseño del dispositivo de fluido viscoso	77
4.3.1	Determinación de la rigidez del brazo metálico	77
4.3.2	Coeficiente de amortiguamiento viscoso (C) en XX	80
4.3.3	Coeficiente de amortiguamiento viscoso (C) en YY	88
4.4	Resultados con los dispositivos de fluido viscoso	94
4.4.1	Modelamiento de los dispositivos en el software	94
4.4.2	Resultados obtenidos con el Sismo de Lima 1966	96
4.4.3	Resultados obtenidos con el Sismo de Arequipa 2001	100
4.4.4	Resultados obtenidos con el Sismo de Ica 2007	103
4.4.5	Análisis con espectro reducido	107
V.	DISCUSIÓN	112
VI.	CONCLUSIONES	116
VII.	RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS	118
	ANEXOS	121

Índice de figuras

Figura 1	<i>Sistemas de protección estructural.....</i>	<i>10</i>
Figura 2	<i>Componentes de un disipador de energía.....</i>	<i>11</i>
Figura 3	<i>Respuesta sísmica de una estructura con sistema de disipación</i>	<i>13</i>
Figura 4	<i>Desplazamiento relativo y ángulo de inclinación del disipador.....</i>	<i>15</i>
Figura 5	<i>Propiedades del brazo metálico</i>	<i>16</i>
Figura 6	<i>Planta típica de la edificación de 12 niveles.....</i>	<i>23</i>
Figura 8	<i>Zonas de peligro sísmico en el Perú.....</i>	<i>25</i>
Figura 8	<i>Espectro para el análisis de la estructura.....</i>	<i>36</i>
Figura 9	<i>Propiedades del material.....</i>	<i>37</i>
Figura 10	<i>Secciones de los elementos estructurales</i>	<i>38</i>
Figura 11	<i>Empotrado en la base.....</i>	<i>39</i>
Figura 12	<i>Diafragma rígido en los entrepisos.....</i>	<i>40</i>
Figura 13	<i>Modelo de la estructura</i>	<i>41</i>
Figura 14	<i>Patrones de carga</i>	<i>41</i>
Figura 15	<i>Masa de la estructura según la E.030.....</i>	<i>42</i>
Figura 16	<i>Carga del espectro para el análisis modal espectral.....</i>	<i>43</i>
Figura 17	<i>Casos de carga para el análisis modal espectral.....</i>	<i>44</i>
Figura 18	<i>Factor de escala para resultados inelásticos.....</i>	<i>45</i>
Figura 19	<i>Modelo matemático en modo análisis.....</i>	<i>45</i>
Figura 20	<i>Derivas en XX – YY con el análisis modal espectral.....</i>	<i>50</i>
Figura 21	<i>Espectro elástico y espectro de escalamiento con R=1.....</i>	<i>53</i>
Figura 22	<i>Componentes EW Y NS del sismo de Lima 1966.....</i>	<i>54</i>
Figura 23	<i>Componentes EW Y NS del sismo de Arequipa 2001.....</i>	<i>55</i>
Figura 24	<i>Componentes EW Y NS del sismo de Ica 2007.....</i>	<i>56</i>

Figura 25	<i>Espectro de escalamiento en Seismomatch</i>	57
Figura 26	<i>Sismo original y escalado - Lima 1966 - EW</i>	58
Figura 27	<i>Sismo original y escalado - Lima 1966 - NS</i>	58
Figura 28	<i>Sismo original y escalado – Arequipa 2001 - EW</i>	59
Figura 29	<i>Sismo original y escalado – Arequipa 2001 - NS</i>	60
Figura 30	<i>Sismo original y escalado – Ica 2007 - EW</i>	61
Figura 31	<i>Sismo original y escalado – Ica 2007 - NS</i>	61
Figura 32	<i>Carga del Sismo de Lima escalado, componente EW</i>	62
Figura 33	<i>Casos de carga para el análisis Tiempo Historia</i>	63
Figura 34	<i>Derivas con sismo escalado de Lima 1966</i>	66
Figura 35	<i>Derivas con sismo escalado de Arequipa 2001</i>	70
Figura 36	<i>Derivas con sismo escalado de Ica 2007</i>	73
Figura 37	<i>Pórticos en las direcciones XX - YY</i>	78
Figura 37	<i>Pórticos en las direcciones XX - YY</i>	83
Figura 39	<i>Pórticos en las direcciones YY</i>	90
Figura 40	<i>Elementos link y propiedades de rigidez y amortiguamiento</i>	95
Figura 41	<i>Elementos link en dirección XX e YY de la estructura</i>	95
Figura 42	<i>Modelo 3D con los dispositivos de fluido viscoso</i>	96
Figura 43	<i>Derivas con sismo escalado de Lima 1966</i>	99
Figura 44	<i>Derivas con sismo escalado de Arequipa 2001</i>	103
Figura 45	<i>Derivas con sismo escalado de Ica 2007</i>	107
Figura 46	<i>Espectro reducido por amortiguamiento</i>	109
Figura 47	<i>Derivas en XX – YY con el espectro reducido</i>	111

Índice de Tablas

Tabla 1 Exponente de Velocidad y parámetro Lamda λ	14
Tabla 2 Descripción de la estructura.....	22
Tabla 3: Cargas propias y vivas	24
Tabla 4 Zona de peligro sísmico.....	25
Tabla 5 Perfiles de suelo según norma E.030.....	26
Tabla 6 Periodos de los estratos según norma E.030	26
Tabla 7 Factor de suelo para el espectro según norma E.030.....	27
Tabla 8 Factor de uso de la estructura según norma E.030.....	28
Tabla 9 Espectro para sismos severos según norma E.030.....	35
Tabla 10 Periodo fundamental de la estructura	46
Tabla 11 Participación de masas en el análisis	47
Tabla 12 Derivas en la dirección XX.....	48
Tabla 13 Derivas en la dirección YY.....	49
Tabla 14 Espectro de escalamiento con $R=1$	52
Tabla 15 Resultados comparativos Sismo de Lima de 1966.....	57
Tabla 16 Resultados comparativos Sismo de Arequipa 2001	59
Tabla 17 Resultados comparativos Sismo de Ica 2007.....	60
Tabla 18 Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección XX.....	64
Tabla 19 Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección YY.....	64
Tabla 20 Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección XX.....	65
Tabla 21 Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección YY.....	65
Tabla 22 Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección XX.....	67
Tabla 23 Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección YY.....	67
Tabla 24 Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección XX.....	68

Tabla 25 Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección YY.....	69
Tabla 26 Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección XX.....	71
Tabla 27 Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección YY.....	71
Tabla 28 Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección XX.....	72
Tabla 29 Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección YY.....	72
Tabla 30 Tabla comparativa con las derivas del ATH.....	74
Tabla 31 Tabla comparativa con las derivas del ATH.....	74
Tabla 32 Factor de Amortiguamiento BM.....	77
Tabla 33 Propiedades del perfil.....	79
Tabla 34 Masa por nivel i	81
Tabla 35 Parámetros obtenidos del modelo matemático	82
Tabla 36 Tabla C9-4 Parámetro λ	83
Tabla 37 Desplazamiento modal relativo de entrepiso.....	84
Tabla 38 Angulo de colocación θ y Sumatorias	85
Tabla 39 Coeficiente de pseudoaceleración.....	86
Tabla 40 Masa y desplazamiento para Cortante de base modal W_m	87
Tabla 41 Parámetros obtenidos del modelo matemático	89
Tabla 42 Desplazamiento modal relativo de entrepiso.....	91
Tabla 43 Angulo de colocación θ y Sumatorias en YY.....	91
Tabla 44 Masa y desplazamiento para Cortante de base modal W_m	93
Tabla 45 Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección XX.....	97
Tabla 46 Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección YY.....	97
Tabla 47 Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección XX.....	98
Tabla 48 Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección YY.....	98
Tabla 49 Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección XX.....	100

Tabla 50 Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección YY.....	101
Tabla 51 Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección XX.....	101
Tabla 52 Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección YY.....	102
Tabla 53 Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección XX.....	104
Tabla 54 Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección YY.....	104
Tabla 55 Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección XX.....	105
Tabla 56 Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección YY.....	106
Tabla 57 Aceleraciones del espectro reducido por amortiguamiento.....	108
Tabla 58 Derivas en la dirección XX con espectro reducido.....	110
Tabla 59 Derivas en la dirección YY.....	110
Tabla 60 % de disminución de derivas.....	112
Tabla 61 % de disminución de derivas para el sismo de Lima 1966.....	113
Tabla 62 % de disminución de derivas para el sismo de Arequipa 2001.....	114
Tabla 63 % de disminución de derivas para el sismo de Ica 2007.....	115

Resumen

La presente investigación titulada “**Respuesta estructural de una Edificación de 12 niveles con el uso de Amortiguadores de Energía de tipo viscoso, Puno - 2022**” se desarrolló con el objetivo de determinar en qué medida se mejora la respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía de tipo viscoso en la ciudad de Puno. El estudio tiene enfoque cuantitativo, es aplicado, con un nivel descriptivo explicativo, con un diseño no experimental y un esquema comparativo.

La estructura que sirvió como muestra fue una edificación de uso multifamiliar y comercial con 12 pisos y dos sótanos. Después de realizar un análisis dinámico por tiempo historia se determinó que se requiere de un amortiguamiento de $\beta_H = 36.7\%$ y se procedió a incorporar 12 dispositivos en la dirección XX e YY. Después de realizar los análisis correspondientes, se determinó que la incorporación de amortiguamiento mediante los dispositivos de fluido viscoso logró reducir las derivas hasta en un 64% en ambas direcciones en un análisis modal espectral, mientras que en el análisis tiempo historia las derivas se redujeron hasta un 61.56% logrando una mejor respuesta estructural de la edificación frente a los sismos máximos considerados.

Palabras clave: Amortiguadores de fluido viscoso, respuesta estructural, amortiguamiento añadido

Abstract

The present investigation entitled "**Structural Response to a 12-story Building with the Use of Viscous Type Energy Dampers, Puno - 2022**" was carried out with the objective of determining to what extent the structural response of a 12-story building is improved with and the use of viscous energy dampers in the city of Puno. The study has a quantitative approach, it is applied, with an explanatory descriptive level, with an experimental design and a comparative scheme.

The sample structure was a 12-story, multi-family, commercial building with basements. After performing dynamic analysis for a long time, it was determined that an amortization of $\beta_H=36.7\%$ was required and 12 devices were incorporated in the XX and YY directions. After carrying out the corresponding analyses, it was determined that the incorporation of damping by means of viscous fluid devices managed to reduce the drifts by up to 64% in both directions in a spectral modal analysis, while the analysis was carried out in the drift history 61.56% achieving a better structural response of the building to the maximum considered earthquakes.

Keywords: Viscous fluid dampers, structural response, added damping

I. INTRODUCCIÓN

La condición sísmica de los países se convierte en un grave problema, para las estructuras que son diseñadas con criterios de sismorresistencia a nivel global. En los últimos eventos sísmicos, las edificaciones construidas de acuerdo a normativas vigentes, y normas de diseño estrictas, no han tenido la suficiente capacidad para amortiguar la fuerza sísmica, por ende, han presentado fallas estructurales, lo cual se agrava con la vulnerabilidad de las viviendas (BID, 2016). Un claro ejemplo de esta condición fue el sismo de Chile Concepción en 2010, luego el sismo de Ecuador en 2016 y el sismo de México en 2017, donde se apreció que muchas estructuras colapsaron y otras quedaron inhabitables, lo que demuestra que las estructuras diseñadas a rigidez no siempre soportarán las fuerzas sísmicas presentando daño estructural elástico e inelástico. Ayala, Delgadillo y Ferrer (2017) señalan que existen diversas causas identificables y un conjunto de factores para el problema sísmico, dentro de ellas lo suelos, los sistemas constructivos, e incluso la calidad de la construcción, sin embargo, para la presente investigación se pone énfasis en el diseño sismorresistente de las estructuras, que utiliza el principio de diseño basado en rigidez, ductilidad y masas, sin embargo, no se considera la utilización de las tecnologías de amortiguamiento de energía sísmica.

Al igual que los países mencionados, el Perú se convierte en una región con alto riesgo sísmico, su ubicación en el Cinturón del Fuego lo convierte en una zona potencial de movimientos telúricos debido principalmente a los procesos de convergencia y subducción de la Placa Oceánica de Nazca (Tavera, 2014). Esta condición sísmica, ha generado grandes movimientos sísmicos en el país, que fueron registrados por su intensidad y capacidad de destrucción en las edificaciones y obras civiles, los últimos ocurridos de mayor intensidad y magnitud ocurridos en la costa peruana: el evento sísmico de Lima de 1966 y el evento sísmico de Lima de 1974.

Cabe señalar que no solo la costa peruana se ve afectada por los eventos sísmicos severos, sino también la región Puno, donde incluso el riesgo de colapso de las edificaciones es mayor debido a que muchas de las estructuras se construyen sin la adecuada supervisión, y sin considerar la NTP E030 y la

aceleración de 0.35 g como Zona 3 establecido en la NTP E.030 (2019). Dentro de los eventos sísmicos en la región se tiene el sismo de Azángaro, con una magnitud 7 Mw y 270 km de profundidad, tal como lo llegó a medir el IGP (Instituto Geofísico del Perú) ocurrido en el 2019, luego el sismo de Ocuviuri ocurrido en Lampa, Provincia de Puno con una magnitud considerable de 5.8 Mw (IGP).

En este contexto de alto riesgo sísmico en el país y la región de Puno, las estructuras de concreto que se diseñan y construyen haciendo uso de los conceptos de rigidez suficiente para cubrir la demanda sísmica, se encuentran en grave riesgo. Se considera que el concreto y el acero pueden proporcionar la rigidez y ductilidad requerida, sin embargo, por aspectos económicos y técnicos no se puede cubrir todos los casos de demanda sísmica como se establece y menciona en la Norma E.030 (2019) como parte de la filosofía sismorresistente.

Otra característica del diseño sismorresistente, es que los diseños y propuestas son realizadas considerando un amortiguamiento de 5% que se considera como una propiedad o capacidad de amortiguar la energía sísmica de la estructura de concreto armado, según Cruz & Miranda (2018) esta fracción de amortiguamiento se interpreta como medida o representación matemática simplificada de la disipación de energía por el material usado en la construcción. Esta fracción de amortiguamiento, sin duda es una fracción bastante pequeña para disipar la energía de los sismos moderadamente fuertes; la energía sísmica al ingresar a la edificación en mucho de los casos supera el porcentaje de energía que puede ser disipada en un rango elástico; por tanto, las estructuras de concreto llegan a disminuir la energía sísmica a través de la fragmentación del concreto, que se evidencia en la fractura, rotura y desmoronamiento del material, es decir disipan energía en el rango inelástico.

El mejoramiento de la capacidad de respuesta sísmica de la estructura, puede lograrse a través de la incorporación de dispositivos de amortiguamiento a la estructura, lo que permite reconsiderar la importancia en las edificaciones para contrarrestar los efectos sísmicos. Constantinou y Tsopelas (1993) en un estudio teórico sobre la disipación de energía en las estructuras mediante la incorporación de amortiguadores de fluido viscoso, llegan a concluir como resultado de estudios experimentales que, se "... demuestran que los amortiguadores de fluidos son

muy efectivos para reducir la respuesta estructural de las edificaciones a las que están unidos”. Por este motivo, se visualiza que la incorporación de nuevas tecnologías de amortiguamiento y consecuentes metodologías de análisis para determinar un “balance energético” que se puede lograr entre energía sísmica y capacidad de disminución de la energía sísmica por los elementos estructurales de la estructura.

Si en el diseño sismorresistente de las estructuras, se puede incorporar dispositivos para lograr el normal funcionamiento del mismo después del evento sísmico, se considera de importancia las propuestas con estos sistemas de amortiguamiento. En este aspecto, teniendo antecedentes definidos sobre el tema y experiencias exitosas en otros países, se requiere determinar cómo y en qué medida la utilización de amortiguadores de tipo viscoso en la estructura de concreto puede incidir en la respuesta estructural de la estructura de un edificio, que para el caso será una edificación de 12 niveles proyectado con los criterios de la norma E.030 (2019) y que como consecuencia de un evento sísmico puede presentar un deficiente comportamiento sísmico frente a un sismo o terremoto severo.

En este aspecto luego de haber reconocido la importancia de la disipación de energía de tipo histérica en la ecuación de balance de energía, se determina el problema mediante la siguiente pregunta: ¿En qué medida se mejora la respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía de tipo viscoso, Puno – 2022?

Seguidamente se propone como objetivo principal de la investigación: Determinar en qué medida se mejora la respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía de tipo viscoso, Puno – 2022.

Asimismo, se propone objetivos específicos para lograr el objetivo general:

- Determinar el sistema estructural del edificio, así como los parámetros normativos para su análisis estructural,
- Determinar la rigidez y amortiguamiento viscoso, requeridos para la estructura tomada como muestra de acuerdo a los parámetros normativos,

Determinar en qué medida se modifica la deriva, los periodos y aceleraciones del edificio con la incorporación de los dispositivos de fluido viscoso.

La hipótesis que se propone para la pregunta de investigación es la siguiente: La respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con la utilización de amortiguadores de energía de tipo viscoso, Puno – 2022, mejora considerablemente al disminuir las derivas, el periodo y las aceleraciones.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los antecedentes a nivel internacional, se consideraron los siguientes estudios:

Aguilar y Arias (2019) en su tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil, se proponen como objetivo: proponer un modelo de reforzamiento estructural no convencional para el edificio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, para ello proponen la utilización de un sistema de disipadores de energía de fluido viscoso, lo que permitiría ofrecer una alternativa para la restauración integral de la capacidad estructural de la edificación y su serviciabilidad. Dentro de los objetivos específicos plantean realizar el prediseño de los elementos de reforzamiento de la edificación de acuerdo a las normas vigentes en su país, modelar la estructura sin reforzamiento y con reforzamiento en base a los disipadores de fluido viscoso, describir los beneficios de la utilización de la tecnología. En el estudio se llega a concluir que en la estructura modelada convencionalmente no se presentó disipación de energía de tipo viscosa, mientras que en la edificación reforzada con los dispositivos de amortiguamiento, la disipación de energía ascendió a un valor promedio de 80% lo que implica que la mayor parte de la energía sísmica fue absorbida por los dispositivos. La deriva máxima de la estructura original frente al sismo japonés de la estación IWT012 llegó a 4.68 ‰ pero al reforzarla con los dispositivos se obtuvo una deriva máxima de 1.56 ‰. Al considerar los demás porcentajes de reducción y tomar su promedio se determinó que se redujo las derivas en un 56%, Respecto al máximo *Stroke* del dispositivo requerido para el diseño de la cámara de acumulación del fluido fue de

2.49 cm en el segundo nivel de la estructura, lo que se encuentra dentro del parámetro establecido por *Taylor Devices* en 5 cm.

Gómez (2020) en su tesis de maestría sobre disipadores de energía en edificaciones de concreto presentada a la Universidad nacional de Colombia, se propone como objetivo determinar el coeficiente de disipación de energía R en edificaciones de concreto reforzado con disipadores de energía viscosos ubicados en zona de amenaza sísmica alta. Para ello realiza un estudio en cinco edificaciones aporticadas en concreto reforzado, los cuales tienen diversas alturas (4, 8, 12, 16 y 20 niveles), para el diseño utilizó la norma técnica NSR-10 y ASCE 7-16. Mediante la investigación se llegó a concluir que la utilización de disipadores de fluido viscoso mejora el comportamiento de la estructura frente al evento sísmico, esto implica que la estructura se ve afectada por una menor demanda sísmica que ingresa a sistema estructural de concreto reforzado, se puede llegar a controlar mejor el desplazamiento mediante la disminución de las derivas. Respecto al coeficiente C de amortiguamiento de los dispositivos se utilizó un 20% del amortiguamiento crítico, al cual se sumó el amortiguamiento inherente de la estructura, logrando un amortiguamiento efectivo para la estructura de 30%.

Azunción (2016) en su tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil, presentado a la universidad de Guayaquil, se propone como objetivo general: Analizar y comparar el comportamiento de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso frente a la simulación de un evento sísmico y modelado en SAP2000. El estudio se realizó con un pórtico de diez niveles con un factor de reducción $R=8$, con altura de entrepiso de 3.5 m con luces entre pórticos de 6m. considerando una resistencia del concreto de $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ y con uso de oficina lo que determinó la cargas a utilizar, el espectro se generó con la norma NEC-15 para la ciudad de Esmeralda, los casos sísmicos fueron el registro sísmico PERU_7050 y PERU_7051. En el análisis de la estructura sin reforzamiento se determinó que la deriva máxima fue de 1.29% en el noveno piso del pórtico, mientras que la estructura con los dispositivos disipadores logró como deriva máxima de 0.19%. Mediante este resultado se determinó que la utilización de los disipadores viscosos reduce los daños frente a sismos severos.

Morales y Sinchiguano (2018) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, se proponen como objetivo: comparar el comportamiento estructural en una edificación destinada a vivienda de 8, 12 y 16 pisos con aislamiento sísmico y disipación de energía en el Cantón Quito. Para ello se procedió al modelamiento de tres estructuras con diversas alturas en el programa ETABS, diseñando los dispositivos en el software Matlab que después se procedieron a incorporar a los modelos estructurales. Respecto al análisis, se utilizó un análisis modal espectral definido por la norma NEC-15 para sismo severo, luego se procedió a comparar los resultados de deriva de piso, periodos de vibración y cortantes basales con las estructuras con base fija, aislamiento y disipadores, buscando el mejor desempeño estructural de la edificación. En la investigación se llegó a concluir que al incorporar los dispositivos disipadores de energía en el modelo estructural de ocho pisos se disminuyó el periodo en 16%, para la estructura de 12 pisos se disminuyó en 14% y en el modelo de 16 pisos se disminuyó en 13%. Respecto a las derivas máximas, al incorporar los dispositivos de disipación de energía se determinó que estas disminuyeron en el edificio de ocho niveles en 56% en la dirección X y Y, mientras que en el modelo de 12 pisos se disminuyó en 48% en la dirección X y 51% en la dirección Y, en la edificación de 16 niveles en la dirección X del edificio se disminuyó en 43% y en la dirección Y en 47%. Con estos resultados se establece que los dispositivos que disipan energía son efectivos para rigidizar la estructura y disminuir las deformaciones de entrepiso.

Ninahualpa (2016) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, se propone como objetivo general de investigación: diseñar y evaluar una edificación sin disipadores y comparar los resultados con la utilización de los mecanismos de protección sísmica en la misma edificación, para ello considera un edificio de hormigón armado con dispositivos de disipación de energía de tipo friccionales conocidos como dispositivos ELAS, para la generación del espectro se utilizó la norma técnica NEC 2015. En la investigación se llegó a concluir que mediante la utilización de los dispositivos disipadores de energía las derivas máximas se redujeron en un 77% de 0,043 a 0,01. Además, al incorporar los mecanismos de amplificación de desplazamientos se logró una reducción de 79% llegando a obtener derivas de 0.009. Respecto a las fuerzas actuantes en la estructura se demostró que estas disminuyen considerablemente, para ello se tomó como

muestra la columna 26, en la cual se apreció que la estructura se encontraba sometida a una carga axial de 60.3 toneladas, pero al colocar los dispositivos disipadores en diagonal sin amplificación las cargas axiales disminuyeron hasta 30.8 toneladas. Al colocar los dispositivos con mecanismos de amplificación de desplazamientos se determinó que las cargas disminuyeron hasta 31 toneladas.

Dentro de los antecedentes nacionales de la investigación, se tienen los siguientes estudios:

Montalvo (2019) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil se propone como objetivo: modelar una estructura con sistema dual con la utilización de dispositivos que disipan energía mediante fluido viscoso y evaluar su comportamiento sísmico en una edificación de 10 niveles. Respecto a los objetivos específicos se propuso determinar la variación de distorsiones de entrepiso, la reducción de fuerzas cortantes en los elementos estructurales. El espectro para el análisis modal espectral se determinó mediante la norma E,030, mientras que para el análisis tiempo historia se procedió a utilizar el evento sísmico de Lima de 1966, el evento sísmico de Lima de 1970 y el evento sísmico de Ica, 2007. Con estas consideraciones en la investigación se llegó a concluir que la utilización de los dispositivos de fluido viscoso logra mejorar el comportamiento sísmico disminuyendo derivas, cortantes y desplazamientos. Estos resultados se pudieron demostrar al verificar que la estructura sin disipadores logró desplazarse hasta 0.2247m. en el décimo nivel, mientras que la edificación con los dispositivos incorporados logro un desplazamiento máximo de 0.1621 m. en el décimo nivel lo que implica que se presentó una reducción de 28% para el Caso I del sismo de Ica 2007 y 39% para el caso II del sismo en mención. Respecto al esfuerzo cortante se señala que la reducción fue de un 5% en la comparación de las dos estructuras para el Caso I del análisis tiempo historia con el sismo de Ica 2007, mientras que la reducción en el Caso II fue de 31% para el sismo de Ica 2007. En lo que concierne a las derivas, para el Caso I con el sismo de Ica 2007 en la dirección XX se presentó una reducción de 0.0098 a 0.0066 lo que significa un 32% con la utilización de los dispositivos de fluido viscoso, mientras que para el Caso II en la dirección XX, la mayor deriva se presentó en el piso 6, con un valor de 0.0105 pero se llegó a reducir hasta 0.007 lo que implica una reducción de 34%.

Álvarez (2017) en su tesis presentada para obtener el título de ingeniero civil se propuso como objetivo: analizar la influencia que tendrían las propiedades de los disipadores de energía sísmica en el Control de la Respuesta Sísmica de varias edificaciones ubicadas en la ciudad de Huancayo. Para ello consideró la estructura de la edificación: “Torre Dos”, “Residencial Varo” y “Colegio Nuestra Señora del Rosario”, a los cuales se procedió a realizar un análisis modal espectral sin ningún tipo de reforzamiento para determinar el nivel de amortiguamiento requerido por las estructuras. Después se procedió a calcular el amortiguamiento C_j requerido por cada estructura, lo que permitió modelar las estructura con los dispositivos disipadores de energía, para todos los casos la rigidez del brazo metálico se consideró en 25000 t/m². Con los resultados se llegó a concluir que la utilización de los dispositivos influye en el control de la respuesta estructural en vista que se observó una disminución considerable de las derivas, los esfuerzos cortantes y momentos flectores en las vigas y columnas de las edificaciones tomadas como muestra.

Huerta (2017) en la tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil, se propone como objetivo de investigación: determinar la diferencia del comportamiento estructural de la edificación CPU-UNASAM modelado con el sistema convencional de concreto armado y con la incorporación del de los disipadores de energía. Para lograr este objetivo se propone, modelar la edificación del CPU-UNASAM de forma convencional sin considerar la incorporación de los dispositivos y realizar un análisis modal espectral con un espectro en base a la norma E.030. Luego procede a incorporar los dispositivos Taylor a la estructura para evaluar las variaciones en el comportamiento estructural. Llegando a concluir que la estructura convencional tiene derivas en el análisis estático que superan el 0.007, siendo la distorsión en el eje X igual a 0.010 y en el eje E igual a 0.007, mientras que en el análisis dinámico se obtuvieron derivas de 0.0084 en la dirección X y 0.0072 en la dirección Y. Mientras que en la estructura con disipadores de energía, se obtuvo que los desplazamientos en el centro de masa se reducen en un rango de 27.7% - 35.77%, respecto a las derivas estas se redujeron de 23,56% a 33.35% es decir en la dirección XX de la edificación la deriva se redujo de 0.0084 a 0.0056.

Segovia (2016) en su tesis de maestría, se propone como objetivo diseñar disipadores de energía de tipo metálicos para la reducción de daños estructurales en una edificación ya existente y construida en concreto armado. Para ello se propuso en primer lugar realizar el análisis dinámico no lineal incorporando los dispositivos a la edificación, luego realizar el análisis con sismos severos y finalmente comparar los resultados en la edificación con disipadores y sin disipadores. En la investigación se llegó a concluir que mediante la utilización de los dispositivos en la estructura considerada para el análisis, frente a un sismo severo de 0.5 g, se logra disminuir periodos de la estructura se logra la mejora de la respuesta dinámica de la estructura, para ello se evaluó: los desplazamientos laterales en el centro de masa verificando que estas disminuyeron en 53% en comparación a la estructura convencional, mientras que la reducción en una de los muros estructurales fue de hasta un 70%. Respecto al amortiguamiento efectivo, se estableció que este amortiguamiento viscoso se incrementó hasta 24.71% en la dirección principal y 9.52 en la dirección contraria. Respecto al diseño y al procedimiento de colocación de disipadores no un método único o procedimientos definidos, por lo que el autor realizó procedimientos iterativos para el análisis estructural variando posiciones y dimensiones hasta llegar a lograr un comportamiento óptimo.

Con estos antecedentes se puede apreciar que los sistemas de protección sísmicos son variados y todos tienen un principio común, incrementar el % de amortiguamiento crítico en la estructura. Existen edificaciones que por su naturaleza de uso no pueden admitir disipar energía por medios histeréticos a través de daño estructural. Del mismo modo, las edificaciones dependiendo de la inversión y la naturaleza del uso asignado (vivienda multifamiliar, oficina, clínicas, hoteles u otros) requieren que se la estructura se comporte en el rango lineal elástico en el evento sísmico, esto a manera de agregar un valor añadido a la estructura.

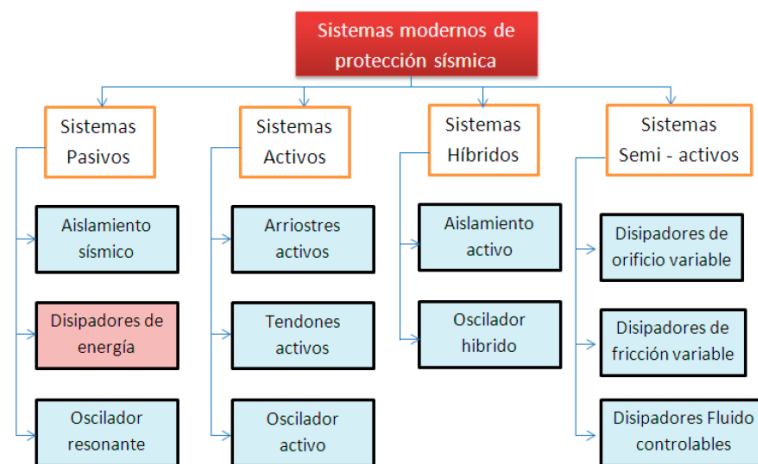
Por tanto, se requiere realizar un diseño sismorresistente con amortiguamiento incorporado de tal forma que, al presentarse la fuerza sísmica en la edificación, esta pueda permanecer en un rango apropiado de deformación elástica, sin que esto resulte elevadamente costoso y que técnicamente sea

factible. Aspecto que se puede lograr mediante la incorporación de dispositivos de protección sísmica, es posible mejorar la respuesta de la estructura de manera significativa.

En este aspecto los sistemas de protección sísmica son dispositivos complementarios de una estructura para mejorar la respuesta estructural. A continuación, se muestra esquemáticamente la gama de sistemas de disipación de energía y protección sísmica, usados con mayor frecuencia.

Figura 1

Sistemas de protección estructural



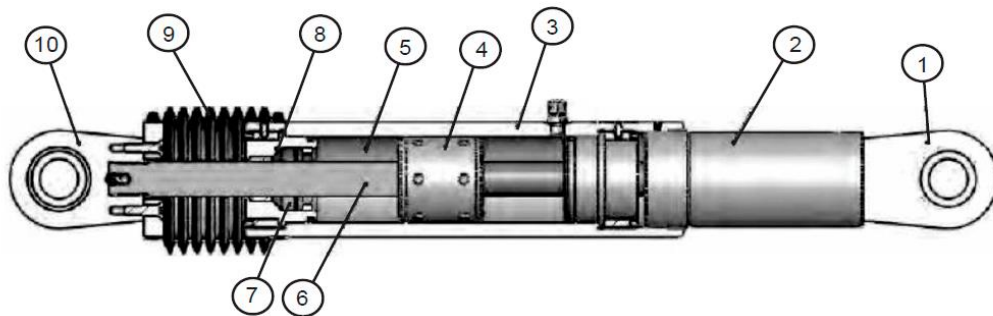
Fuente: Villareal, G. & Díaz, M. (2016)

Dentro de esta clasificación se puede apreciar que los disipadores de energía sísmica se encuentran dentro de una categoría mayor, denominada sistemas de protección sísmico pasivos, nombre que deriva del comportamiento pasivo que tienen estos dispositivos en la estructura y que se activan cuando se presentan las fuerzas sísmicas

Son dispositivos con la capacidad de disipar energía, mediante el desplazamiento de fluidos viscosos que llevan en el interior. Morales y Oviedo (S/f) mencionan que los disipadores de energía pueden restringir las fuerzas sísmicas horizontales que ingresan a la estructura a valores por debajo de los sismos severos, esto permitiría aprovechar la capacidad resistente de los elementos estructurales evitando sobreesfuerzos.

Figura 2

Componentes de un dissipador de energía



1. Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión.
2. Acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
3. Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
4. Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce.
5. Fluido viscoso, silicona incompresible.
6. Vástago de acero inoxidable.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
9. Fuelle, nylon reforzado de neopreno.
10. Cojinete esférico forjado con aleación de calidad aeronáutica.

Fuente: Villareal, G. & Díaz, M. (2016)

Villareal, G. & Díaz, M. (2016), señalan que estos dispositivos son dependientes de la velocidad y no del desplazamiento, motivo por el cual no logran alterar o variar la rigidez del sistema estructural, y aún menos incrementan los esfuerzos en los componentes de la estructura como columnas o vigas.

Constantinou et al. (2007, p.15) señalan que los dispositivos de amortiguamiento de fluido visco elásticos dependen de la velocidad para amortiguar. Cuando se presenta un desplazamiento en el pistón que concuerda con la frecuencia de vibración de la estructura durante el sismo, se genera el empuje del fluido viscoso de una sección a otra, produciendo un empuje y fuerza de amortiguamiento.

El dispositivo trabaja en el sismo empujando el fluido viscoso que tiene en un cilindro mediante un pistón, al igual que una jeringa el traslado de los fluidos requieren de fuerza y en el proceso de empuje se disipa la energía sísmica.

El Balance de energía en las estructuras, se define una equivalencia entre la energía de ingreso al sistema estructural y la energía de Salida del sistema estructural. Pardo (2007, p.28) señala que un sistema estructural soportará la excitación sísmica, cuando la energía de entrada pueda ser absorbida por la suma de las energías cinéticas, elástica, de amortiguamiento e inelástica, y esto se puede dar aumentando la capacidad de amortiguamiento.

La equivalencia de energía en las estructuras, por tanto, en el diseño sismo resistente, es la capacidad de absorber y disipar energía sísmica de manera cinética, elástica e inelástica, lo que implica daño estructural. La siguiente ecuación muestra la equivalencia de la energía sísmica que ingresa a un sistema y la relación de la conservación de la energía durante un evento sísmico:

$$E_T = E_k + E_S + E_i$$

Donde:

E_T = *Energía de cualquier tipo que ingresa al sistema estructural*

E_K = *Energía cinética que se transforma en movimiento*

E_S = *Energía elástica de deformación*

E_I = *Energía inelástica, relacionada a la deformación inelástica*

La ecuación se puede explicar cómo la energía de entrada del sismo E_T , que sería igual a una sumatoria de E_K definida como la energía cinética, E_S es definida como la energía elástica disipada en un rango de deformación recuperable, E_I es la energía histerética disipada en un rango de deformación no recuperable asociada al daño estructural o deformación de tipo inelástica.

En esta ecuación de equivalencia de energía en una estructura convencional, se presenta la posibilidad de incorporar amortiguamiento, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$E_T = E_K + E_S + E_I + E_\xi$$

Donde:

E_T = Energía de cualquier tipo que ingresa al sistema estructural

E_K = Energía cinética que se transforma en movimiento

E_S = Energía elástica de deformación

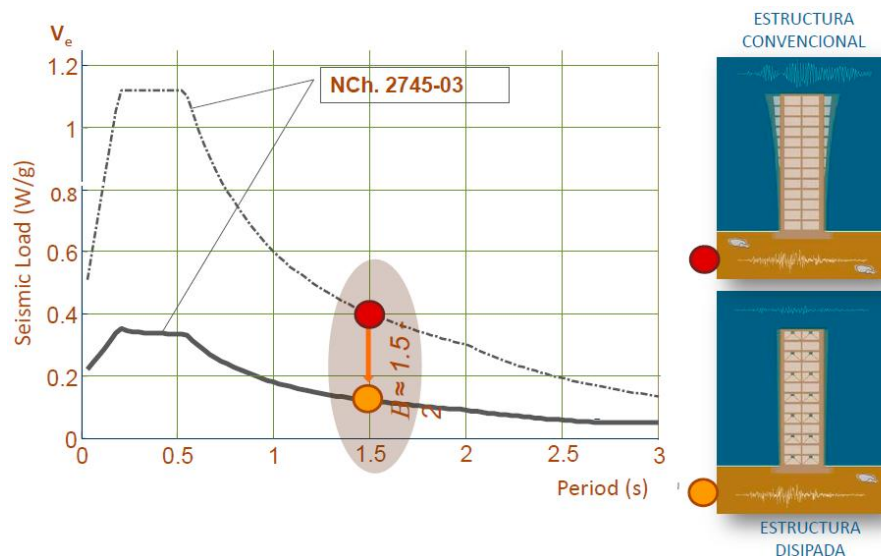
E_I = Energía inelástica, relacionada a la deformación inelástica

E_ξ = Energía idisipada por amortiguamiento añadido

En la ecuación anterior, la energía E_ξ viene a ser la energía disipada por el amortiguamiento añadido. Es decir, los disipadores tienen la capacidad de disipación de energía por amortiguamiento debido a la pérdida de energía por el esfuerzo en los pistones. De esta manera, se protegería la estructura del daño estructural y las deformaciones inelásticas que provoca los colapsos de las edificaciones.

Figura 3

Respuesta sísmica de una estructura con sistema de disipación



Fuente: CDT (Cámara Chilena de la Construcción)

Como se puede apreciar el incremento de amortiguamiento como base para la disipación de energía, permitiría obtener estructuras más seguras, con capacidad de disminuir aceleraciones, deformaciones (derivadas) y fuerzas cortantes que se distribuyen en la edificación.

Ecuación General de fuerza axial

La fuerza axial del disipador viscoso se determina con la ecuación siguiente:

$$F = C * V^\alpha$$

Dónde:

F es la fuerza en el disipador, C es el coeficiente de amortiguamiento, V es la velocidad del amortiguador, α es el exponente de amortiguamiento.

A. Coeficiente de amortiguamiento

El coeficiente de amortiguamiento se obtiene mediante la ecuación 2.2 que se consigue del FEMA 274.

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Dónde: β_H (amortiguamiento viscoso de la estructura), λ (parámetro lambda), C_j (coeficiente de amortiguamiento del disipador), ϕ_{rj} (desplazamiento relativo entre ambos extremos), θ_j (ángulo de inclinación del disipador), A (amplitud de desplazamiento del modo fundamental), ω (frecuencia angular), m_i (masa del nivel), ϕ_i (desplazamiento del nivel)

El FEMA 274 proporciona la tabla para identificar el valor de λ que depende de α .

Tabla 1

Exponente de Velocidad y parámetro Lambda λ

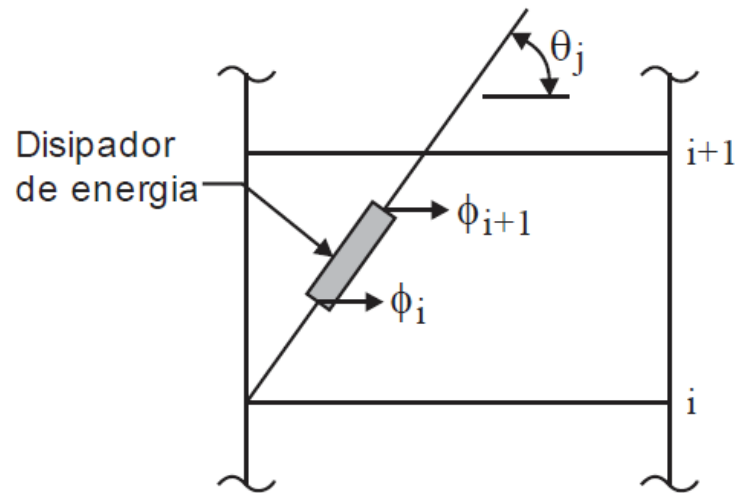
Exponente	Parámetro
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1	3.1
1.25	3

Fuente: Villarreal y Díaz La Rosa (2016)

La siguiente figura muestra el ángulo de inclinación del disipador y el desplazamiento relativo r_j .

Figura 4

Desplazamiento relativo y ángulo de inclinación del disipador



Fuente: Villarreal Castro et al. (2016)

Es importante señalar que la ecuación anterior considera un coeficiente de amortiguamiento constante para todos los dispositivos. El mismo que se puede estimar una vez se conozca las demás variables. De esta manera, despejando la ecuación anterior se obtiene:


$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Dónde: β_H (amortiguamiento viscoso de la estructura), λ (parámetro lambda), C_j (coeficiente de amortiguamiento del disipador), ϕ_{rj} (desplazamiento relativo entre ambos extremos), θ_j (ángulo de inclinación del disipador), A (amplitud de desplazamiento del modo fundamental), ω (frecuencia angular), m_i (masa del nivel), ϕ_i (desplazamiento del nivel).

El brazo metálico aporta rigidez a la estructura dependiendo de la sección del mismo, en la siguiente imagen se aprecia las propiedades genéricas de diámetros para utilizar con dispositivos de amortiguamiento..

Figura 5

Propiedades del brazo metálico



Nominal Size		Weight per Foot	Wall Thickness t	D/t	Cross Sectional Area					Torsional Stiffness Constant J	Torsional Shear Constant C	Surface Area Per Foot
Outside Diameter	Wall					I	S	r	Z			
in.	in.	lb.	in.		in. ²	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	ft. ²
20.000	x 0.500	104.23	0.465	43.0	28.5	1360	136	6.91	177	2720	272	5.24
	0.375	78.67	0.349	57.3	21.5	1040	104	6.95	135	2080	208	5.24
18.000	x 0.500	93.54	0.465	38.7	25.6	985	109	6.20	143	1970	219	4.71
	0.375	70.65	0.349	51.6	19.4	754	83.8	6.24	109	1510	168	4.71
16.000	x 0.500	82.85	0.465	34.4	22.7	685	85.7	5.49	112	1370	171	4.19
	0.438	72.86	0.407	39.3	19.9	606	75.8	5.51	99.0	1210	152	4.19
	0.375	62.64	0.349	45.8	17.2	526	65.7	5.53	85.5	1050	131	4.19
	0.312	52.32	0.291	55.0	14.4	443	55.4	5.55	71.8	886	111	4.19
14.000	x 0.500	72.16	0.465	30.1	19.8	453	64.8	4.79	85.2	907	130	3.67
	0.375	54.62	0.349	40.1	15.0	349	49.8	4.83	65.1	698	99.7	3.67
	0.312	45.65	0.291	48.1	12.5	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2	3.67
12.750	x 0.500	65.48	0.465	27.4	17.9	339	53.2	4.35	70.2	678	106	3.34
	0.375	49.61	0.349	36.5	13.6	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1	3.34
	0.250	33.41	0.233	54.7	9.16	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3	3.34
12.500	x 0.625	79.34	0.581	21.5	21.8	387	62.0	4.22	82.6	774	124	3.27
	0.500	64.14	0.465	26.9	17.6	319	51.0	4.26	67.4	638	102	3.27
	0.375	48.61	0.349	35.8	13.3	246	39.4	4.30	51.5	492	78.7	3.27
	0.312	40.65	0.291	43.0	11.2	208	33.3	4.32	43.4	416	66.6	3.27
	0.250	32.74	0.233	53.6	8.98	169	27.0	4.34	35.1	338	54.1	3.27
12.313	x 0.188	24.74	0.174	71.8	6.74	128	20.5	4.36	26.4	256	41.0	3.27
	0.625	78.09	0.581	21.2	21.4	369	60.0	4.15	80.0	739	120	3.22
	0.500	63.14	0.465	26.5	17.3	304	49.4	4.19	65.3	608	98.8	3.22
	0.375	47.86	0.349	35.3	13.1	235	38.2	4.23	50.0	470	76.3	3.22
	0.312	40.03	0.291	42.3	11.0	199	32.3	4.25	42.1	397	64.5	3.22
12.250	x 0.250	32.24	0.233	52.8	8.84	161	26.2	4.27	34.0	323	52.4	3.22
	0.188	24.37	0.174	70.8	6.64	122	19.9	4.29	25.6	244	39.7	3.22
	0.625	77.67	0.581	21.1	21.3	363	59.3	4.13	79.2	727	119	3.21
	0.500	62.80	0.465	26.3	17.2	299	48.9	4.17	64.6	599	97.7	3.21
	0.375	47.60	0.349	35.1	13.0	231	37.7	4.21	49.4	462	75.5	3.21
12.250	x 0.312	39.82	0.291	42.1	10.9	196	31.9	4.23	41.6	391	63.9	3.21
	0.250	32.07	0.233	52.6	8.80	159	25.9	4.25	33.7	318	51.9	3.21
	0.188	24.24	0.174	70.4	6.60	120	19.6	4.27	25.4	241	39.3	3.21

Fuente: Hollow structural sections

III. METODOLOGÍA

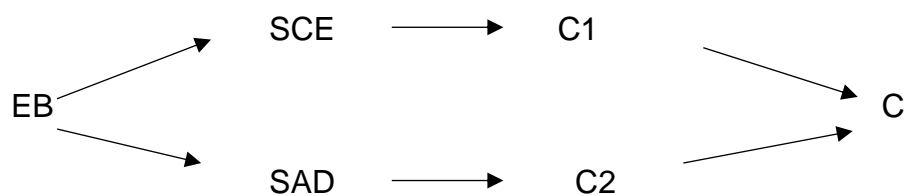
3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicado; Ñaupas, Valdivia, Palacios, y Romero (2018) al respecto definen que: una investigación es aplicada porque utiliza los conocimientos, las teorías e investigación básica para lograr solucionar problemas (p. 138), los autores añaden que estos estudios tienen tres niveles: el exploratorio, descriptivo y el explicativo.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque de tipo cuantitativo, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que el enfoque cuantitativo “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica”. (p. 4) por tanto, al seguir los criterios cuantitativos de prueba de hipótesis, el estudio se define como cuantitativo. El nivel de investigación se ha determinado como descriptivo explicativo, según Hernández, et al. (2014) el estudio explicativo llega a explicar como una variable modifica la respuesta o comportamiento de otra variable.

El diseño de la investigación seleccionado fue el diseño no experimental, considerando lo que menciona Hernández, et al. (2014, p. 152) se puede conceptualizar: “como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables”. Respecto a la temporalidad de la recolección de datos se definió que el corte es transversal: toda vez que las mediciones se realizaran en un solo momento. Aspecto que coincide con lo mencionado por Hernández et al. (2014) que dice que estos diseños de investigación transeccional o transversal recolectan la información una sola vez.

Esquema del diseño de investigación:



Dónde:

EB = Edificio en concreto armado de 12 niveles

SCE = Sistema convencional estructural

SAB = Sistema amortiguado con disipadores de fluido viscoso

C1 = Comportamiento estructural 01

C2 = Comportamiento estructural 02

CR = Resultados comparativos

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente:

Amortiguadores de energía de tipo Viscoso

Villareal (2016) define los dispositivos, como disipadores de energía de tipo viscoso que dependen de la velocidad y no del desplazamiento, por lo cual no varían la rigidez de la estructura ni incrementan esfuerzos en los elementos estructurales.

Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
Amortiguadores de energía de tipo Viscoso	Son dispositivos con propiedades mecánicas de rigidez y amortiguamiento.	Rigidez	Rigidez	Ecuación de Rigidez del brazo metálico	De razón
		Amortiguamiento Efectivo	Energía disipada	Ecuación de amortiguamiento o viscoso Norma FEMA 274	De razón

Variable dependiente:

Respuesta estructural de una edificación de 12 niveles

La respuesta estructural de una edificación según Villareal & Díaz la Rosa (2016) es la respuesta de una edificación frente a una determinada fuerza sísmica.

Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
Respuesta estructural	Es la respuesta de la estructura frente a una fuerza sísmica y se evalúa a través de la deformación, la aceleración, la frecuencia de vibración.	Deformación lateral	Derivas inelásticas	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón
		Vibración	Aceleración	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón
		Frecuencia de Vibración	Periodo	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón

3.3 Población, muestra y muestreo

Población y muestra

la población del estudio se ha definido como una población finita, dado que las edificaciones de 12 niveles en la ciudad de Puno no son frecuentes, es decir tienen una población pequeña. En este aspecto, se consideró tomar una muestra no probabilística, es decir se seleccionó la unidad de investigación por la conveniencia y acceso a la información del proyecto estructural.

La población está definida por las edificaciones en concreto armado, con las mismas características constructivas y propuestas con el diseño sismorresistente establecido en la norma E.030. Para la elección se consideró criterios de inclusión y exclusión que se describen a continuación.

Criterios de inclusión:

Edificaciones aporticadas, mixtas o en muros estructurales que proporcionen la ductilidad adecuada a la edificación.

Criterios de exclusión:

Edificaciones con sistemas estructurales rígidos y de baja ductilidad como los edificios de baja ductilidad como MDL, así como las estructuras propuestas en Albañilería Confinada.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Bautista (2009) explica que las técnicas para recolectar datos, son los procedimientos o actividades orientados a adquirir la información requerida por el investigador, lo cual permitirá lograr los objetivos de la investigación. Para el autor esto significa “recoger los datos” utilizando técnicas como: la observación, el análisis documental y normativo.

Para ambas variables, se utilizó la técnica del análisis documental (normas vigentes) y la observación de los resultados del modelado y análisis estructural, lo que permitió obtener las respuestas de las estructuras mediante el análisis con espectro de diseño y con sismos escalados o emparejados al espectro.

El instrumento según Bautista (2019) son los medios que permiten recabar información, en este aspecto el instrumento a usar, será la comparación de derivas en ambas direcciones XX y YY.

3.5 Procedimiento

El procedimiento de recolección de la información necesaria para la investigación consideró las siguientes fases:

Análisis de la estructura convencional

Determinación del amortiguamiento requerido

Implementación de los dispositivos

Elección de eventos sísmicos para el análisis y tratamiento

Análisis con sismos escalados

Extracción de resultados

3.6 Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante los desplazamientos y deformaciones laterales obtenidas de la estructura, con los siguientes casos de análisis:

Análisis modal espectral

Análisis no lineal tiempo historia

En la primera fase, se analizó la estructura mediante un espectro elaborado para las condiciones sísmicas y de suelo de la estructura. En una segunda fase se procedió a realizar el análisis de la estructura con sismos ocurridos en el país, mediante el análisis no lineal tiempo historia. Las deformaciones y derivas obtenidas se compraron y se eligió el sismo de diseño para los dispositivos. En una tercera fase se realizó el análisis de los resultados de deformación obtenidas de la estructura con los dispositivos de fluido viscoso ya incorporados.

En la última fase, los resultados se procedieron a evaluar mediante un procedimiento comparativo, para obtener un porcentaje de disminución de derivas entre las dos estructuras: convencional y estructura con propuesta de incorporación de dispositivos de fluido viscoso. Todos los datos fueron procesados mediante la técnica comparativa, haciendo uso de los cuadros de desplazamientos y derivas realizados en el software Excel 2016

3.7 Aspectos éticos

Se consideró:

Beneficiencia

La utilización de la tecnología de dispositivos de fluido viscoso puede favorecer a incrementar la seguridad en las edificaciones de concreto, por tanto, beneficia a la sociedad y las condiciones de vida de la misma.

Maleficiencia

La investigación realizada no pretende crear daño alguno ni económico ni social, se consideró además que al tener resultados satisfactorios se favorece a la ingeniería estructural.

Autonomía

Mediante la investigación realizada no se obliga a ninguna empresa a utilizar estos sistemas de disipación, siendo una propuesta y alternativa viable.

Justicia

Los datos obtenidos de la investigación no dan lugar a recomendaciones o conclusiones que puedan favorecer de ninguna manera a terceros, por ende, la investigación no cuenta con intereses ajenos a la naturaleza de la investigación.

Propiedad intelectual

En lo concerniente a la propiedad intelectual de todos los autores considerados en la investigación, se utilizó las recomendaciones del formato APA, séptima edición. En este aspecto se autoriza a la publicación y difusión del trabajo de investigación según se crea necesario.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción y parámetros normativos del proyecto

La edificación de 12 niveles, tiene uso multifamiliar con uso comercial en la primera planta y gimnasios en el segundo nivel. La estructura se encuentra ubicada en la ciudad de Puno, cuenta con las siguientes características:

Tabla 2

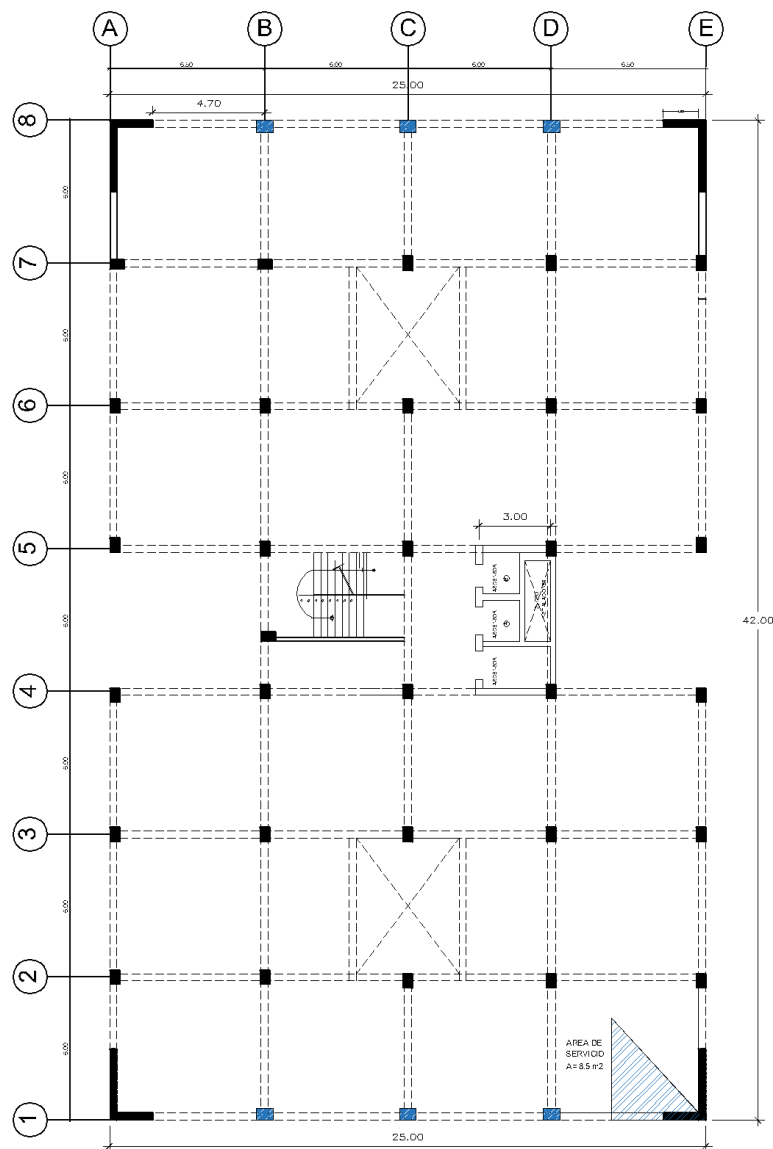
Descripción de la estructura

Descripción	
Numero de niveles	12 niveles
Niveles en Sótanos	2 sótanos
Altura de entrepiso	3.20 m
Longitud lado mayor XX	42.00 m
Longitud lado menor YY	25.00 m
Área de Planta	1050.00 m ²
Área Total Construida + Azotea	12600.00 m ²

La estructura de uso multifamiliar cuenta con 12 niveles y dos sótanos, con un sistema estructural en base a pórticos de concreto en el interior y muros estructurales en el perímetro o parte externa, cuenta con vigas peraltadas y sistema de columnas.

Figura 6

Planta típica de la edificación de 12 niveles



PLANTA TIPICA 01- 12

Considerando que la ciudad de Puno es sísmica por los antecedentes, se determinó que el sistema estructural adecuado es el sistema dual que hace

uso de sistemas aporticados y muros estructurales (norma E.030). La presencia de muros estructurales cuyo objetivo es la absorción de fuerzas cortantes se proponen en la parte externa, mientras que los pórticos se encuentran en la parte interna de la edificación. Con estos criterios del diseño estructural, se propone el pre dimensionamiento inicial en función a cargas axiales. En la figura 6 se aprecia la configuración estructural de la planta típica, que esta pre dimensionada para soportar una demanda sísmica en zona de peligro sísmico Z3, suelo intermedio S2 y un factor de uso equivalente a $U=1.0$.

Las cargas propias y cargas vivas de la edificación multifamiliar se describen en la siguiente tabla, se consideró los pesos unitarios establecidos en la Norma Técnica E.020 Cargas.

Tabla 3: *Cargas propias y vivas*

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Peso Unitario</i>
<i>Concreto armado</i>	<i>2400 kg/m³</i>
<i>Acabados en pisos</i>	<i>100 kg/m²</i>
<i>Tabiquerías</i>	<i>150 kg/m²</i>
<i>Carga Viva</i>	<i>200 kg/m²</i>
<i>Cargas en Azotea</i>	<i>100 kg/m²</i>
<i>Ladrillos en el aligerado</i>	<i>60 kg/m²</i>

Nota, elaboración propia

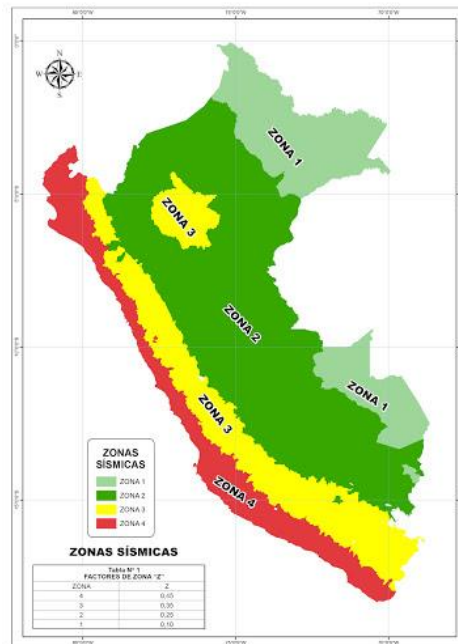
4.1.1 Parámetros normativos

Zona de peligro sísmico

El proyecto se ubica en la ciudad de Puno, Región de Puno, por tanto, de acuerdo a la norma E.031 se ubica en una zona de peligro sísmico Z3, que tiene un factor de aceleración de $Z=0.35g$. En la figura 8 se aprecia que el departamento de Puno se encuentra dentro de la clasificación Z3 y Z2.

Figura 7

Zonas de peligro sísmico en el Perú



Nota: Imagen de Geogpsperu.com

Tabla 4

Zona de peligro sísmico

Zona	Valor de la aceleración "g"
Z4	0.45
Z3	0.35
Z2	0.25
Z1	0.10

Fuente: Norma E. 030 - Diseño Sismoresistente (2018)

Parámetros de Suelo

Según el perfil de suelo realizado se obtuvo que el suelo se clasifica como S2. En la tabla 5 se observa la clasificación para los cuatro perfiles de

suelo característicos, de acuerdo a la velocidad de onda que puede transmitirse en el estrato, en un ensayo de penetración estándar.

Tabla 5

Perfiles de suelo según norma E.030

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Nota, tomado de la Norma E.030 (2018)

En la tabla 6 se aprecia los periodos del estrato del suelo de acuerdo al tipo de suelo, establecidos en la norma E.030. Para un suelo intermedio S_2 , se aprecia que se tiene como periodo corto del suelo a $T_p = 0.6$ mientras que para el periodo largo se tiene $T_L = 2.0$.

Tabla 6

Periodos de los estratos según norma E.030

Periodo Corto y largo del estrato T_p y T_L				
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Nota, tomado de la Norma E.030 (2018)

Para la elaboración del espectro, el factor de suelo se determinó mediante la tabla de “Factor de suelo” establecidos en la norma E.030. Para un suelo intermedio S_2 en una Zona Sísmica Z_3 se tiene que el coeficiente es equivalente a $S=1.15$ (Tabla 7).

Tabla 7*Factor de suelo para el espectro según norma E.030*

factor de suelo "s"				
zona / suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota, tomado de la Norma E.030 (2018)

Factor de amplificación Sísmica (C)

En la norma E.030-2018 se establece que el factor de amplificación sísmica es un coeficiente que corresponde a la respuesta que tiene la estructura frente a la aceleración del suelo en el que será construido, por tanto se requiere del periodo de la estructura. En la norma se establece las siguientes amplitudes. Dado que, en el análisis de la estructura mediante un análisis estático en el software, se obtuvo un periodo de $T_L = 1.408$ s y considerando que el periodo corto del suelo es $T_p = 0.6$ y el periodo largo es $T_L = 2.0$. se utilizó la siguiente ecuación de la norma:

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

Donde: $T = 1.427$: Período de Vibración de la estructura $T_p = 0.6$: Período de plataforma del espectro (periodo corto) $T_L = 2.0$: Zona con desplazamiento constante (periodo largo)

Se procedió a calcular el coeficiente sísmico, mediante el periodo obtenido en el análisis de la edificación y el coeficiente C_t puesto que:

$$T_p < T < T_L$$

$$0.6s < 1.408 s < 2s$$

Desarrollando la ecuación para calcular el coeficiente sísmico para el espectro se obtuvo:

$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{0,6}{1,408} \right) = 1,065$$

Factor de Uso de la edificación

El factor de uso es un coeficiente que permite clasificar a la edificación según su importancia, de acuerdo a la norma E.030.

Tabla 8

Factor de uso de la estructura según norma E.030

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Nota, tomado de la Norma E.030 (2018)

En el caso de la estructura debido a que su uso está orientado a un edificio multifamiliar con comercio en el primer nivel, se consideró que la estructura clasifica dentro de “Edificaciones comunes” en la Tabla 5 de la norma E.030. Por tanto, se tiene que el uso es igual a.

$$U = 1.0$$

4.1.2 Pre dimensionamiento de elementos estructurales

Se consideró para el pre dimensionamiento de los elementos estructurales el método de áreas de servicio un peso aproximado de 1 ton/m². Considerando que la estructura tiene dos sótanos, para el pre dimensionamiento se consideró estos dos pisos adicionales.

Columnas céntricas

La estructura cuenta con columnas en el centro y perímetro de la edificación, las cuales se pre dimensionaron considerando una resistencia del concreto es $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, debido a que es categorizada como estructura común (uso multifamiliar) se utilizó el peso aproximado por área de servicio de 1.0 ton./m²

$$P_{(A)} : \text{Peso} * \text{Área Tributaria} * \text{Niveles}$$

Se tiene que:

$$A = 6.15 * 6.15 = 37.8225 \text{ m}^2$$

$$P = 1.0 \text{ ton/m}^2$$

$$N = 12$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando datos:

$$A_{col} = \frac{37.8225 \text{ m}^2 * 1.0 \text{ ton/m}^2 * 12}{0.45 (210 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = \frac{37.8225 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^2 * 12}{0.45 (210 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = 4802 \text{ cm}^2$$

Se determinó que la sección de columna corregida es:

$$A_{col} = 70\text{cm} \times 70\text{cm} = 4900\text{ cm}^2$$

Columnas excéntricas o perimétricas

La estructura cuenta con columnas en el perímetro de la edificación, las cuales se pre dimensionaron considerando igualmente una resistencia del concreto es $f'c = 280\text{ kg/cm}^2$ y un peso aproximado por área de servicio de 1.0 ton./m^2

$$P_{(A)} : \text{Peso} * \text{Área Tributaria} * \text{Niveles}$$

Se tiene que:

$$A = 3.30 * 6.15 = 20.295\text{ m}^2$$

$$P = 1.0\text{ ton/m}^2$$

$$N = 12$$

$$f'c = 210\text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando datos:

$$A_{col} = \frac{20.295\text{ m}^2 * 1.0\text{ ton/m}^2 * 12}{0.35 (210\text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = \frac{37.8255\text{ m}^2 * 1000\text{ kg/m}^2 * 12}{0.35 (210\text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = 3313\text{ cm}^2$$

Se determinó que la sección de columna corregida es:

$$A_{col} = 50\text{cm} \times 70\text{cm} = 3500\text{ cm}^2$$

Sección de las vigas peraltadas

Las vigas peraltadas se calcularon considerando la luz entre columnas, y utilizando la siguiente ecuación:

$$h = \frac{L}{10}; b = \frac{h}{2}, \quad \text{donde } L = 6.00\text{ m}$$

De donde se obtuvo que:

$$h = \frac{6.0}{10} = 0.60 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$$

La base se calculó mediante:

$$b = \frac{0.60}{2} = 0.30 \text{ m}$$

La sección de la viga tiene las siguientes medidas:

$$h = 0.60 \text{ m} \quad y \quad b = 0.30 \text{ m}$$

Sección de las losas aligeradas

Al igual que las vigas, las losas se calcularon considerando la longitud o luz entre las vigas, por tanto, se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$h_{L.Alig} = \frac{L}{25} \text{ donde : } L = 6.00$$

De donde se obtuvo que:

$$h_{L.Alig} = \frac{6}{25} = 0.24 \text{ m}$$

Con este resultado, el espesor de losa se redondeó a:

$$h_{L.Alig} = 0.25 \text{ m}$$

Sección de muros

Para estimar la sección del muro, se debe considerar la relación de esbeltez y espesor del muro, que además se encuentra normado, siendo:

$$e > \frac{1}{25} h$$

Donde se tiene:

$e = 0.30 \text{ m}$ espesor del muro estructural

$h = 3.20 \text{ m}$ altura del muro estructural

$$e > \frac{1}{25} (3.2 \text{ m})$$

$$e > 0.168 m$$

Según la norma, el muro deberá tener un espesor mínimo de 20 cm, pero se consideró una sección de 0.30 m. en vista que la estructura tiene 12 niveles y el sistema estructural es dual. Seguidamente se verificó si la resistencia a la compresión de la sección es mayor que el total de las cargas combinadas y amplificadas según la norma E.020.

Las cargas axiales se calcularon mediante el peso propio de la estructura y de las cargas vivas, considerando las combinaciones de la norma E.60. Estas cargas se compararon con la resistencia axial de diseño ϕP_n del muro con mayor área de servicio, ecuación establecida en la norma E.060 en el Art 14.5 que se aprecia a continuación:

$$\phi P_n = 0.55 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_g \cdot \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Donde:

$\phi = 0.7$ Coeficiente

$k = 0.8$ (Aplicado en muros restringidos para rotación en uno o dos lados).

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia del concreto)

$l_c = 320 \text{ cm}$ Altura del muro

$A_g = 150 \text{ cm} * 30 \text{ cm}$ (Sección transversal del muro)

$h = 30 \text{ cm}$ espesor del muro de carga

Hallando la resistencia mediante la ecuación se obtuvo que:

$$\phi P_n = 0.55 * 0.7 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (150 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) \left[1 - \left(\frac{0.8(320 \text{ cm})}{32(30 \text{ cm})} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 337.95 \text{ Tn}$$

Los muros en esquina al tener dos direcciones, generan un área pequeña de servicio, y el muro con mayor desventaja a cargas axiales tiene

una longitud de 1.50 metros y un área de servicio de 8.5 m². Por tanto, en la planta típica para obtener las cargas axiales amplificadas, se utilizó el muro con menor sección horizontal.

- Peso propio del muro con mayor desventaja

$$\text{Altura del edificio} = 3.20 \text{ m} * 12 \text{ pisos} = 38.40 \text{ m}$$

$$W_m = (1.5 \text{ m} * 0.30 \text{ m})(38.40\text{m})(2.4 \text{ Tn}/\text{m}^3)$$

$$W_m = 41.47 \text{ Ton}$$

- Carga unitaria de la losa aligerada según la norma E.020:

$$e = 0.25 \text{ cm} ; p = 350 \text{ kg}/\text{m}^2$$

- El área tributaria que cae en el muro de menor longitud es de A= 8.50 m² y peso de aligerados para el Muro seleccionado:

$$W_L = (8.50 \text{ m}^2) * (350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 12)$$

$$W_L = 35.70 \text{ Ton}$$

- Para el cálculo de las cargas vivas en la edificación multifamiliar, de acuerdo a la E.020 la carga viva equivalente es 0.20 ton/m² en los entrepisos, mientras que en el último nivel se tiene carga por azotea 0.10 ton/m².

$$W_V = 0.20 \text{ ton}/\text{m}^2 * 8.50\text{m}^2 * 11 \text{ p} + 0.1 \text{ ton}/\text{m}^2 * 8.50 \text{ m}^2 * 1 \text{ p}$$

$$W_V = 19.55 \text{ ton}$$

- Respecto a la amplificando de cargas, en la norma E060 se señala la siguiente combinación:

$$W_T = 1.4 D + 1.7 L$$

$$W_T = 1.4 (41.47 \text{ ton} + 35.70\text{ton}) + 1.7(19.55 \text{ tn})$$

$$W_T = 141.27 \text{ ton}$$

- Con este resultado se aprecia que la resistencia requerida W_T es menor a la resistencia axial de diseño ϕPn exigida en la norma.

$$W_T < \phi Pn$$

$$141.27 \text{ ton} < 337.95$$

4.1.3 Espectro de demanda sísmica

La demanda sísmica, para la estructura se determinó mediante los parámetros de la norma E.030 para zona de peligro sísmico Z_3 para la ciudad de Puno, con un factor de importancia de $U=1.0$ para la edificación y un suelo intermedio S_2 . Estos factores permitieron elaborar un espectro para realizar un análisis por combinación modal espectral, Mestanza (2015) señala que en "... edificaciones convencionales se emplea el análisis por combinación modal espectral, que consiste en determinar todas las posibles respuestas que pueda tener una estructura a partir de sus deformaciones (Modos de vibración) y sus respectivas frecuencias" (p. 10). Y la norma E.030 define este tipo de análisis dinámico como un método que representa las aceleraciones sísmicas, que actúan en el centro de masas de cada entrepiso de la estructura. Por tanto, es el análisis principal en toda estructura, y el espectro e seudo aceleración se puede construir con la siguiente ecuación:

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

Donde:

$Z = 0.35$ Factor de peligro sísmico para Puno

$U = 1$ Factor de uso por Vivienda multifamiliar

$S = 1.15$ Suelo flexible de acuerdo a estudio de estratos

$R = 7$ Factor de reducción (Sistema dual de muros y pórticos)

$C = 1.065$ Coeficiente de amplificación sísmica

$g = 9.8$ Aceleración de gravedad en $\frac{m}{s^2}$

La seudo aceleración del espectro, para el análisis dinámico de la estructura por espectro fue:

$$S_a = 0.1418 \text{ g}$$

Los valores de seudo aceleración del espectro generado se puede observar en la tabla 9, se consideró la fuerza sísmica para un sismo máximo

considerado (SMC) o sismo severo tal como lo recomienda la norma ASCE SEI 7/16, con un periodo de retorno de 2400 años.

Los parámetros utilizados para la construcción fueron: zona sísmica 3, con suelo intermedio S_2 con clasificación de uso con $U=1$ y sistema dual $R=7$.

Tabla 9

Espectro para sismos severos según norma E.030

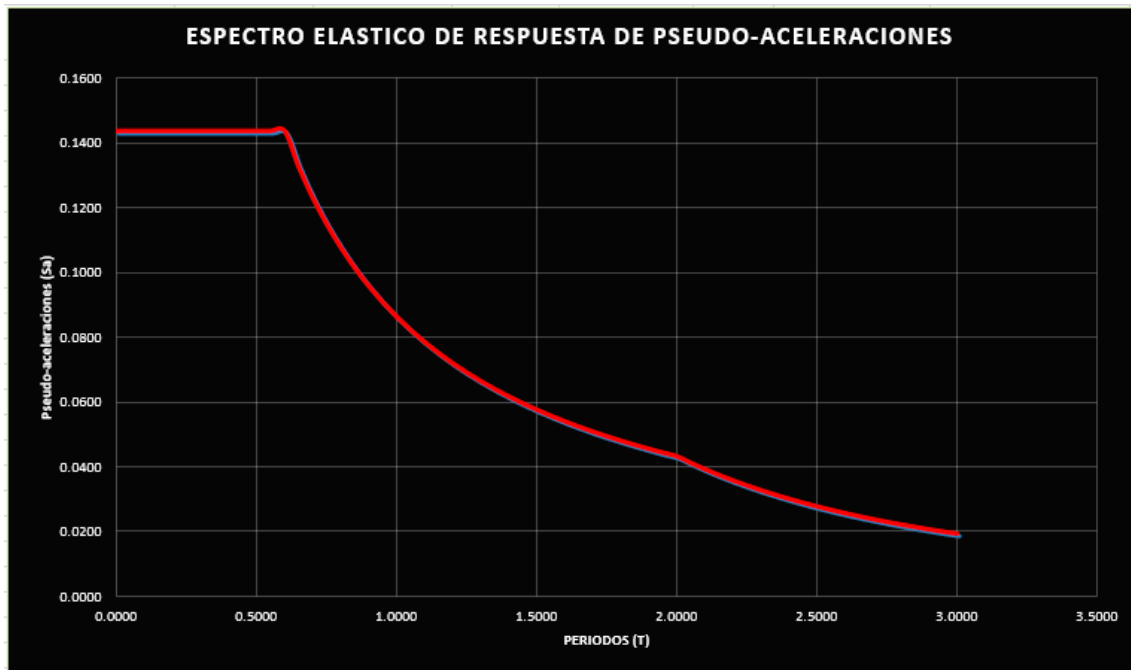
T	Sa	T	Sa
0.00	0.1438	1.50	0.0575
0.05	0.1438	1.55	0.0556
0.10	0.1438	1.60	0.0539
0.15	0.1438	1.65	0.0523
0.20	0.1438	1.70	0.0507
0.25	0.1438	1.75	0.0493
0.30	0.1438	1.80	0.0479
0.35	0.1438	1.85	0.0466
0.40	0.1438	1.90	0.0454
0.45	0.1438	1.95	0.0442
0.50	0.1438	2.00	0.0431
0.55	0.1438	2.05	0.0410
0.60	0.1438	2.10	0.0391
0.65	0.1327	2.15	0.0373
0.70	0.1232	2.20	0.0356
0.75	0.1150	2.25	0.0341
0.80	0.1078	2.30	0.0326
0.85	0.1015	2.35	0.0312
0.90	0.0958	2.40	0.0299
0.95	0.0908	2.45	0.0287
1.00	0.0863	2.50	0.0276
1.05	0.0821	2.55	0.0265
1.10	0.0784	2.60	0.0255
1.15	0.0750	2.65	0.0246
1.20	0.0719	2.70	0.0237
1.25	0.0690	2.75	0.0228

1.30	0.0663	2.80	0.0220
1.35	0.0639	2.85	0.0212
1.40	0.0616	2.90	0.0205
1.45	0.0595	2.95	0.0198
		3.00	0.0192

En la figura 8 se aprecia el espectro utilizado para el análisis modal espectral de la edificación.

Figura 8

Espectro para el análisis de la estructura



4.1.4 Modelamiento de la estructura

Para el modelamiento de la estructura se consideró las propiedades del concreto y acero, así como sus respectivos módulos de elasticidad que se aprecian a continuación:

- Resistencia del concreto : $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia del acero : $f'_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto : $E_c= 2188.22 \text{ kg/mm}^2$

- Coeficiente de Poisson : $\mu = 0.20$
- Peso del concreto armado por m³ : $\gamma_{CA} = 2400 \text{ kg/cm}^3$

En la figura 9 se aprecia la generación del material “Concreto f’c=210 kg/cm².”

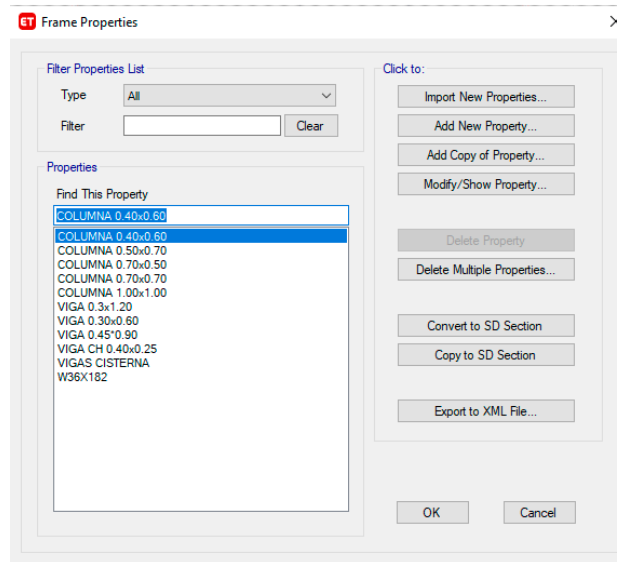
Figura 9

Propiedades del material

Seguidamente se generó las secciones de las columnas, las vigas, los muros, y los aligerados, con sus respectivos espesores y propiedades de modelamiento, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 10

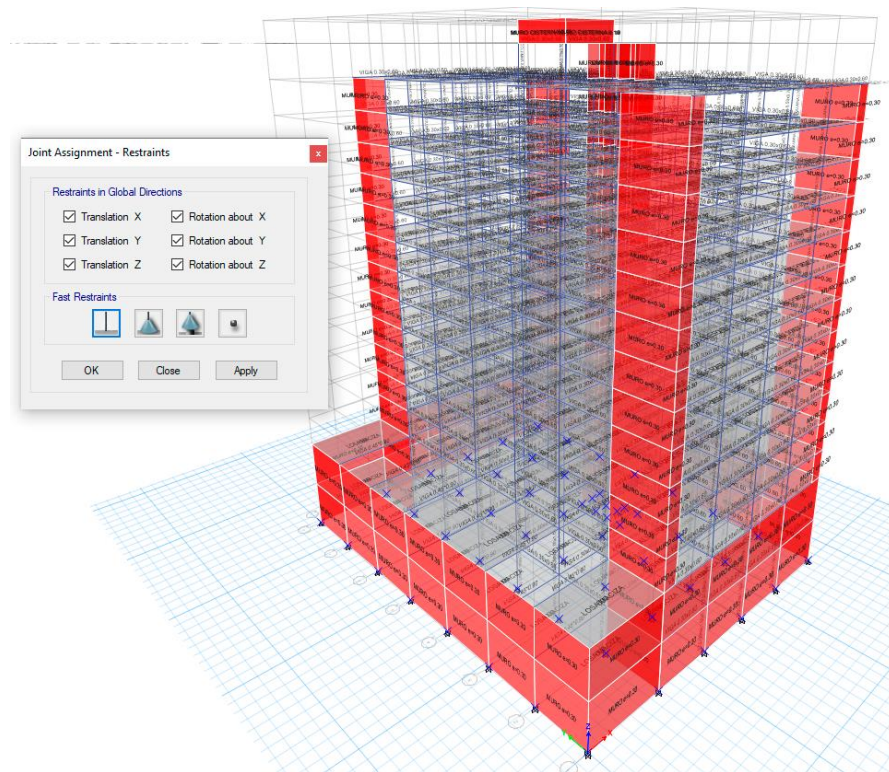
Secciones de los elementos estructurales



Después de culminar el modelado se procedió a, empotrar en la base o sótano, se hizo la discretización automática para los elementos estructurales Shell: muros y losas. En la figura 11 se aprecia la aplicación de las restricciones en la base.

Figura 11

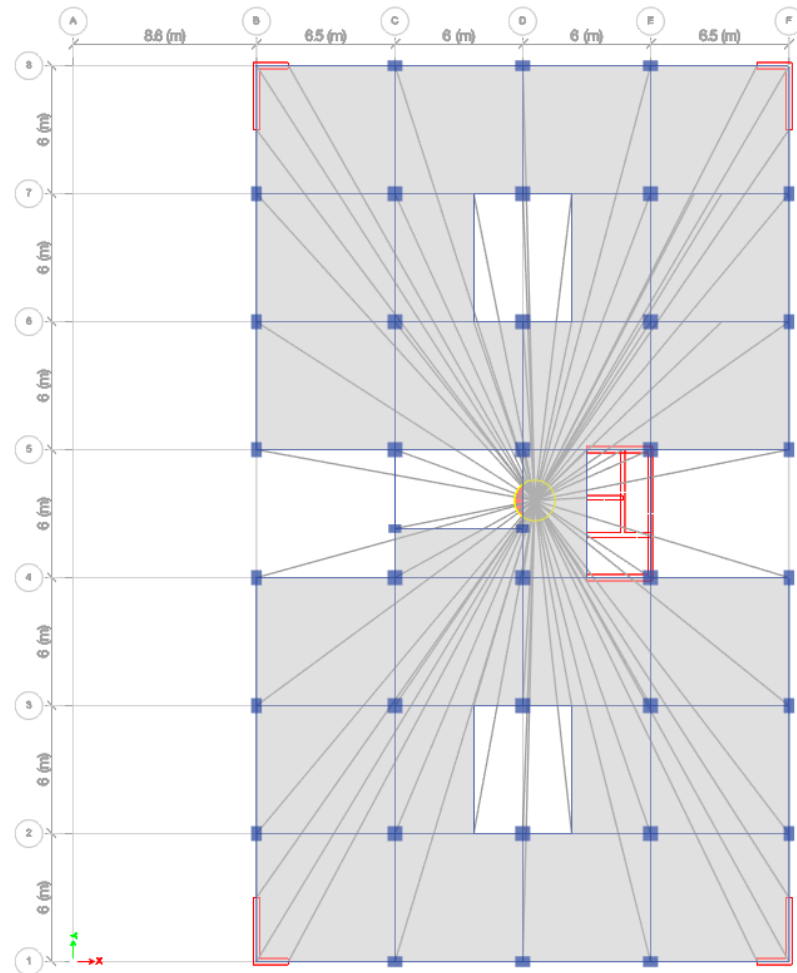
Empotrado en la base



Se asignó el principio de diafragma rígido para las plantas de la estructura, que considera que los elementos horizontales como aligerados y vigas, presentan mayor rigidez en la dirección horizontal. Además, no se presentan aberturas significativas, por tanto, no se presenta discontinuidad en el diafragma. En la siguiente imagen se aprecia la planta típica con el principio de diafragma rígido.

Figura 12

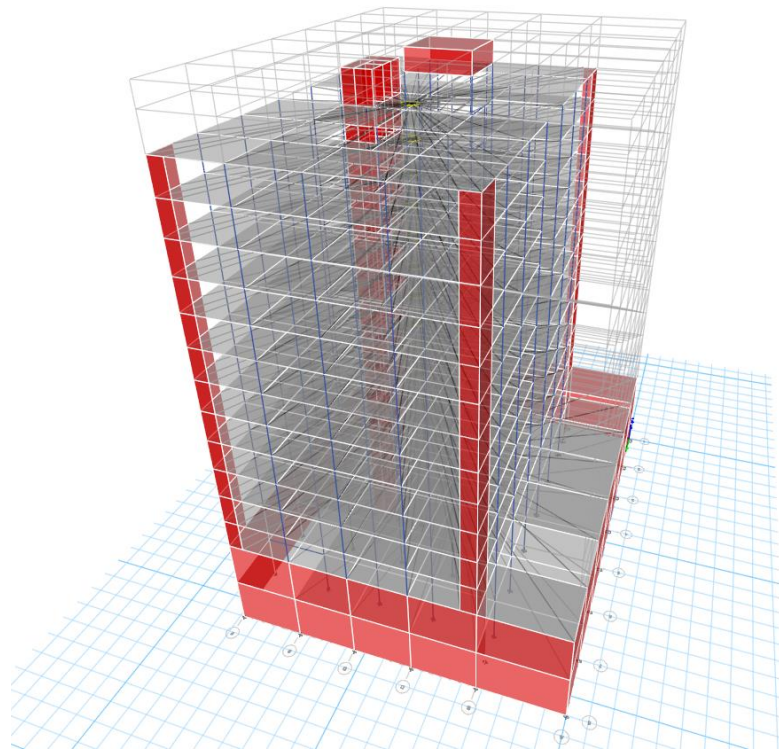
Diafragma rígido en los entrepisos



El modelo final en 3D con los diafragmas rígidos se aprecian en la siguiente figura:

Figura 13

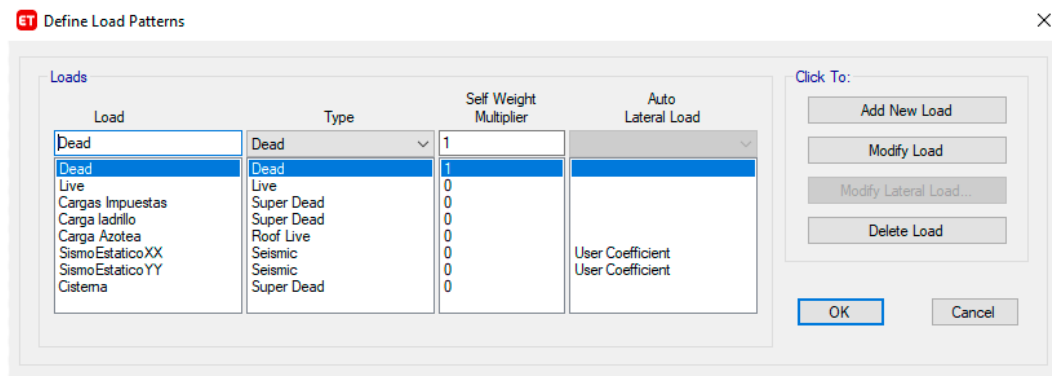
Modelo de la estructura



Para el caso de las cargas vivas y estructurales, se generó patrones de carga por el uso de la edificación. Las cargas impuestas identificadas son: cargas por acabados de piso, tabiquería, peso del ladrillo en los aligerados, cargas en azotea. Los pesos unitarios se determinaron mediante la norma E.020. En la figura 14 se aprecia los patrones de carga ingresados.

Figura 14

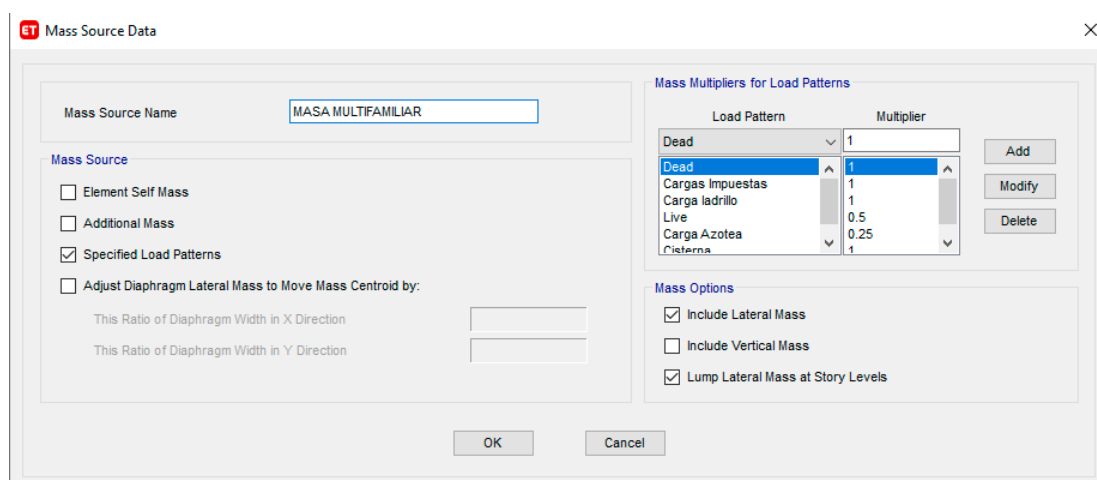
Patrones de carga



Para el cálculo o estimación del peso sísmico, se generó en el software una combinación de cargas establecidas en el Art. 26 de la norma técnica E030, se menciona que en las edificaciones de la categoría C (edificación común) deben de considerar una combinación de cargas equivalente al 100% de la CM y 25%CV como carga mínima. El comando utilizado fue *Mass Source Data* como se aprecia en la figura 15.

Figura 15

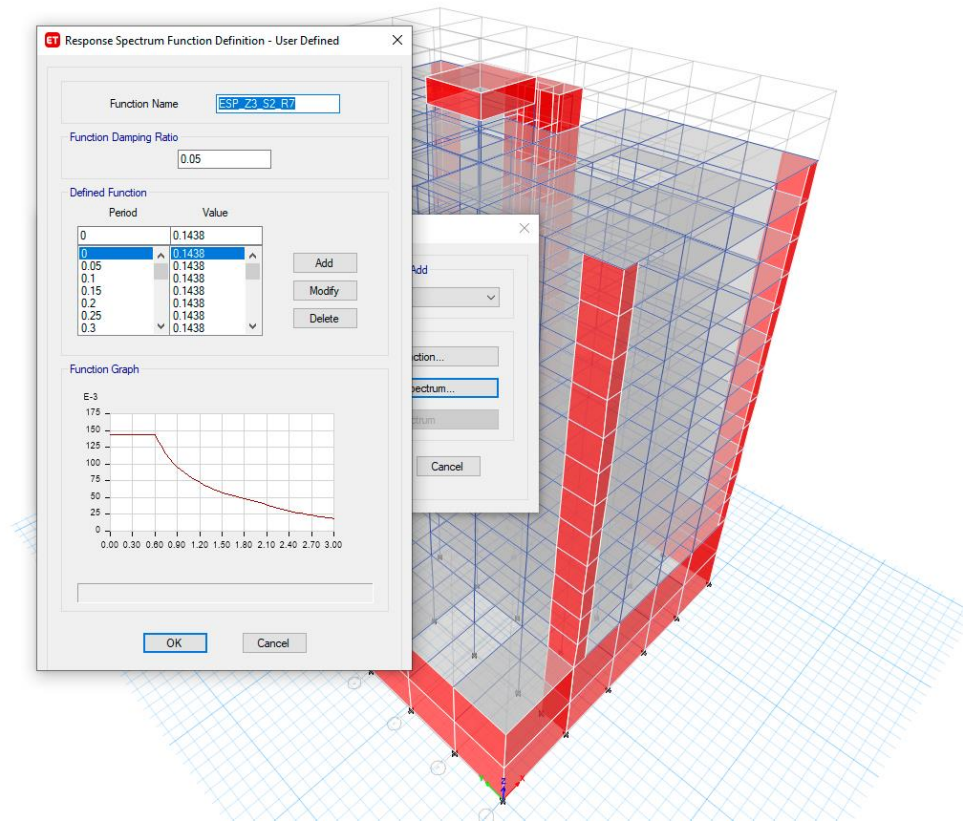
Masa de la estructura según la E.030



Para realizar el análisis modal espectral de la estructura, se procedió a generar el espectro para el análisis sísmico, considerando los parámetros normativos visualizados en el análisis normativo previo. La pseudoaceleración que se obtuvo es $S_a = 0.14g$. En la figura 16 se puede apreciar el incorporamiento del espectro elástico al modelo matemático para su análisis.

Figura 16

Carga del espectro para el análisis modal espectral



El espectro sísmico se utilizó para generar los casos de carga por sismo dinámico, considerando el 100% de la fuerza sísmica para la dirección principal de análisis XX, y el 30% de la fuerza sísmica para el análisis en la dirección secundaria YY. En el segundo caso de análisis las direcciones se invirtieron con la fuerza sísmica con el 100% en la dirección YY y 30% en la dirección XX.

De acuerdo a la norma E.030 el método de análisis recomendable, es el método por combinación cuadrática completa (CQC), por tanto, se procedió a seleccionar ese método para el análisis modal espectral y se añadió un 5% de excentricidad accidental según la norma E.030. En la figura 17 se aprecia la creación de un caso de carga con el espectro de respuesta.

Figura 17

Casos de carga para el análisis modal espectral

Load Case Data

General

Load Case Name: Sismo_dinamico_XX [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA CLINICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO_Z3_PU...	9806.65
Acceleration	U2	ESPECTRO_Z3_PI...	2942

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

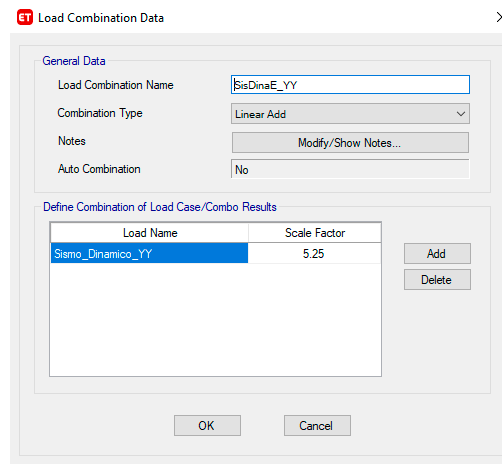
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Los resultados del análisis modal espectral dan como resultado las derivas elásticas, por lo que en el artículo 31 de la norma E.030 que se denomina “Determinación de desplazamientos laterales”, se menciona que los desplazamientos laterales se deben calcular multiplicando por $0.75 \cdot R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico. Por tanto, se generó una combinación para multiplicar estos resultados por el factor de reducción y 0.75. En la figura 18 se aprecia que en la celda “Factor de escala” se ingreso el factor de reducción $R=7$ del sistema estructural dual multiplicado por 0.75 para estructuras regulares.

Figura 18

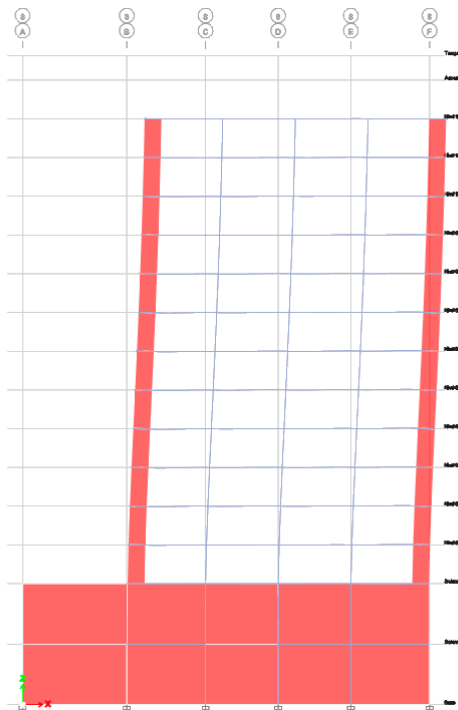
Factor de escala para resultados inelásticos



Finalmente, se procedió a realizar el análisis de la estructura para obtener las deformaciones elásticas de los entrepisos de la estructura como se aprecia en la figura 19.

Figura 19

Modelo matemático en modo análisis



4.1.5 Resultados del Análisis modal espectral

Periodos

Mediante el análisis preliminar se determinó los resultados de la estructura con un análisis convencional por espectro, aspecto que permitió determinar los periodos por casos modales, la participación de masa modal, las deformaciones elásticas, aceleraciones y cortantes.

El primer resultado del análisis fue el periodo de la edificación, obteniendo un periodo fundamental de vibración de $T = 1.408 s$ como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 10

Periodo fundamental de la estructura

Caso	Modo	Periodo	Frecuencia
		sec	cyc/sec
Modal	1	1.408	0.71
Modal	2	1.253	0.798
Modal	3	1.092	0.916
Modal	4	0.41	2.441
Modal	5	0.356	2.812
Modal	6	0.286	3.5
Modal	7	0.207	4.825
Modal	8	0.177	5.651
Modal	9	0.149	6.729
Modal	10	0.148	6.765
Modal	11	0.13	7.715
Modal	12	0.12	8.357
Modal	13	0.103	9.734
Modal	14	0.097	10.279
Modal	15	0.088	11.332
Modal	16	0.085	11.699
Modal	17	0.071	14.015
Modal	18	0.071	14.016
Modal	19	0.065	15.383
Modal	20	0.057	17.554
Modal	21	0.056	17.971
Modal	22	0.051	19.623
Modal	23	0.047	21.462
Modal	24	0.046	21.79

Porcentaje de participación modal

Respecto a la participación de masa en el análisis, la norma E.030 considera que, en cada dirección de análisis, el porcentaje de masa participativa en el análisis supere el 90% de la masa total de la estructura. En este aspecto se aprecia en la tabla 11 que la participación modal de masas supere lo establecido en la norma E.030.

En la tabla 11 se aprecia que en la dirección de análisis XX se llegó al 97.95% y en la dirección YY se llegó al 97.5% para los 24 casos modales configurados para realizar el análisis.

Tabla 11

Participación de masas en el análisis

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Mode	Period	SumUX	SumUY
	sec		
1	1.408	0.5516	0.00001268
2	1.253	0.5516	0.2848
3	1.092	0.5517	0.5384
4	0.41	0.6493	0.5384
5	0.356	0.6493	0.5781
6	0.286	0.6493	0.6654
7	0.207	0.7	0.6654
8	0.177	0.7	0.6854
9	0.149	0.7	0.6905
10	0.148	0.7157	0.6905
11	0.13	0.7157	0.744
12	0.12	0.7683	0.744
13	0.103	0.7683	0.7521
14	0.097	0.7683	0.7555
15	0.088	0.8741	0.7555
16	0.085	0.8741	0.832
17	0.071	0.8776	0.864
18	0.071	0.954	0.8656
19	0.065	0.954	0.9373
20	0.057	0.9732	0.9373
21	0.056	0.9732	0.9587
22	0.051	0.9732	0.9716
23	0.047	0.9732	0.9751
24	0.046	0.9795	0.9751

Derivas in elásticas

Las derivas se calcularon considerando los desplazamientos laterales en el centro de masa. Para ello se consideró los resultados en el rango inelástico con el $R \cdot 0.75$, donde $R=7$. En la tabla 12 se aprecian los resultados del análisis modal espectral de las derivas en la dirección XX.

Tabla 12

Derivas en la dirección XX

Derivas en el centro de masa. Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	Altura mm	Desplaza- miento Relativo mm	Distorsión
Nivel 12	SisDinaE_XX	217.006	49.098	3200	11.245	0.0035
Nivel 11	SisDinaE_XX	205.761	45.658	3200	13.088	0.0041
Nivel 10	SisDinaE_XX	192.673	41.973	3200	15.166	0.0047
Nivel 09	SisDinaE_XX	177.507	38.096	3200	17.123	0.0054
Nivel 08	SisDinaE_XX	160.384	33.851	3200	19.059	0.0060
Nivel 07	SisDinaE_XX	141.325	29.371	3200	20.745	0.0065
Nivel 06	SisDinaE_XX	120.58	24.716	3200	22.052	0.0069
Nivel 05	SisDinaE_XX	98.528	19.972	3200	22.796	0.0071
Nivel 04	SisDinaE_XX	75.732	15.25	3200	22.715	0.0071
Nivel 03	SisDinaE_XX	53.017	10.694	3200	21.329	0.0067
Nivel 02	SisDinaE_XX	31.688	6.507	3200	18.145	0.0057
Nivel 01	SisDinaE_XX	13.543	2.965	3200	10.840	0.0034

El desplazamiento obtenido fue de $d = 217 \text{ mm}$ en el ultimo nivel, respecto a las derivas se aprecia que la máxima deformación lateral se genera en el cuarto y quinto nivel de la estructura con un valor de $\delta = 0.0071$ que no cumple con lo requerido en la norma E.030.

$$\delta = 0.0071 > 0.007$$

En la tabla 13 se aprecian los resultados de desplazamientos y derivas en la dirección YY de la estructura. El desplazamiento obtenido fue de $d = 144 \text{ mm}$ en el último nivel. También se puede apreciar que la máxima deformación lateral se genera en los niveles 5,6 y 7 siendo la máxima deriva $\delta = 0.0046$ valores que si cumplen con lo estipulado en la norma E.030 respecto a la deformación lateral.

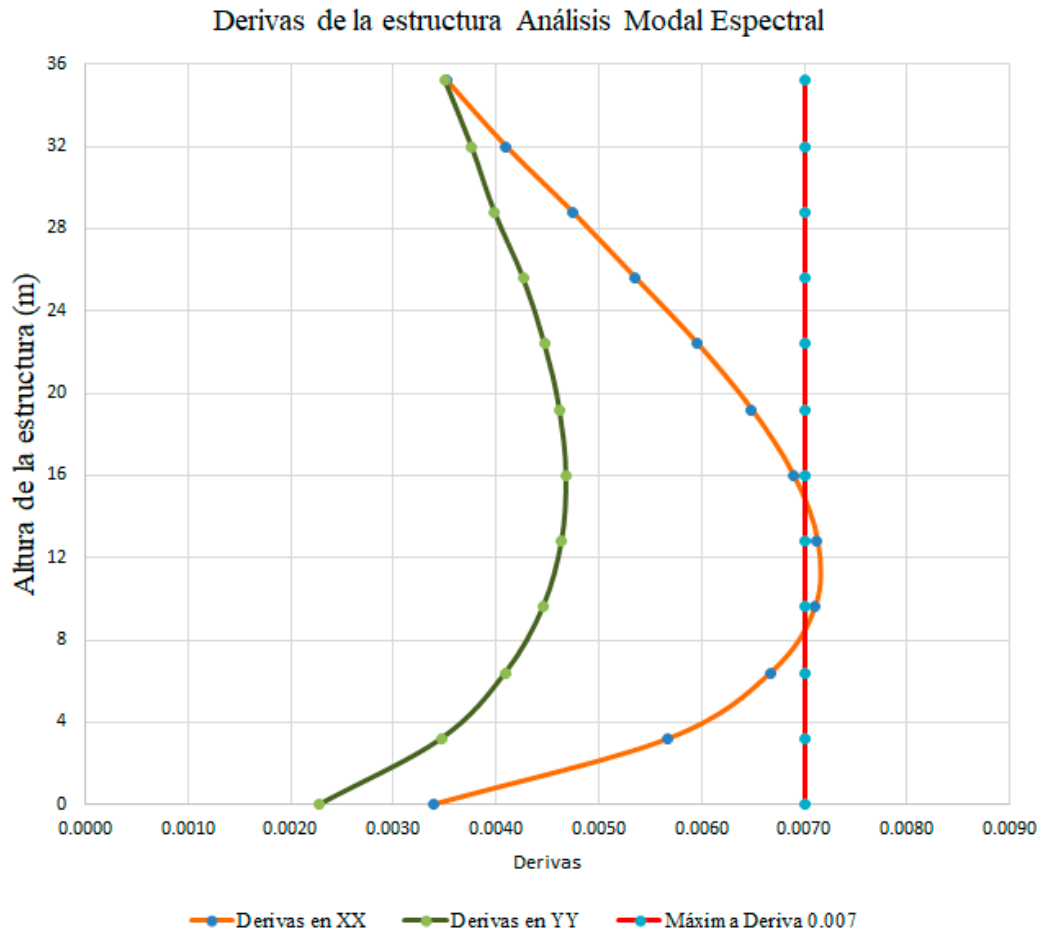
Tabla 13*Derivas en la dirección YY*

Derivas en el centro de masa. Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	SisDinaE_YY	65.115	156.349	3200	11.193	0.0035
Nivel 11	SisDinaE_YY	61.765	145.156	3200	12.024	0.0038
Nivel 10	SisDinaE_YY	57.838	133.132	3200	12.739	0.0040
Nivel 09	SisDinaE_YY	53.262	120.393	3200	13.634	0.0043
Nivel 08	SisDinaE_YY	48.124	106.759	3200	14.297	0.0045
Nivel 07	SisDinaE_YY	42.405	92.462	3200	14.765	0.0046
Nivel 06	SisDinaE_YY	36.18	77.697	3200	14.969	0.0047
Nivel 05	SisDinaE_YY	29.564	62.728	3200	14.831	0.0046
Nivel 04	SisDinaE_YY	22.723	47.897	3200	14.254	0.0045
Nivel 03	SisDinaE_YY	15.908	33.643	3200	13.078	0.0041
Nivel 02	SisDinaE_YY	9.508	20.565	3200	11.088	0.0035
Nivel 01	SisDinaE_YY	4.064	9.477	3200	7.285	0.0023

En la figura 20 se aprecia con mayor claridad que las derivas en la dirección XX no cumplen con la deriva permisible en la norma E.030.

Figura 20

Derivas en XX – YY con el análisis modal espectral



Con estos resultados se puede señalar que la estructura necesita de la incorporación de los dispositivos de fluido viscoso para disminuir las deformaciones laterales mediante la incorporación de amortiguamiento, debido a que no cumple con la deformación lateral permisible en la norma E.030.

4.2 Amortiguamiento requerido según ASCE

Villareal y Diaz La Rosa (2016) mencionan dentro de las recomendaciones para el diseño que las estructuras con sistemas de disipación de acuerdo al código ASCE requieren de procedimientos de análisis no lineales como el Análisis de respuesta No -Lineal Tiempo-Historia. Asimismo, en la norma ASCE/SEI 7-16 “*Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and other Structures*” en el capítulo 18 que

lleva como título: “*Seismic Design Requirements for Structures with Damping Systems*” que traducido significa “Requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de amortiguamiento” recomienda algunos criterios que debe de considerarse para el análisis y diseño de estructuras amortiguadas.

En este aspecto para determinar la deriva objetivo que debe cumplir la estructura frente a un análisis de tipo tiempo historia, se debe considerar eventos sísmicos reales escalados a un espectro de diseño con un factor de reducción $R=1$ (Villareal y Diaz La Rosa, 2016).

Dentro de los criterios la norma ASCE/SEI 7-16 menciona en el Art. 18.2.1.1 que la estructura que tiene un sistema de amortiguamiento debe tener un sistema resistente a fuerzas sísmicas en cada dirección lateral, y estos elementos deben satisfacer la cortante mínima para procedimientos de análisis no lineal tiempo historia, así como para un análisis por espectro.

Se debe señalar que la deriva objetivo se puede proponer para un desempeño o funcionalidad establecida para la estructura, y con ello se debe determinar el porcentaje de amortiguamiento crítico necesario en la estructura para lograr esta deriva propuesta. El amortiguamiento ζ requerido lo aporta cada dispositivo, por tanto, se debe calcular el valor de este amortiguamiento efectivo. Respecto a la rigidez del dispositivo, este valor se calcula mediante la sección del brazo metálico, la longitud del brazo y el módulo de elasticidad del acero. Se debe señalar que el aporte de rigidez del dispositivo en la estructura es mínimo, por tanto, no tiene influencia notoria en los desplazamientos y derivas.

4.2.1 Análisis tiempo historia

En el Artículo 30 de la norma E.030 que lleva como título “Análisis Dinámico Tiempo Historia”, se describe los criterios para el análisis tiempo-historia, en este ítem de la norma se señala que se debe elegir eventos sísmicos con sus dos componentes EW y NS, que deben ser escalados a un espectro de escalamiento en un rango que oscila entre $0.2 T$ y $1.5 T$, se debe señalar que T es el periodo fundamental de la estructura en análisis. Por tanto, se tiene que el rango de escalamiento oscila entre los siguientes parámetros:

$$0.2 T = 0.2 * 1.408 = 0.2816$$

$$1.5 T = 1.5 * 1.408 = 2.112$$

El espectro de escalamiento obtenido, se elaboró con el espectro elástico de diseño (sismo severo) considerando el factor de reducción R=1 para un SMC. En la tabla 14 se aprecia el espectro de escalamiento para un sismo máximo considerado (SMC) en unidades de g.

Tabla 14

Espectro de escalamiento con R=1

T	Sa	T	Sa
0.00	1.509375	1.50	0.4025
0.05	1.509375	1.55	0.38951613
0.10	1.509375	1.60	0.37734375
0.15	1.509375	1.65	0.36590909
0.20	1.509375	1.70	0.35514706
0.25	1.509375	1.75	0.345
0.30	1.509375	1.80	0.33541667
0.35	1.509375	1.85	0.32635135
0.40	1.509375	1.90	0.31776316
0.45	1.34166667	1.95	0.30961538
0.50	1.2075	2.00	0.301875
0.55	1.09772727	2.05	0.2945122
0.60	1.00625	2.10	0.2875
0.65	0.92884615	2.15	0.28081395
0.70	0.8625	2.20	0.27443182
0.75	0.805	2.25	0.26833333
0.80	0.7546875	2.30	0.2625
0.85	0.71029412	2.35	0.25691489
0.90	0.67083333	2.40	0.2515625
0.95	0.63552632	2.45	0.24642857
1.00	0.60375	2.50	0.2415
1.05	0.575	2.55	0.23212226
1.10	0.54886364	2.60	0.22328033
1.15	0.525	2.65	0.21493414
1.20	0.503125	2.70	0.20704733
1.25	0.483	2.75	0.19958678
1.30	0.46442308	2.80	0.19252232
1.35	0.44722222	2.85	0.18582641
1.40	0.43125	2.90	0.17947384
1.45	0.41637931	2.95	0.17344154
		3.00	0.16770833

En la figura 21 se aprecia el espectro de escalamiento con la curva roja con una pseudoaceleración equivalente a $S_a=1.51$ g.

Figura 21

Espectro elástico y espectro de escalamiento con $R=1$



4.2.2 Descripción de los Sismos seleccionados

Para el análisis de tiempo historia se seleccionó tres eventos sísmicos ocurridos en el Perú: Sismo de Lima de 1966, el Sismo de Arequipa del 2001 y el Sismo de Ica del 2007. A continuación, se describe las características principales:

Sismo de Lima de 1996

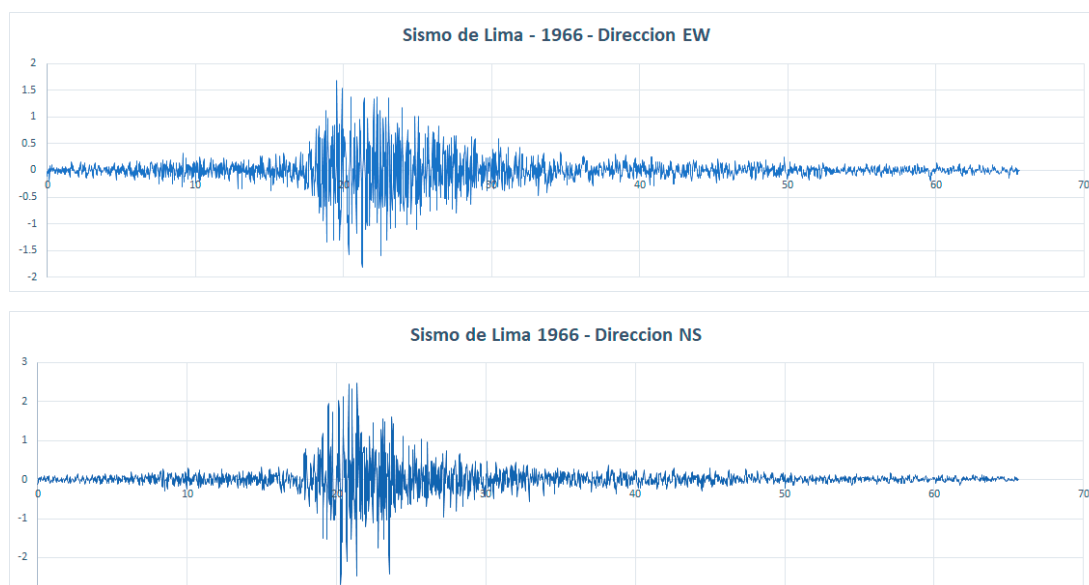
Fue un evento sísmico ocurrido en la capital en el 17 de octubre de 1966, con una Magnitud de 8.1 Mw en la escala de Richter, con aceleraciones máximas de 180.56 cm/s² en la dirección Este – Oeste (EW) y 268 cm/s² en la dirección Norte Sur (NS).

La profundidad del evento sísmico fue de 25 km a la superficie, el sismo fue registrado por la estación del Parque de la Reserva con un intervalo de tiempo de 0.02 s. logrando 3283 datos de aceleración. En la figura 22 se

aprecia los acelerogramas del sismo de Lima de 1966 con sus dos componentes EW y NS.

Figura 22

Componentes EW Y NS del sismo de Lima 1966



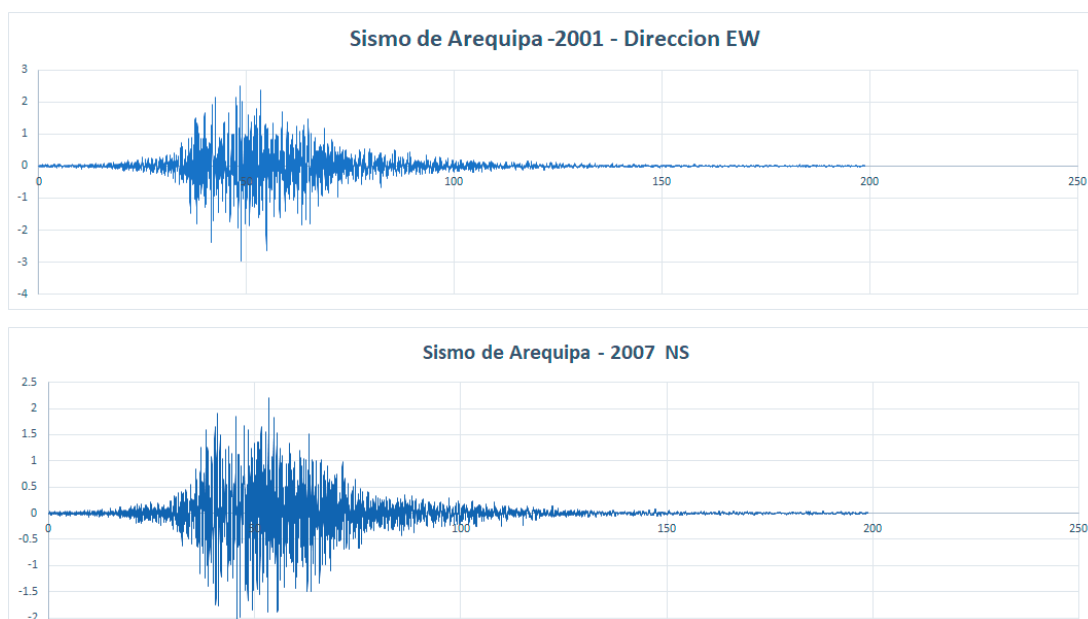
Sismo de Arequipa del 2001

El evento sísmico conocido como sismo de Arequipa, fue un evento sísmico ocurrido el 23 de Junio del 2001 en la localidad de Ocoña en la provincia de Camaná afectando a los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna en Perú y Arica y Tarapacá en Chile. El sismo se produjo con una Magnitud de 6.9 Mb en la escala de Richter, con aceleraciones máximas de 295.15 cm/s² en la dirección Este – Oeste (EW) y 219.19 cm/s² en la dirección Norte Sur (NS).

La profundidad del evento sísmico fue de 33 km a la superficie, el sismo fue registrado por la estación MOQ001 - Rolando Catacora Sports Complex – Región Moquegua, Mariscal Nieto. Con un intervalo de tiempo de 0.01 s. logrando 19892 datos de aceleración. En la figura 23 se aprecia los acelerogramas del sismo de Arequipa de 2001 con sus dos componentes EW y NS.

Figura 23

Componentes EW Y NS del sismo de Arequipa 2001



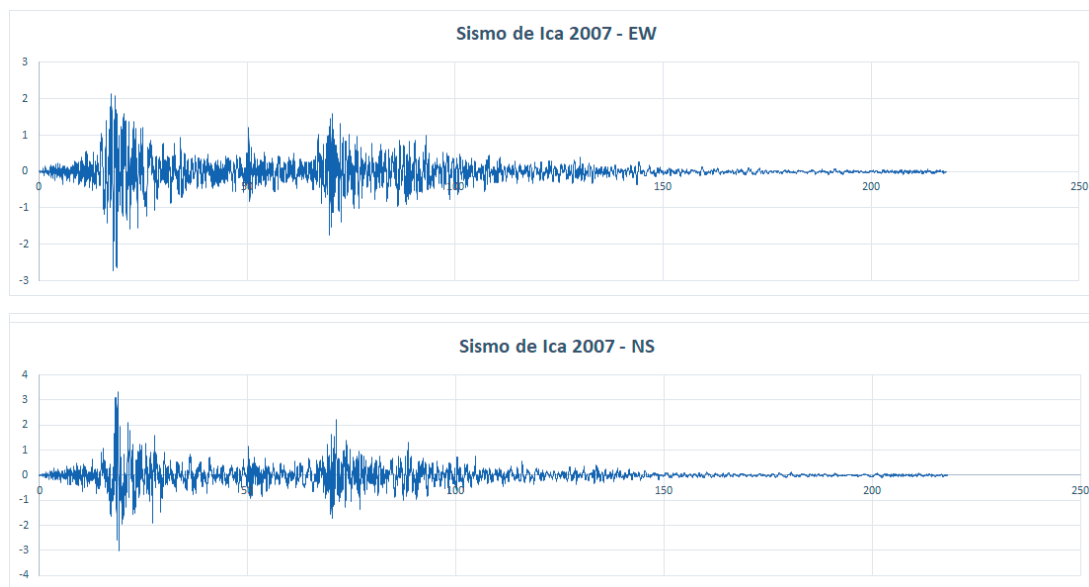
Sismo de Ica del 2007

El evento sísmico de Ica también conocido como Sismo de Pisco, fue un evento sísmico ocurrido el 15 de Agosto del 2007 a 60 km al Oeste de la localidad de Pisco en la región de Ica. El sismo se produjo con una Magnitud de 7.0 ML en la escala de Richter y 7.9Mw en la escala Momento. Produjo aceleraciones máximas de 272.82 cm/s² en la dirección Este – Oeste (EW) y 333.66 cm/s² en la dirección Norte Sur (NS).

La profundidad del evento sísmico fue de 40 km a la superficie, el sismo fue registrado por la estación UNICA-ICA002 – de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica, Región Ica. El sismo se registró con un intervalo de tiempo de 0.01 s. logrando registrar 21807 datos de aceleración. En la figura 24 se aprecia los acelerogramas del sismo de Ica 2007 con sus dos componentes EW y NS.

Figura 24

Componentes EW Y NS del sismo de Ica 2007



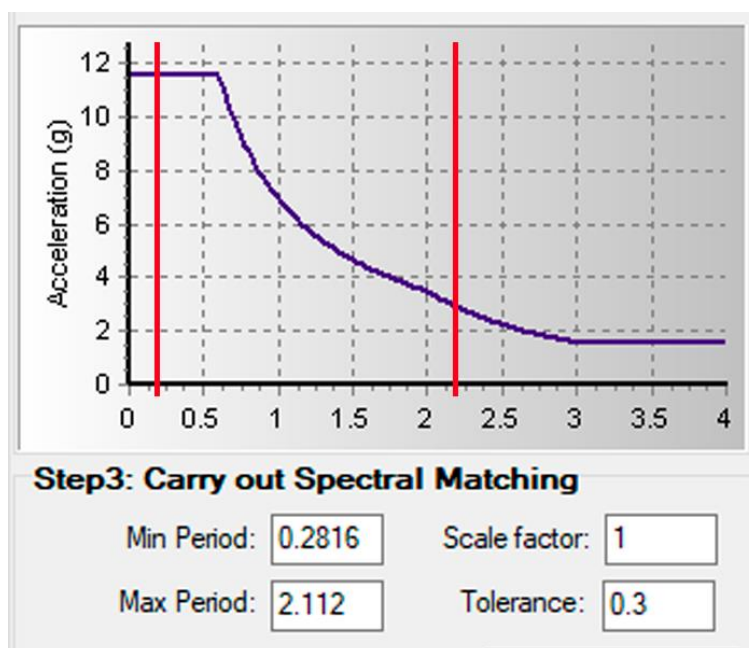
4.2.3 Proceso de escalamiento

Después de haber seleccionado los eventos sísmicos para el análisis tiempo historia, se procedió a realizar el proceso de escalamiento. Los eventos sísmicos se separaron en sus componentes Este-Oeste (EW) y Norte Sur (NS) generando dos acelerogramas para los análisis correspondientes.

Para el proceso de escalamiento se utilizó el Software SesimoMatch, procediendo a ingresar el espectro de escalamiento generado con el espectro elástico para el análisis modal espectral. El rango de escalamiento se determinó considerando el periodo fundamental de la estructura $T = 1.408$ y que de acuerdo a la norma E.030 debe servir para establecer un rango de emparejamiento, se obtuvo $0.2 T = 0.2816$ como parámetro mínimo y $1.5 T = 1.5 = 2.112$ como parámetro máximo. En la figura 25 se aprecia la incorporación del espectro de escalamiento y rango de escalamiento al SeismoMatch para escalar los sismos seleccionados.

Figura 25

Espectro de escalamiento en Seismomatch



Escalamiento del sismo de Lima de 1966

En la Tabla 15 se aprecian los resultados numéricos del proceso de escalamiento de los componentes del sismo de Lima de 1966.

Tabla 15

Resultados comparativos Sismo de Lima de 1966

Sismo de Lima 1966	Registro EW		Registro NS	
	Registro Original	Escalado	Registro Original	Escalado
	EW	EW	NS	NS
Max Aceleración (g)	1.75422	4.7088	2.67848	5.34808
Max Velocity (cm/sec)	93.94429	562.4654	166.81621	466.70895
Max Displacement (cm)	82.43326	107.49198	99.49936	110.356
Vmax/Amx (sec)	0.05459	0.12176	0.06349	0.08896
Acceleration RMS (g)	0.24869	0.46361	0.29728	0.47422
Velocity RMS (cm/sec)	18.07515	60.05185	22.68158	54.72631
Displacement RMS (cm)	44.95589	23.26507	55.79438	23.75996

Se puede apreciar que la aceleración se incrementó en el caso Lima 1966 – EW de 0.1789g hasta 0.482 g. Mientras que en el caso Lima 1966 – NS el incremento fue de 0.2731g hasta 0.5454g

En la figura 26 y 27 se observan los dos componentes escalados, las aceleraciones en color morado representan a los componentes originales, mientras que las curvas en color verde representan al sismo escalado.

Figura 26

Sismo original y escalado - Lima 1966 - EW

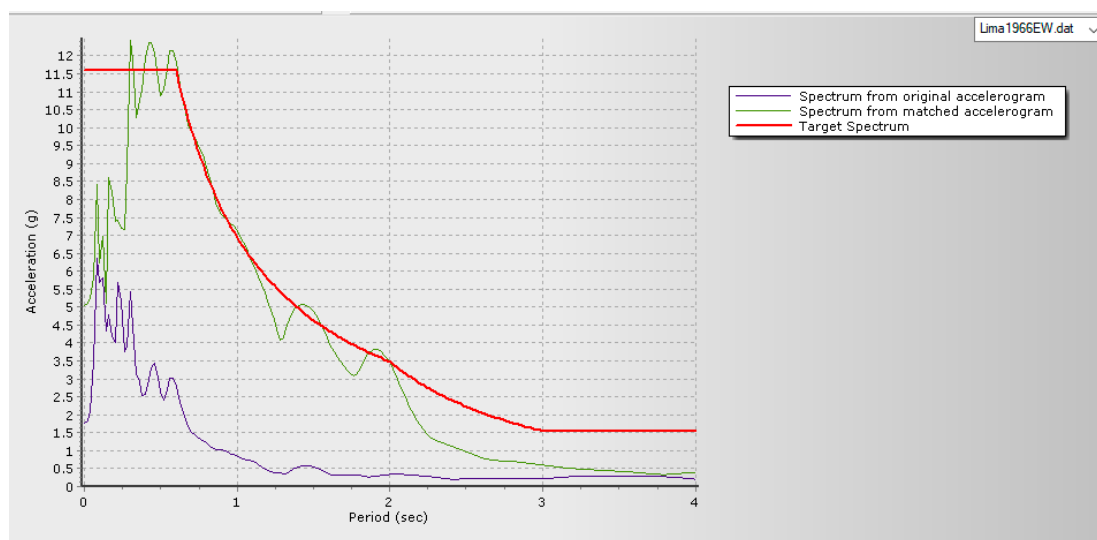
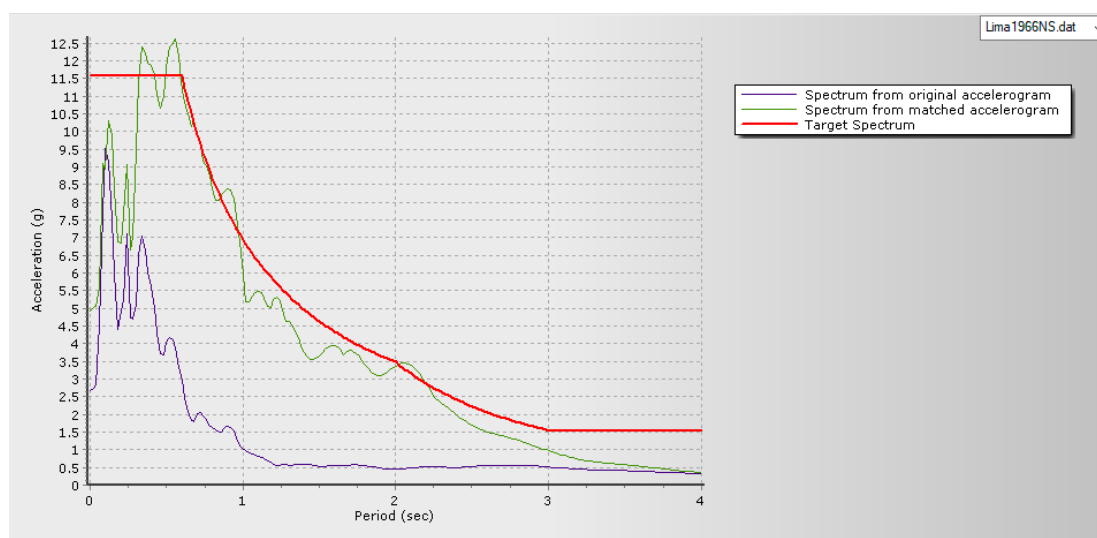


Figura 27

Sismo original y escalado - Lima 1966 - NS



Escalamiento del sismo de Arequipa de 2001

En la Tabla 16 se aprecian los resultados numéricos del proceso de escalamiento de los componentes del sismo de Arequipa 2001 a un SMC.

Tabla 16

Resultados comparativos Sismo de Arequipa 2001

Sismo Arequipa 2001	Registro EW		Registro NS	
	Registro Original	Escalado	Registro Original	Escalado
	EW	EW	NS	NS
Max Aceleración (g)	2.88589	3.69946	2.30601	3.62924
Max Velocity (cm/sec)	220.054	285.51395	291.05583	457.89601
Max Displacement (cm)	46.51554	65.44086	77.34308	120.37361
Vmax/Amx (sec)	0.07773	0.07867	0.12866	0.12861
Acceleration RMS (g)	0.29889	0.38346	0.27855	0.35341
Velocity RMS (cm/sec)	31.60457	42.20228	30.48265	42.70959
Displacement RMS (cm)	8.31279	10.48861	10.47987	12.8281

Se puede apreciar que la aceleración se incrementó en el caso Arequipa 2001 – EW de 0.2943g hasta 0.3773g. Mientras que en el caso Arequipa – NS el incremento fue de 0.2352g hasta 0.3701g. En la figura 28 y 29 se observan los dos componentes escalados a un SMC.

Figura 28

Sismo original y escalado – Arequipa 2001 - EW

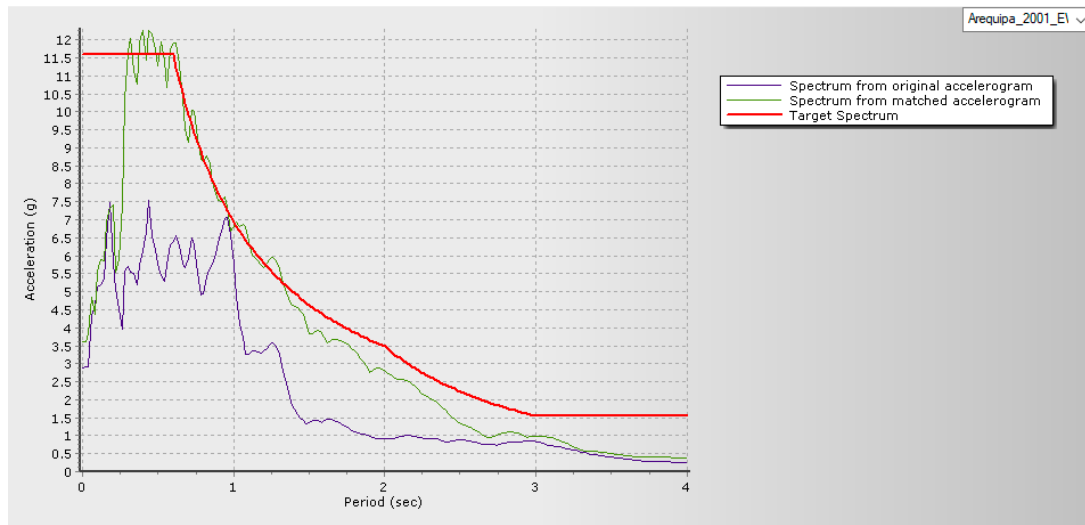
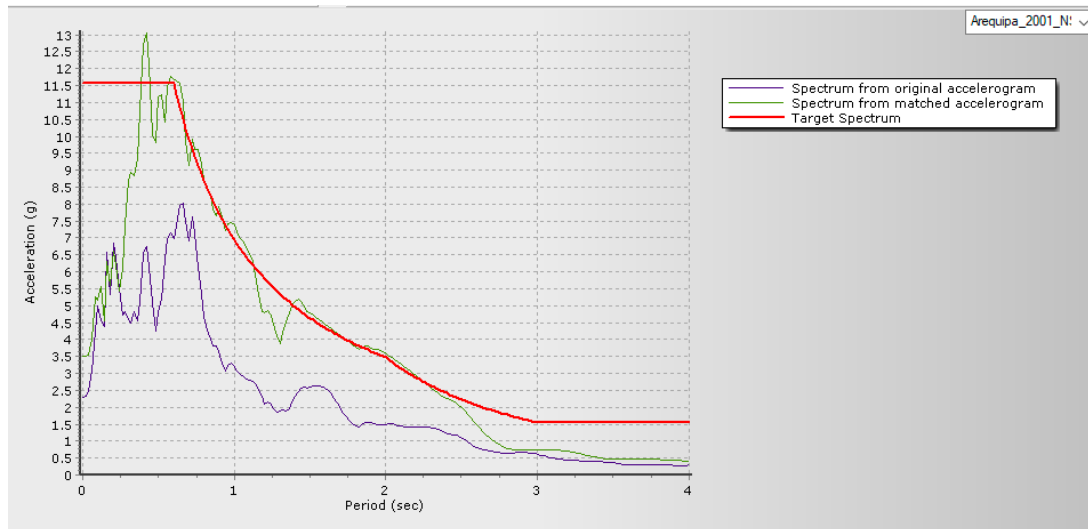


Figura 29

Sismo original y escalado – Arequipa 2001 - NS



Escalamiento del sismo de Ica del 2007

En la Tabla 17 se aprecian los resultados numéricos del proceso de escalamiento de los componentes del sismo de Ica 2007 a un SMC.

Tabla 17

Resultados comparativos Sismo de Ica 2007

Sismo de Ica 2007	Registro EW		Registro NS	
	Registro Original	Escalado	Registro Original	Escalado
	EW	EW	NS	NS
Max Aceleración (g)	2.91971	4.29912	3.64508	3.54151
Max Velocity (cm/sec)	346.187	472.03845	598.56824	669.88081
Max Displacement (cm)	120.03045	106.07361	232.77637	238.68938
Vmax/Amx (sec)	0.12087	0.11193	0.16739	0.19281
Acceleration RMS (g)	0.29525	0.32978	0.32559	0.35231
Velocity RMS (cm/sec)	52.28517	53.27196	75.85213	78.40598
Displacement RMS (cm)	22.35521	22.23854	35.87903	36.17798

Se puede apreciar que mediante el proceso de escalamiento la aceleración se incrementó en el caso Ica 2007 – EW de 0.2977g hasta 0.4384g. Mientras que en el caso Ica 2007 – NS la aceleración se emparejo

al espectro de escalamiento bajando de 0.3717g hasta 0.3612g. En la figura 30 y 31 se aprecian los escalamientos de Ica 2007 y sus componentes EW y NS.

Figura 30

Sismo original y escalado – Ica 2007 - EW

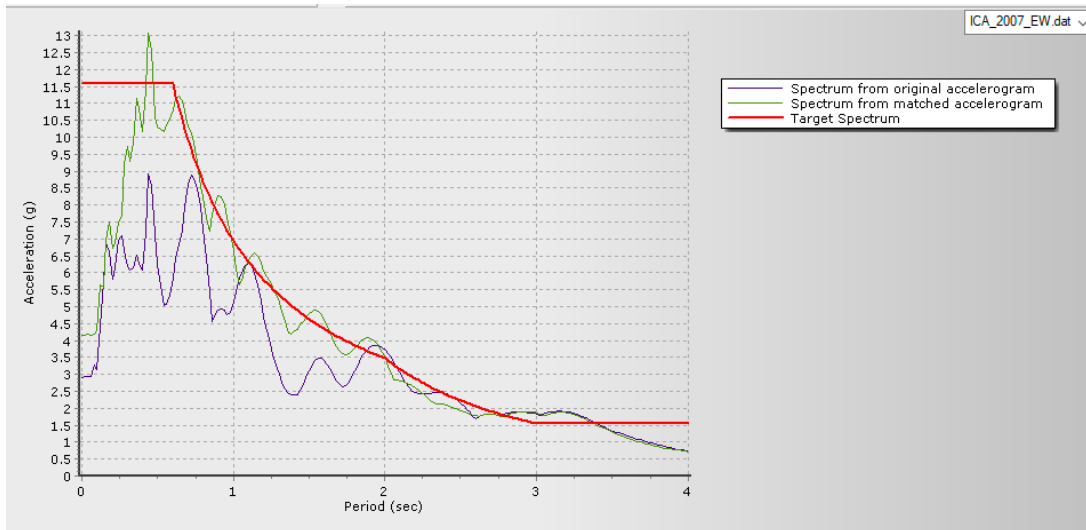
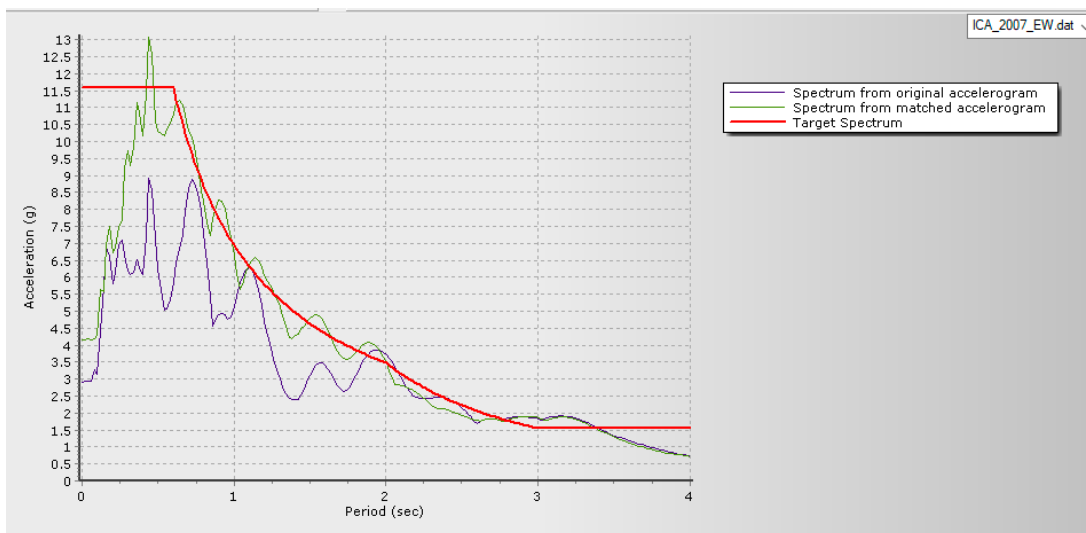


Figura 31

Sismo original y escalado – Ica 2007 - NS

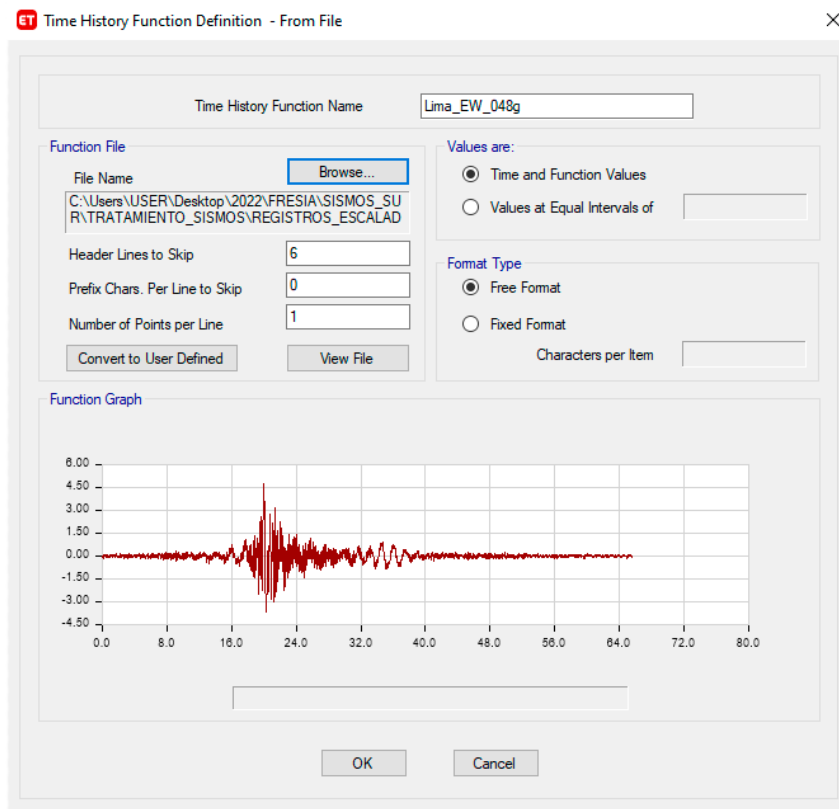


4.2.4 Casos de carga en los modelos

Los sismos escalados se procedieron a cargar en cada modelo. En la siguiente imagen se aprecia la incorporación del caso sísmico de Lima 1966 en la dirección EW.

Figura 32

Carga del Sismo de Lima escalado, componente EW



Considerando que cada sismo tiene dos componentes y cada componente puede ser aplicado en la dirección XX y dirección YY de la estructura, se tiene cuatro casos de carga por evento sísmico. En la figura 33 se aprecia la generación del caso de carga Lima 1966 - componente NS en la dirección YY de la estructura.

Los casos de carga fueron generados como aceleraciones, con la función sísmica elegida. Se puede apreciar además que se incorporó el número de registros del sismo y el intervalo de tiempo o frecuencia con el cual

se registró el evento. El método de análisis fue seleccionado como: Análisis modal no lineal.

Figura 33

Casos de carga para el análisis Tiempo Historia

Load Case Data

General

Load Case Name: S_Lima_1966_NS_YY [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History | Nonlinear Modal (FNA) [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA MULTIFAMILIAR)

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Lima_NS_054g	1
Acceleration	U1	Lima_NS_054g	0.3

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 3276

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

4.2.5 Resultados del Análisis tiempo historia

Resultados del sismo de Lima de 1996

Considerando que cada sismo tiene dos componentes y se realiza el análisis en las dos direcciones de la estructura, se obtuvo cuatro tablas por evento sísmico. En la tabla 18 y 19 se aprecian los resultados del componente Este-Oeste (EW) del sismo de Lima de 1966. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0099$ en el quinto nivel de la estructura en la dirección XX para el componente EW, en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0065$ en el quinto nivel.

Tabla 18*Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección XX*

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm		mm	
Nivel 12	S_Lima_66_EW_XX	295.99	65.95	3200	14.83	0.0046
Nivel 11	S_Lima_66_EW_XX	281.16	61.07	3200	17.43	0.0054
Nivel 10	S_Lima_66_EW_XX	263.74	55.78	3200	20.36	0.0064
Nivel 09	S_Lima_66_EW_XX	243.38	50.37	3200	23.45	0.0073
Nivel 08	S_Lima_66_EW_XX	219.93	44.74	3200	26.44	0.0083
Nivel 07	S_Lima_66_EW_XX	193.49	38.73	3200	28.94	0.0090
Nivel 06	S_Lima_66_EW_XX	164.54	32.68	3200	30.74	0.0096
Nivel 05	S_Lima_66_EW_XX	133.81	26.43	3200	31.58	0.0099
Nivel 04	S_Lima_66_EW_XX	102.22	20.16	3200	31.17	0.0097
Nivel 03	S_Lima_66_EW_XX	71.06	14.23	3200	28.93	0.0090
Nivel 02	S_Lima_66_EW_XX	42.13	8.74	3200	24.32	0.0076
Nivel 01	S_Lima_66_EW_XX	17.81	4.04	3200	14.48	0.0045

Tabla 19*Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección YY*

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm		mm	
Nivel 12	S_Lima_66_EW_YY	87.62	218.56	3200	16.20	0.0051
Nivel 11	S_Lima_66_EW_YY	83.38	202.36	3200	17.54	0.0055
Nivel 10	S_Lima_66_EW_YY	78.26	184.82	3200	18.04	0.0056
Nivel 09	S_Lima_66_EW_YY	72.08	166.78	3200	18.64	0.0058
Nivel 08	S_Lima_66_EW_YY	65.14	148.14	3200	19.86	0.0062
Nivel 07	S_Lima_66_EW_YY	57.31	128.28	3200	20.04	0.0063
Nivel 06	S_Lima_66_EW_YY	48.74	108.24	3200	20.67	0.0065
Nivel 05	S_Lima_66_EW_YY	39.63	87.57	3200	20.74	0.0065
Nivel 04	S_Lima_66_EW_YY	30.28	66.83	3200	19.66	0.0061
Nivel 03	S_Lima_66_EW_YY	21.05	47.17	3200	18.21	0.0057
Nivel 02	S_Lima_66_EW_YY	12.48	28.96	3200	15.59	0.0049
Nivel 01	S_Lima_66_EW_YY	5.28	13.37	3200	10.30	0.0032

En la tabla 20 y 21 se aprecian los resultados del componente Norte-Sur (NS) del sismo de Lima de 1966. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0062$ en el tercer nivel de la estructura en la dirección XX para el componente NS, en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0053$ en el quinto nivel.

Tabla 20

Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección XX

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm		mm	
Nivel 12	S_Lima_66_NS_XX	170.91	55.02	3200	9.95	0.0031
Nivel 11	S_Lima_66_NS_XX	160.96	50.61	3200	6.90	0.0022
Nivel 10	S_Lima_66_NS_XX	154.06	45.95	3200	9.13	0.0029
Nivel 09	S_Lima_66_NS_XX	144.92	41.23	3200	11.30	0.0035
Nivel 08	S_Lima_66_NS_XX	133.62	36.14	3200	13.32	0.0042
Nivel 07	S_Lima_66_NS_XX	120.30	31.16	3200	15.06	0.0047
Nivel 06	S_Lima_66_NS_XX	105.25	26.08	3200	16.66	0.0052
Nivel 05	S_Lima_66_NS_XX	88.59	21.02	3200	18.19	0.0057
Nivel 04	S_Lima_66_NS_XX	70.39	15.93	3200	19.65	0.0061
Nivel 03	S_Lima_66_NS_XX	50.74	11.13	3200	19.95	0.0062
Nivel 02	S_Lima_66_NS_XX	30.79	6.84	3200	17.79	0.0056
Nivel 01	S_Lima_66_NS_XX	13.01	3.25	3200	9.59	0.0030

Tabla 21

Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección YY

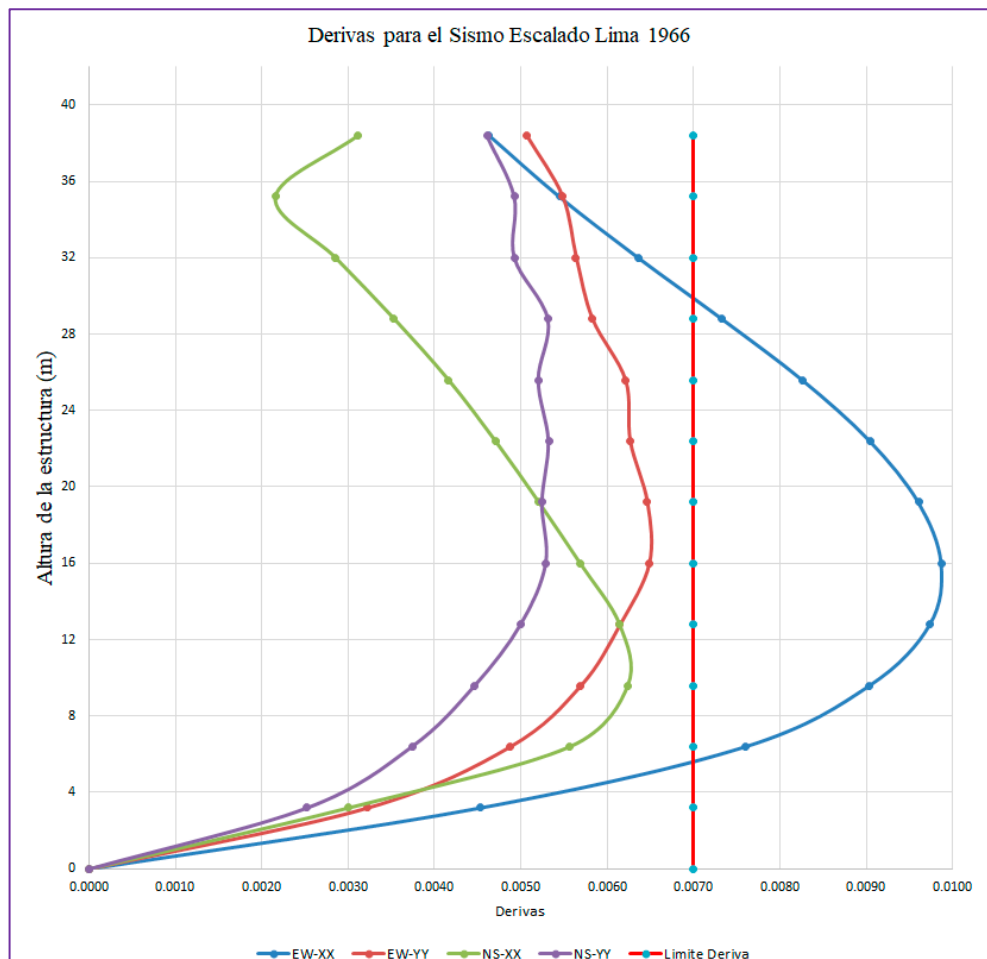
Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm		mm	
Nivel 12	S_Lima_66_NS_YY	50.84	183.77	3200	14.74	0.0046
Nivel 11	S_Lima_66_NS_YY	48.04	169.03	3200	15.77	0.0049
Nivel 10	S_Lima_66_NS_YY	46.00	153.26	3200	15.77	0.0049
Nivel 09	S_Lima_66_NS_YY	42.89	137.49	3200	17.01	0.0053
Nivel 08	S_Lima_66_NS_YY	39.56	120.48	3200	16.66	0.0052

Nivel 07	S_Lima_66_NS_YY	35.63	103.82	3200	17.03	0.0053
Nivel 06	S_Lima_66_NS_YY	31.17	86.79	3200	16.80	0.0052
Nivel 05	S_Lima_66_NS_YY	26.23	69.99	3200	16.94	0.0053
Nivel 04	S_Lima_66_NS_YY	20.85	53.06	3200	16.00	0.0050
Nivel 03	S_Lima_66_NS_YY	15.03	37.06	3200	14.30	0.0045
Nivel 02	S_Lima_66_NS_YY	9.13	22.76	3200	11.97	0.0037
Nivel 01	S_Lima_66_NS_YY	3.85	10.79	3200	8.07	0.0025

En la Figura 34 se aprecia las derivas de entrepiso de los cuatro casos de carga, se aprecia que en el primer caso Lima EW en la dirección XX se supera ampliamente la máxima deriva permisible de la norma E.030 equivalente a $\delta = 0.007$. En los demás casos de análisis la estructura tiene una respuesta elástica para las aceleraciones del sismo escalado a un SMC.

Figura 34

Derivas con sismo escalado de Lima 1966



Resultados del sismo de Arequipa de 2001

En la tabla 22 y 23 se aprecian los resultados del componente Este-Oeste (EW) del sismo de Arequipa del 2001. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0080$ en el sexto nivel de la estructura en la dirección XX para el componente EW, en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0064$ en el cuarto y quinto nivel de la estructura.

Tabla 22

Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección XX

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_EW_XX	247.752	63.656	3200	12.536	0.0039
Nivel 11	S_Aqp_2001_EW_XX	235.216	59.249	3200	14.765	0.0046
Nivel 10	S_Aqp_2001_EW_XX	220.451	54.517	3200	17.295	0.0054
Nivel 09	S_Aqp_2001_EW_XX	203.156	49.462	3200	19.725	0.0062
Nivel 08	S_Aqp_2001_EW_XX	183.431	43.991	3200	22.128	0.0069
Nivel 07	S_Aqp_2001_EW_XX	161.303	38.19	3200	24.208	0.0076
Nivel 06	S_Aqp_2001_EW_XX	137.095	32.153	3200	25.573	0.0080
Nivel 05	S_Aqp_2001_EW_XX	111.522	25.997	3200	26.142	0.0082
Nivel 04	S_Aqp_2001_EW_XX	85.38	19.872	3200	25.6	0.0080
Nivel 03	S_Aqp_2001_EW_XX	59.78	13.969	3200	23.992	0.0075
Nivel 02	S_Aqp_2001_EW_XX	35.788	8.557	3200	20.517	0.0064
Nivel 01	S_Aqp_2001_EW_XX	15.271	3.965	3200	12.327	0.0039

Tabla 23

Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección YY

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_EW_YY	73.577	212.108	3200	14.698	0.0046
Nivel 11	S_Aqp_2001_EW_YY	70.16	197.41	3200	15.894	0.0050
Nivel 10	S_Aqp_2001_EW_YY	65.78	181.516	3200	16.839	0.0053

Nivel 09	S_Aqp_2001_EW_YY	60.352	164.677	3200	18.208	0.0057
Nivel 08	S_Aqp_2001_EW_YY	54.5	146.469	3200	19.302	0.0060
Nivel 07	S_Aqp_2001_EW_YY	47.93	127.167	3200	20.085	0.0063
Nivel 06	S_Aqp_2001_EW_YY	40.757	107.082	3200	20.474	0.0064
Nivel 05	S_Aqp_2001_EW_YY	33.16	86.608	3200	20.379	0.0064
Nivel 04	S_Aqp_2001_EW_YY	25.412	66.229	3200	19.652	0.0061
Nivel 03	S_Aqp_2001_EW_YY	17.804	46.577	3200	18.063	0.0056
Nivel 02	S_Aqp_2001_EW_YY	10.667	28.514	3200	15.324	0.0048
Nivel 01	S_Aqp_2001_EW_YY	4.566	13.19	3200	10.172	0.0032

En la tabla 24 y 25 se aprecian los resultados del componente Norte-Sur (NS) del sismo de Arequipa del 2001. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0086$ en el cuarto y quinto nivel de la estructura en la dirección XX para el componente NS, en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0056$ en el quinto nivel.

Tabla 24

Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección XX

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_NS_XX	260.702	56.164	3200	13.422	0.0042
Nivel 11	S_Aqp_2001_NS_XX	247.28	52.106	3200	15.461	0.0048
Nivel 10	S_Aqp_2001_NS_XX	231.819	47.718	3200	17.777	0.0056
Nivel 09	S_Aqp_2001_NS_XX	214.042	43.044	3200	20.331	0.0064
Nivel 08	S_Aqp_2001_NS_XX	193.711	38.065	3200	22.54	0.0070
Nivel 07	S_Aqp_2001_NS_XX	171.171	32.854	3200	24.668	0.0077
Nivel 06	S_Aqp_2001_NS_XX	146.503	27.467	3200	26.599	0.0083
Nivel 05	S_Aqp_2001_NS_XX	119.904	22.025	3200	27.656	0.0086
Nivel 04	S_Aqp_2001_NS_XX	92.248	16.677	3200	27.678	0.0086
Nivel 03	S_Aqp_2001_NS_XX	64.57	11.606	3200	25.986	0.0081
Nivel 02	S_Aqp_2001_NS_XX	38.584	7.029	3200	22.115	0.0069
Nivel 01	S_Aqp_2001_NS_XX	16.469	3.202	3200	13.293	0.0042

Tabla 25*Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección YY*

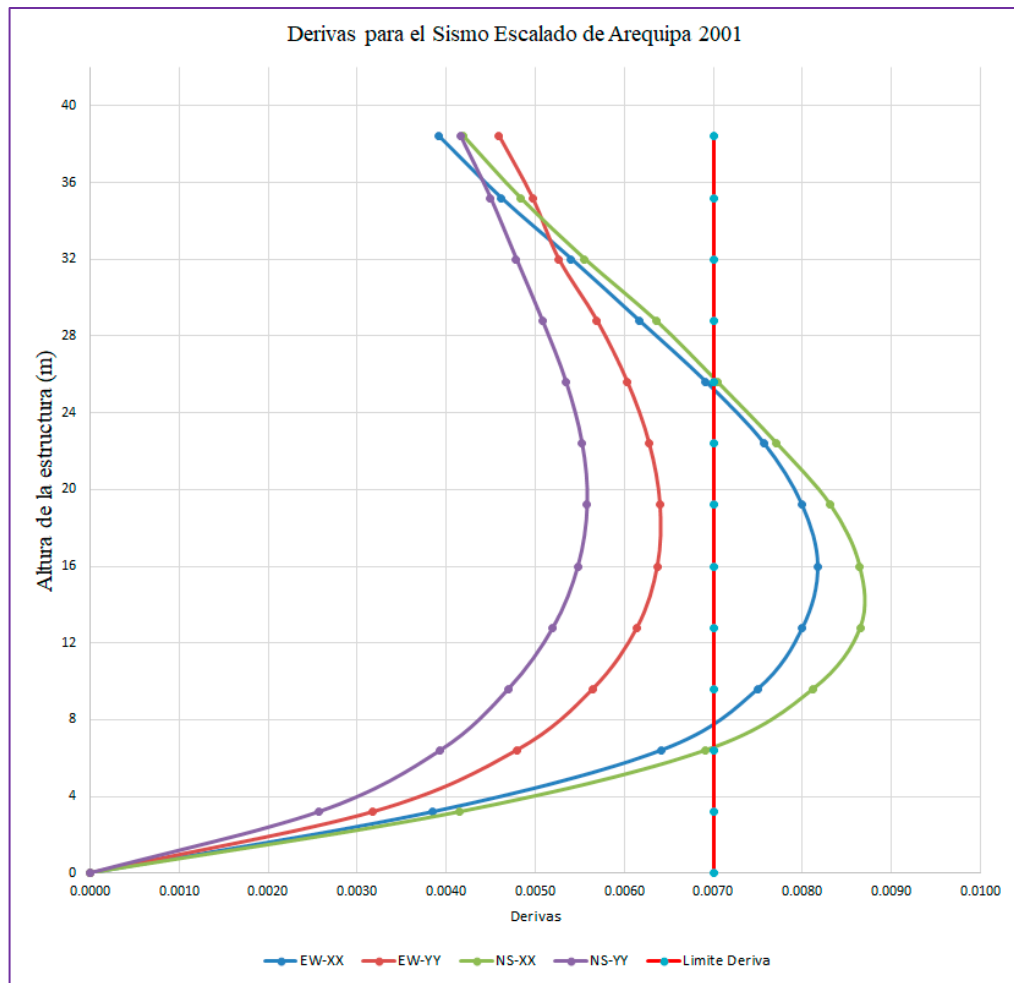
Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_NS_YY	77.854	184.191	3200	13.309	0.0042
Nivel 11	S_Aqp_2001_NS_YY	73.482	170.882	3200	14.383	0.0045
Nivel 10	S_Aqp_2001_NS_YY	68.896	156.499	3200	15.314	0.0048
Nivel 09	S_Aqp_2001_NS_YY	64.015	141.185	3200	16.248	0.0051
Nivel 08	S_Aqp_2001_NS_YY	57.967	124.937	3200	17.098	0.0053
Nivel 07	S_Aqp_2001_NS_YY	51.245	107.839	3200	17.675	0.0055
Nivel 06	S_Aqp_2001_NS_YY	43.875	90.164	3200	17.859	0.0056
Nivel 05	S_Aqp_2001_NS_YY	35.918	72.305	3200	17.525	0.0055
Nivel 04	S_Aqp_2001_NS_YY	27.634	54.78	3200	16.631	0.0052
Nivel 03	S_Aqp_2001_NS_YY	19.344	38.149	3200	15.03	0.0047
Nivel 02	S_Aqp_2001_NS_YY	11.564	23.119	3200	12.582	0.0039
Nivel 01	S_Aqp_2001_NS_YY	4.948	10.537	3200	8.224	0.0026

En la Figura 35 se aprecia las derivas de entrepiso de los cuatro casos de carga para el sismo de Arequipa 2001. Se puede observar que en el primer caso Arequipa EW en la dirección XX se supera ampliamente la máxima deriva permisible de la norma E.030 equivalente a $\delta = 0.007$. Igualmente en el caso de Arequipa NS en la dirección XX se supera la deriva permisible.

En los demás casos de análisis la estructura tiene una respuesta elástica para las aceleraciones del sismo escalado a un sismo máximo considerado.

Figura 35

Derivas con sismo escalado de Arequipa 2001



Resultados del sismo de Ica 2001

En las tablas del 26 y 28 se aprecia que los componentes EW y NS del sismo de Ica del 2007, generan derivas superiores a lo permitido en la dirección XX, pero en la dirección YY no se supera lo establecido en la norma. El caso desfavorable por tanto es en la dirección XX llegando a $\delta = 0.0095$ en el quinto nivel de la estructura en la dirección XX para el componente EW. Mientras que en la dirección XX se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0095$ en el octavo y noveno nivel de la estructura.

En la tabla 27 y 29 se aprecian las derivas en la dirección YY con un máximo de $\delta = 0.0068$ para el caso EW.

Tabla 26*Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección XX*

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_EW_XX	291.188	70.045	3200	15.822	0.0049
Nivel 11	S_Ica_2007_EW_XX	275.366	64.635	3200	18.296	0.0057
Nivel 10	S_Ica_2007_EW_XX	257.07	58.944	3200	21.315	0.0067
Nivel 09	S_Ica_2007_EW_XX	235.755	53.286	3200	24.042	0.0075
Nivel 08	S_Ica_2007_EW_XX	211.713	47.633	3200	26.779	0.0084
Nivel 07	S_Ica_2007_EW_XX	184.934	41.753	3200	28.784	0.0090
Nivel 06	S_Ica_2007_EW_XX	156.15	35.556	3200	30.16	0.0094
Nivel 05	S_Ica_2007_EW_XX	125.99	29.094	3200	30.48	0.0095
Nivel 04	S_Ica_2007_EW_XX	95.51	22.501	3200	29.605	0.0093
Nivel 03	S_Ica_2007_EW_XX	65.905	15.995	3200	27.124	0.0085
Nivel 02	S_Ica_2007_EW_XX	38.781	9.904	3200	22.295	0.0070
Nivel 01	S_Ica_2007_EW_XX	16.486	4.645	3200	13.163	0.0041

Tabla 27*Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección YY*

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_EW_YY	85.978	231.741	3200	17.78	0.0056
Nivel 11	S_Ica_2007_EW_YY	81.521	213.961	3200	18.666	0.0058
Nivel 10	S_Ica_2007_EW_YY	76.095	195.295	3200	18.457	0.0058
Nivel 09	S_Ica_2007_EW_YY	69.595	176.838	3200	18.645	0.0058
Nivel 08	S_Ica_2007_EW_YY	62.499	158.193	3200	19.408	0.0061
Nivel 07	S_Ica_2007_EW_YY	54.595	138.785	3200	20.55	0.0064
Nivel 06	S_Ica_2007_EW_YY	46.093	118.235	3200	21.381	0.0067
Nivel 05	S_Ica_2007_EW_YY	37.193	96.854	3200	21.905	0.0068
Nivel 04	S_Ica_2007_EW_YY	28.199	74.949	3200	21.644	0.0068
Nivel 03	S_Ica_2007_EW_YY	19.46	53.305	3200	20.3	0.0063
Nivel 02	S_Ica_2007_EW_YY	11.453	33.005	3200	17.549	0.0055
Nivel 01	S_Ica_2007_EW_YY	4.931	15.456	3200	11.849	0.0037

Tabla 28*Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección XX*

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_NS_XX	317.614	66.269	3200	22.374	0.0070
Nivel 11	S_Ica_2007_NS_XX	295.24	61.367	3200	25.567	0.0080
Nivel 10	S_Ica_2007_NS_XX	269.673	56.099	3200	28.459	0.0089
Nivel 09	S_Ica_2007_NS_XX	241.214	50.505	3200	30.332	0.0095
Nivel 08	S_Ica_2007_NS_XX	210.882	44.502	3200	30.282	0.0095
Nivel 07	S_Ica_2007_NS_XX	180.6	38.223	3200	26.865	0.0084
Nivel 06	S_Ica_2007_NS_XX	153.735	31.804	3200	24.405	0.0076
Nivel 05	S_Ica_2007_NS_XX	129.33	25.397	3200	25.783	0.0081
Nivel 04	S_Ica_2007_NS_XX	103.547	19.196	3200	27.84	0.0087
Nivel 03	S_Ica_2007_NS_XX	75.707	13.361	3200	28.392	0.0089
Nivel 02	S_Ica_2007_NS_XX	47.315	8.103	3200	25.936	0.0081
Nivel 01	S_Ica_2007_NS_XX	21.379	3.718	3200	16.563	0.0052

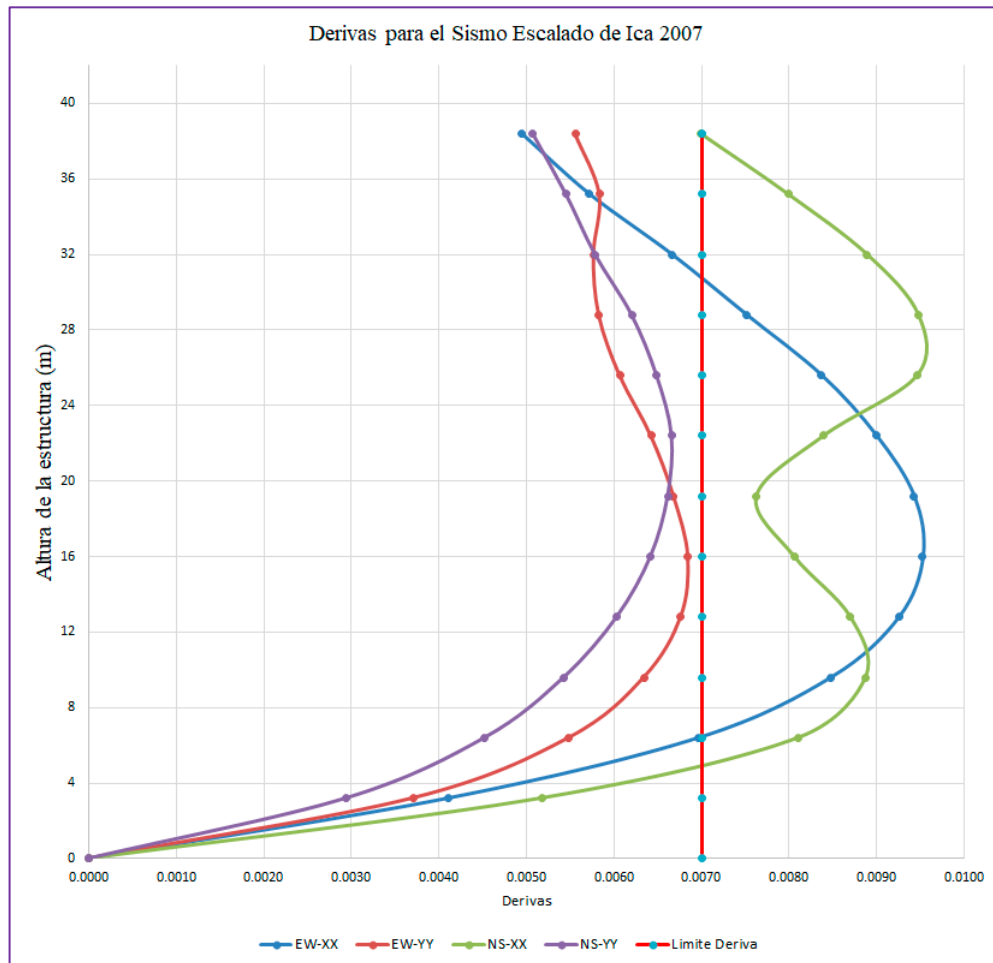
Tabla 29*Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección YY*

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_NS_YY	94.077	219.212	3200	16.238	0.0051
Nivel 11	S_Ica_2007_NS_YY	87.637	202.974	3200	17.447	0.0055
Nivel 10	S_Ica_2007_NS_YY	80.065	185.527	3200	18.515	0.0058
Nivel 09	S_Ica_2007_NS_YY	71.43	167.012	3200	19.853	0.0062
Nivel 08	S_Ica_2007_NS_YY	62.44	147.159	3200	20.76	0.0065
Nivel 07	S_Ica_2007_NS_YY	53.488	126.399	3200	21.31	0.0067
Nivel 06	S_Ica_2007_NS_YY	45.572	105.089	3200	21.17	0.0066
Nivel 05	S_Ica_2007_NS_YY	38.373	83.919	3200	20.542	0.0064
Nivel 04	S_Ica_2007_NS_YY	30.741	63.377	3200	19.306	0.0060
Nivel 03	S_Ica_2007_NS_YY	22.491	44.071	3200	17.37	0.0054
Nivel 02	S_Ica_2007_NS_YY	14.07	26.701	3200	14.473	0.0045
Nivel 01	S_Ica_2007_NS_YY	6.368	12.228	3200	9.418	0.0029

En la Figura 36 se aprecia las derivas de entrespiso de los cuatro casos de carga para el sismo de Ica 2007. Se observa los dos casos EW y NS en la dirección XX que sobrepasan la deriva permisible de $\delta = 0.007$ llegando a valores de $\delta = 0.0095$ en el quinto, octavo y noveno piso de la estructura.

Figura 36

Derivas con sismo escalado de Ica 2007



4.2.6 Deriva objetivo y amortiguamiento viscoso requerido

Con los resultados del análisis de tiempo historia se pudo apreciar que las deformaciones de la estructura son más notorias con el sismo de Arequipa (2001) e Ica (2007). En la tabla 30 se hace una comparación de derivas del análisis tiempo historia y las derivas obtenidas con el análisis modal espectral. El objetivo es seleccionar un sismo de diseño, del cual se

obtiene una deriva máxima que se deberá reducir a una deriva objetivo, servirá para el cálculo de las propiedades de los dispositivos.

Tabla 30

Tabla comparativa con las derivas del ATH

Espectro Elástico		Lima 1966				Arequipa 2001				Ica 2007			
		EW		NS		EW		NS		EW		NS	
XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY
0.0035	0.0035	0.0046	0.0051	0.0031	0.0046	0.0039	0.0046	0.0042	0.0042	0.0049	0.0056	0.0070	0.0051
0.0041	0.0038	0.0054	0.0055	0.0022	0.0049	0.0046	0.0050	0.0048	0.0045	0.0057	0.0058	0.0080	0.0055
0.0047	0.0040	0.0064	0.0056	0.0029	0.0049	0.0054	0.0053	0.0056	0.0048	0.0067	0.0058	0.0089	0.0058
0.0054	0.0043	0.0073	0.0058	0.0035	0.0053	0.0062	0.0057	0.0064	0.0051	0.0075	0.0058	0.0095	0.0062
0.0060	0.0045	0.0083	0.0062	0.0042	0.0052	0.0069	0.0060	0.0070	0.0053	0.0084	0.0061	0.0095	0.0065
0.0065	0.0046	0.0090	0.0063	0.0047	0.0053	0.0076	0.0063	0.0077	0.0055	0.0090	0.0064	0.0084	0.0067
0.0069	0.0047	0.0096	0.0065	0.0052	0.0052	0.0080	0.0064	0.0083	0.0056	0.0094	0.0067	0.0076	0.0066
0.0071	0.0046	0.0099	0.0065	0.0057	0.0053	0.0082	0.0064	0.0086	0.0055	0.0095	0.0068	0.0081	0.0064
0.0071	0.0045	0.0097	0.0061	0.0061	0.0050	0.0080	0.0061	0.0086	0.0052	0.0093	0.0068	0.0087	0.0060
0.0067	0.0041	0.0090	0.0057	0.0062	0.0045	0.0075	0.0056	0.0081	0.0047	0.0085	0.0063	0.0089	0.0054
0.0057	0.0035	0.0076	0.0049	0.0056	0.0037	0.0064	0.0048	0.0069	0.0039	0.0070	0.0055	0.0081	0.0045
0.0034	0.0023	0.0045	0.0032	0.0030	0.0025	0.0039	0.0032	0.0042	0.0026	0.0041	0.0037	0.0052	0.0029

Tabla 31

Tabla comparativa con las derivas del ATH

Espectro Elástico		Lima 1966				Arequipa 2001				Ica 2007			
		EW		NS		EW		NS		EW		NS	
XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY
0.0035	0.0035	1.32	1.45	0.88	1.32	1.11	1.31	1.19	1.19	1.41	1.59	1.99	1.45
0.0041	0.0038	1.33	1.46	0.53	1.31	1.13	1.32	1.18	1.20	1.40	1.55	1.95	1.45
0.0047	0.0040	1.34	1.42	0.60	1.24	1.14	1.32	1.17	1.20	1.41	1.45	1.88	1.45
0.0054	0.0043	1.37	1.37	0.66	1.25	1.15	1.34	1.19	1.19	1.40	1.37	1.77	1.46
0.0060	0.0045	1.39	1.39	0.70	1.17	1.16	1.35	1.18	1.20	1.41	1.36	1.59	1.45
0.0065	0.0046	1.40	1.36	0.73	1.15	1.17	1.36	1.19	1.20	1.39	1.39	1.30	1.44
0.0069	0.0047	1.39	1.38	0.76	1.12	1.16	1.37	1.21	1.19	1.37	1.43	1.11	1.41
0.0071	0.0046	1.39	1.40	0.80	1.14	1.15	1.37	1.21	1.18	1.34	1.48	1.13	1.39
0.0071	0.0045	1.37	1.38	0.87	1.12	1.13	1.38	1.22	1.17	1.30	1.52	1.23	1.35
0.0067	0.0041	1.36	1.39	0.94	1.09	1.12	1.38	1.22	1.15	1.27	1.55	1.33	1.33
0.0057	0.0035	1.34	1.41	0.98	1.08	1.13	1.38	1.22	1.13	1.23	1.58	1.43	1.31
0.0034	0.0023	1.34	1.41	0.88	1.11	1.14	1.40	1.23	1.13	1.21	1.63	1.53	1.29

En la Tabla 30 se aprecia que el caso de sismo con resultados desventajosos para la estructura es el sismo de Ica 2007 - EW en la dirección XX, se aprecia una deriva máxima de $\delta = 0.0095$ en el quinto piso. Por tanto, se toma como deriva máxima este valor obtenido, para determinar el amortiguamiento requerido por la estructura y también sirvió como sismo de diseño en la dirección XX. En la dirección YY se consideró el caso del sismo de Arequipa 2001 EW considerando como deriva máxima el valor de $\delta = 0.0064$ para los niveles 6 y 7 y sirvió como sismo de diseño en la dirección YY.

Asimismo, Villareal & Diaz La Rosa (2016) señalan que las derivas mínimas o máximas elegidas no deberían ser menores al 80% o mayores al 150% de la deriva obtenida mediante un análisis modal espectral. Por tanto, en la tabla 31 se procedió a determinar los porcentajes, verificando que para el sismo principal en la dirección XX y la dirección no se supera el valor de 1.5. En ambos casos los sismos elegidos no superaron el 150% señalado por los autores.

4.2.7 Amortiguamiento viscoso requerido en los dispositivos

Para determinar el amortiguamiento requerido por el dispositivo, según Villareal & Diaz La Rosa (2016), se debe proponer una deriva objetivo a lograr en las deformaciones de la estructura. En esta caso se propuso que la estructura debería disminuir sus derivas hasta $\delta = 0.0045$ dado que debería soportar también los otros sismos y mantenerse en el rango elástico.

Por tanto, con los siguientes datos, se procedió a calcular el factor de reducción B. Se debe señalar que el amortiguamiento inherente o propio de la estructura se consideró como $\beta_o = 5\%$ de acuerdo a la norma E.030.

$$D_{Max} = 0.0095$$

$$D_{Obj} = 0.0045$$

$$B = \frac{D_{Max}}{D_{Obj}} = \frac{0.0095}{0.0045} = 2.11$$

Calculando el amortiguamiento efectivo:

Donde:

$\beta_o = 5\%$ (Amortiguamiento Inherente)

$B = 2.11$ (Factor de reducción)

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_o)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

$$2.11 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

$$2.11 (2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})) = 2.31 - 0.41 \ln(5)$$

$$4.877 - 0.865 \ln(\beta_{eff}) = 1.65$$

$$0.865 \ln(\beta_{eff}) = 4.877 - 1.65$$

$$0.865 \ln(\beta_{eff}) = 3.227$$

$$\ln(\beta_{eff}) = \frac{3.227}{0.865}$$

$$\ln(\beta_{eff}) = 3.7306$$

$$\beta_{eff} = e^{3.7306}$$

Se determinó que el amortiguamiento efectivo de la estructura debería ser de un 41.7% del amortiguamiento crítico.

$$\beta_{eff} = 41.70\%$$

Al amortiguamiento efectivo crítico estimado, se procedió a restar el amortiguamiento inherente de la estructura (5%) según norma E.030, determinando el amortiguamiento viscoso que deben tener los dispositivos.

$$\beta_H = \beta_{eff} - \beta_o$$

$$\beta_H = 41.70\% - 5\% = 36.70\%$$

$$\beta_H = 36.7\%$$

Para determinar el factor de amortiguamiento B_M se consideró la tabla 18.7-1 de la norma ASCE SEI 7/16, donde se considera los siguientes factores:

Tabla 32*Factor de Amortiguamiento B_M*

Amortiguamiento Critico	Bm Factor
<2	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
>50	2

Nota: Tabla 18.7-1 Norma ASCE SEI 7/16

Interpolando para el factor de amortiguamiento B_M correspondiente a un 36.7 % de amortiguamiento critico se obtiene que:

$$B_M = 2.001$$

4.3 Diseño del dispositivo de fluido viscoso

Se requiere conocer dos propiedades del dispositivo con fluido viscoso, la rigidez y coeficiente de amortiguamiento del dispositivo de fluido viscoso. Mediante estas propiedades se puede generar un elemento link que simula un dispositivo de fluido viscoso en el modelo matemático de la estructura.

4.3.1 Determinación de la rigidez del brazo metálico

Villareal & Diaz la Rosa (2016) mencionan que “ ... la rigidez que se debe tomar para la modelación es la rigidez del brazo metálico.” (p. 15) y se puede calcular mediante

$$K = \frac{EA}{L}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del acero (29000 ksi)

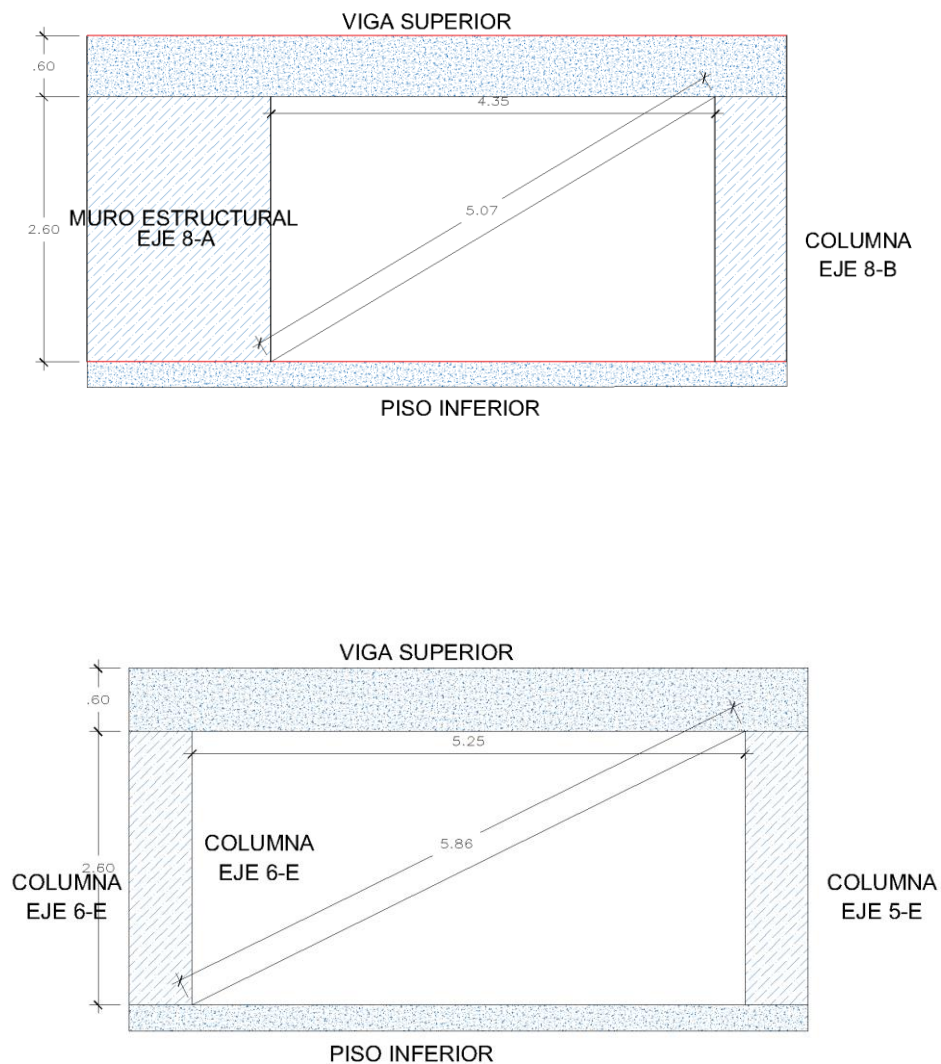
A = Área de la sección del tubo metálico

$L =$ Longitud del brazo metálico

Para ello se consideró las siguientes medidas de la elevación de los pórticos en la dirección XX y la dirección YY de la estructura. Los dispositivos de fluido viscoso se colocaron en el perímetro externo en la dirección XX entre los ejes A - B, mientras que en la dirección YY en los ejes 3 - 4 y 5 - 6. En la figura 37 se aprecian las medidas de los pórticos y longitud del brazo metálico.

Figura 37

Pórticos en las direcciones XX - YY



De los pórticos se aprecia que las longitudes de los brazos metálicos son los siguientes:

$$L_{DX} = 5.07 \text{ m}$$

$$L_{DY} = 5.86 \text{ m}$$

A esta longitud se debe quitar la longitud del dispositivo 31" pulgadas (in) que es la medida mínima del embolo donde se encuentra el fluido viscoso, quedando las siguientes longitudes para los perfiles metálicos:

$$L_{DX} = 4.2826 \text{ m}$$

$$L_{DY} = 5.0726 \text{ m}$$

Respecto a las dimensiones y sección del dispositivo se eligió un perfil metálico circular Round HSS 10.00 x 0.625 pulgadas (in) bajo el estándar del AISC (American Institute of Steel Construction, Inc.) con las siguientes características:

Tabla 33

Propiedades del perfil

Perfil HSS 10.00 x 0.625	
Diámetro Externo in (Plg)	10 in
Diámetro Interno in (Plg)	9.419 in
Espesor in (plg)	0.581 in
Área in ² (plg ²)	17.2 in ²
Inercia in ⁴ (plg ⁴)	383 in ⁴

Nota: Tabla 1-13 del AISC

Por tanto, con estos datos se procedió a calcular la rigidez del brazo metálico del dispositivo a colocar en la dirección XX de la estructura:

$$K_{DX} = \frac{EA}{L}$$

Donde:

$$E = 29000 \text{ ksi} = 20.4 * 10^6 \text{ ton/m}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad del acero}$$

$$A = 17.2 \text{ in}^2 = 0.011096 \text{ m}^2 \quad \text{Área de la sección del tubo}$$

$$L_{DX} = 4.2826 \text{ m} \quad \text{(Longitud del brazo en el pórtico de la dirección X)}$$

$L_{DY} = 5.0726 \text{ m}$ (Longitud del brazo en el pórtico de la dirección Y)

De donde se obtuvo:

$$K_{DX} = \frac{EA}{L} = \frac{\left(20.4 * 10^6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right) * (0.011096 \text{ m}^2)}{4.2826 \text{ m}} = 52859 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$K_{DY} = \frac{EA}{L} = \frac{\left(20.4 * 10^6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right) * (0.011096 \text{ m}^2)}{5.0726 \text{ m}} = 44627 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

4.3.2 Coeficiente de amortiguamiento viscoso (C) en XX

Se determina mediante la ecuación de amortiguamiento viscoso de una estructura β_H , del cual se despejará el coeficiente unitario de amortiguamiento viscoso de entrepiso C_j . La ecuación esta dado por:

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Donde:

β_H = Amortiguamiento viscoso de la estructura

λ = Parametro lambda relacionado al coeficiente de velocidad α (FEMA 274)

C_j = Coeficiente unitario de amortiguamiento viscoso del disipador j

$\phi_{rj}^{1+\alpha}$ = Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos de la sección de fluido del disipador j en la dirección horizontal para el primer modo de vibración de un análisis tiempo historia (desplazamiento entre nodos)

$\cos^{1+\alpha} \theta_j$ = coseno del ángulo θ_j de inclinación del dispositivo j

$A^{1-\alpha}$ = Amplitud del desplazamiento de entrepiso para el ATH

$\omega = 2\pi f$ Frecuencia angular del sistema

$f = 1/T$ Frecuencia de vibración para el primer caso modal (periodo fundamental de vibración)

m_i = Masa del nivel o entrepiso i

ϕ_i^2 = Desplazamiento relativo de entrepiso en el nivel i para el ATH

El primer paso es despejar el coeficiente de amortiguamiento viscoso del dispositivo, por tanto, se tiene que:

$$C_j = \frac{\beta_H(2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2)}{\sum_j \lambda \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}$$

Masa de la estructura

La masa por nivel de la estructura se calculó mediante un análisis previo en el software con el modelo matemático de la estructura multifamiliar, obteniendo las siguientes masas por entrepiso:

Tabla 34

Masa por nivel i

Masa por nivel		
Nivel	XX	YY
	tonf-s2/m	tonf-s2/m
Tanque	6.02	6.02
Ascensor	10.46	10.46
Nivel 12	76.34	76.34
Nivel 11	105.15	105.15
Nivel 10	105.15	105.15
Nivel 09	103.42	103.42
Nivel 08	103.42	103.42
Nivel 07	103.42	103.42
Nivel 06	103.42	103.42
Nivel 05	103.42	103.42
Nivel 04	103.42	103.42
Nivel 03	103.42	103.42
Nivel 02	103.42	103.42
Nivel 01	103.42	103.42
Sótano 02	233.32	233.32
Sótano 01	269.80	269.80
Base	53.78	53.78

Considerando que las masas del tanque de agua y ascensor no tienen un nivel definido, se asignaron a la masa del nivel 12. La masa por nivel se

consideró únicamente de los pisos superiores al sótano, donde se presentan las deformaciones laterales importantes.

Periodo, frecuencia y amortiguamiento

El periodo para la dirección XX de la estructura, la frecuencia de vibración, frecuencia angular, amortiguamiento efectivo, amortiguamiento inherente, se describen en la siguiente tabla.

Tabla 35

Parámetros obtenidos del modelo matemático

Descripción	Valor
Periodo de la estructura T	1.408
Frecuencia ($f=1/T$)	0.710
Frecuencia Angular $\omega =2\pi*f$	4.462
Amortiguamiento Efectivo β_{eff}	41.70%
Amortiguamiento inherente (E030)	5%
Amortiguamiento Viscoso	36.70%
Factor de amortiguamiento	2.001
Angulo de inclinación (Nivel 01)	31°
Angulo de inclinación (Nivel 02 - 12)	31°
Coefficiente Velocidad α	0.5
$\omega^{(2-\alpha)}$	9.42683
λ	3.5

El coeficiente de velocidad α y el parámetro lambda (λ) relacionado al coeficiente de velocidad se obtuvieron de la norma FEMA 274, en la tabla 36. La tabla C9-4 se señala que la λ está en función al exponente de velocidad. Al respecto Villareal & Diaz (2016) señalan que el coeficiente adecuado para obtener una respuesta no lineal es el coeficiente de $\alpha = 0.5$ y su correspondiente parámetro λ .

Tabla 36

Tabla C9-4 Parámetro λ

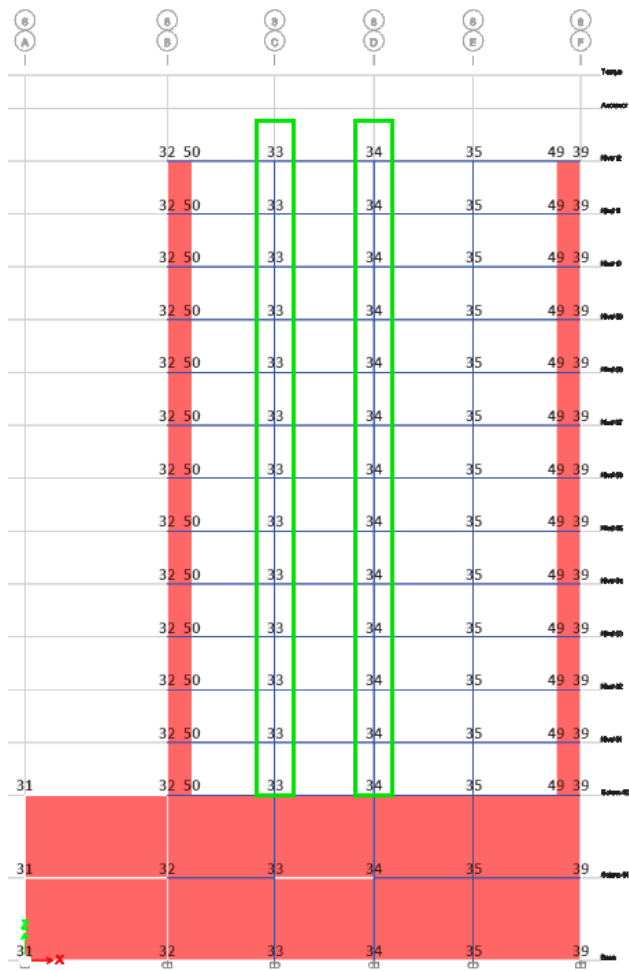
Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Desplazamiento modal relativo

Se determinó mediante el desplazamiento relativo que se presenta en los nodos elegidos para colocar los dispositivos.

Figura 38

Pórticos en las direcciones XX - YY



En la figura 37 se aprecian los nodos 34 y 35 previamente elegidos que corresponden a los puntos donde se colocaron los dispositivos de fluido viscoso. Los desplazamientos relativos obtenidos para estos nodos corresponden al sismo máximo considerado (SMC) elegido como sismo de diseño.

En la tabla 37 se aprecia los desplazamientos relativos entre estos nodos, que sirvieron para calcular el coeficiente de amortiguamiento de los dispositivos de fluido viscoso.

Tabla 37

Desplazamiento modal relativo de entrepiso

Nivel	Nodo 33	Nodo 34			
	Desplazamiento modal (Φ_i) (mm)	Desplazamiento modal (Φ_{i+1}) mm	Desplazamiento Modal Φ_j relativo (mm)	Φ_j (m)	(Φ_i) (m)
Story12	337.60	337.60	22.57	0.023	0.3376
Story11	315.03	315.03	25.66	0.026	0.3150
Story10	289.37	289.37	28.63	0.029	0.2894
Story9	260.75	260.75	31.08	0.031	0.2607
Story8	229.67	229.67	31.71	0.032	0.2297
Story7	197.96	197.96	30.02	0.030	0.1980
Story6	167.94	167.94	27.40	0.027	0.1679
Story5	140.55	140.55	28.48	0.028	0.1405
Story4	112.07	112.07	30.47	0.030	0.1121
Story3	81.60	81.60	30.86	0.031	0.0816
Story2	50.74	50.74	28.07	0.028	0.0507
Story1	22.67	22.67	17.83	0.018	0.0227

Conociendo la masa de la estructura y los desplazamientos relativos entre los nodos donde se colocarán los dispositivos se procedió a calcular las sumatorias dentro de la ecuación de amortiguamiento.

En la tabla 38 se aprecian los resultados de masa, Angulo de colocación del dispositivo en la dirección XX y sumatorias de los valores obtenidos por entrepiso.

Tabla 38*Angulo de colocación θ y Sumatorias*

Nivel	Masa (Tonf-s2/m)	Cos θ	$\cos\theta^{(1+\alpha)}*\Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\Phi_i^2$
Story12	92.82	0.857	0.0027	10.579
Story11	105.15	0.857	0.0033	10.436
Story10	105.15	0.857	0.0038	8.805
Story9	103.42	0.857	0.0043	7.031
Story8	103.42	0.857	0.0045	5.455
Story7	103.42	0.857	0.0041	4.053
Story6	103.42	0.857	0.0036	2.917
Story5	103.42	0.857	0.0038	2.043
Story4	103.42	0.857	0.0042	1.299
Story3	103.42	0.857	0.0043	0.689
Story2	103.42	0.857	0.0037	0.266
Story1	103.42	0.857	0.0019	0.053
Σ			0.044	53.626

Por tanto, se tiene los valores de las sumatorias, dentro de la ecuación de amortiguamiento:

$$\sum_i m_i \phi_i^2 = 53.626$$

$$\sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j = 0.044$$

Amplitud del desplazamiento de entrepiso A

Otro parámetro requerido para determinar el coeficiente de amortiguamiento viscoso es el *Droof* o amplitud de desplazamiento de entrepiso mediante la siguiente ecuación, establecida en la norma ASCE 7/16 en el capítulo de disipadores de energía:

$$D_{roof} = \frac{g}{4\pi^2} * \Gamma_1 * \frac{S_{D1} T_{1D}}{B_{1D}}$$

Donde:

D_{roof} = Amplitud del desplazamiento "A"

Γ_1 = Factor modal para el primer modo de vibración en un análisis TH

S_{D1} = Seudoaceleracion en el espectro Sa

T_{1D} = 1.408 Periodo fundamental de la estructura (dirección XX)

B_{1D} = 2.001 Factor de amortiguamiento

El coeficiente de pseudoaceleración se determinó mediante los parámetros normativos de la norma E.030. Por tanto, se determinó S_{D1} en la tabla 39.

Tabla 39

Coeficiente de pseudoaceleración

Parámetro	Coeficiente
Z	0.35
S	1.15
U	1
C	1.06534
R	7
Sd1	0.061257102

Dentro de estos coeficientes, el factor modal Γ_1 para el primer modo de vibración de un análisis tiempo historia, se determina mediante la ecuación de la norma ASCE 7/16 que se aprecia continuación.

$$\Gamma_1 = \frac{W_m}{\sum_i w_i \phi_{im}}$$

Donde:

Γ_1 = Factor modal para el primer modo de vibración en un análisis TH

w_i = masa de entrepiso por nivel

ϕ_{im} = Desplazamiento relativo en cada nivel

En la ecuación, la cortante de base modal W_m se calcula mediante la siguiente ecuación establecida en la norma ASCE SEI 7/2016. En el artículo 18.7.1.2.

$$W_m = \frac{(\sum_i w_i \phi_{im})^2}{(\sum_i w_i \phi_{im}^2)}$$

Considerando que W_m se determina mediante el desplazamiento y la masa de la estructura, se tiene en la siguiente tabla:

Tabla 40

Masa y desplazamiento para Cortante de base modal W_m

Nivel	Di Desplazamiento (m)	Wi Masa	(Φ_{im}) ²	(wi * Φ_{im})	(Wi)*(Φ_{im}) ²
Story12	0.3176	92.818	0.101	29.480	9.36
Story11	0.2952	105.153	0.087	31.045	9.17
Story10	0.2697	105.153	0.073	28.357	7.65
Story9	0.2412	103.421	0.058	24.947	6.02
Story8	0.2109	103.421	0.044	21.810	4.60
Story7	0.1806	103.421	0.033	18.678	3.37
Story6	0.1537	103.421	0.024	15.899	2.44
Story5	0.1293	103.421	0.017	13.375	1.73
Story4	0.1035	103.421	0.011	10.709	1.11
Story3	0.0757	103.421	0.006	7.830	0.59
Story2	0.0473	103.421	0.002	4.893	0.23
Story1	0.0214	103.421	0.000	2.211	0.05
				209.234	46.3208

De donde se obtiene que:

$$(\sum_i w_i \phi_{im})^2 = (209.234)^2 = 43779.05$$

$$\sum_i w_i \phi_{im}^2 = 46.32$$

Por tanto, se tiene que el factor W_m y el factor modal r_1 tienen los siguientes valores:

$$W_m = 945.13$$

$$r_1 = 4.5171$$

Por tanto, la amplitud D_{roof} se determinó como:

$$D_{roof} = \frac{g}{4\pi^2} * \Gamma_1 * \frac{S_{D1} T_{1D}}{B_{1D}}$$

$$D_{roof} = \frac{9.806m/s^2}{4\pi^2} * (4.5171) * \frac{(0.061257)(1.408s)}{2.001}$$

$$D_{roof} = 0.04833204$$

Con estos valores y coeficientes se procedió a determinar el coeficiente de amortiguamiento C_j en la dirección XX:

$$C_j = \frac{\beta_H(2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda \sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}$$

$$C_j = \frac{36.7(2\pi*(0.04833204)^{0.5} (4.462)^{1.5}*(53.626))}{3.5*0.044}$$

$$C_j = 1652.55 \frac{tonf.s}{m}$$

4.3.3 Coeficiente de amortiguamiento viscoso (C) en YY

Para calcular el coeficiente unitario de amortiguamiento viscoso C_j en la dirección YY, se utilizó los parámetros usados para el cálculo en la dirección XX como “masa” y “amortiguamientos”, sin embargo, los desplazamientos relativos, así como periodo frecuencia angular, factor modal entre otros se determinaron con los valores correspondientes a la deformación en la dirección XX.

Periodo, frecuencia y amortiguamiento

El periodo de vibración para la dirección YY de la estructura, la frecuencia, frecuencia angular, amortiguamiento efectivo, amortiguamiento inherente, se describen en la tabla 41.

Tabla 41*Parámetros obtenidos del modelo matemático*

Descripción	Valor
Periodo de la estructura T	1.255
Frecuencia ($f=1/T$)	0.797
Frecuencia Angular $\omega =2\pi*f$	5.007
Amortiguamiento Efectivo β_{eff}	41.70%
Amortiguamiento inherente (E030)	5%
Amortiguamiento Viscoso	36.70%
Factor de amortiguamiento	2.001
Angulo de inclinación (Nivel 01)	25°
Angulo de inclinación (Nivel 02 - 12)	26°
Coefficiente Velocidad α	0.5
$\omega^{(2-\alpha)}$	11.20222
λ	3.5

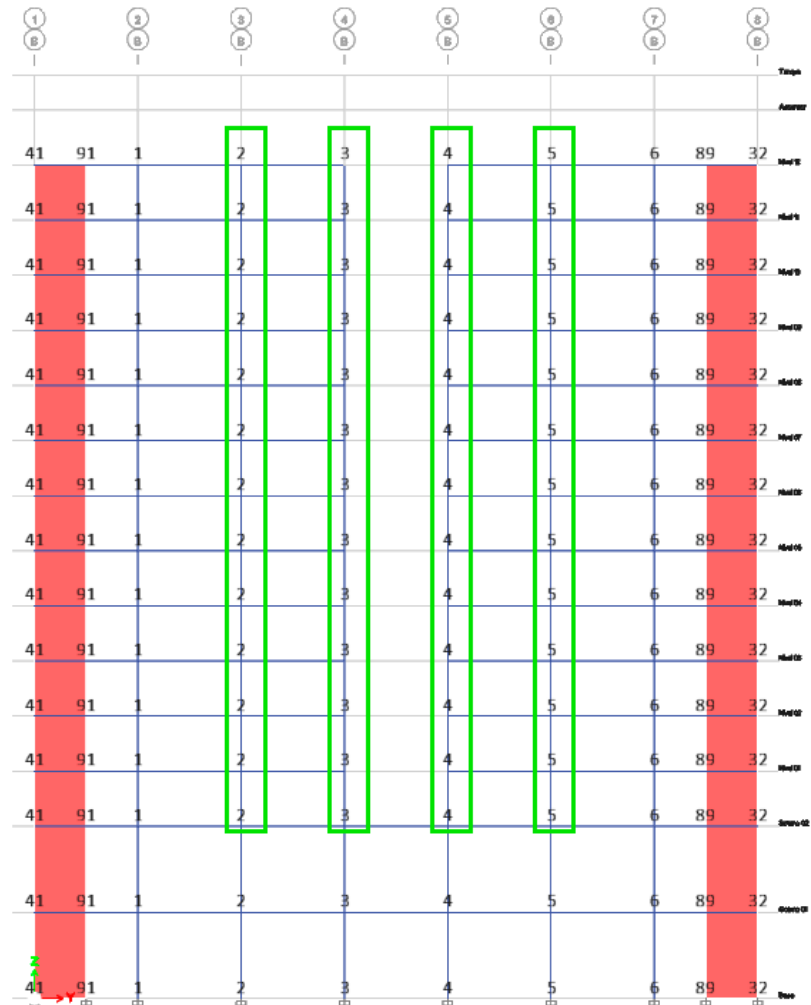
Al igual que en la dirección XX, el coeficiente de velocidad α y el parámetro lambda (λ) relacionado al coeficiente de velocidad se obtuvieron de la norma FEMA 274 (tabla c9-4), en la tabla 36 del presente estudio. Se eligió el coeficiente $\alpha = 0.5$ y su correspondiente parámetro $\lambda = 3.5$.

Desplazamiento modal relativo

Se determinó mediante el desplazamiento relativo que se presenta en los nodos 2-3 y 4-5 elegidos para colocar los dispositivos en la dirección YY de la estructura, dado que se propusieron dos dispositivos por nivel. En la figura 39 se aprecia los pórticos seleccionados para obtener los desplazamientos relativos.

Figura 39

Pórticos en las direcciones YY



Se debe señalar que los desplazamientos relativos obtenidos para estos nodos, se obtuvieron con el sismo máximo considerado (SMC) elegido como sismo de diseño (Sismo de Arequipa -2001, componente EW Este-Oeste). En la tabla 42 se aprecia los desplazamientos relativos entre estos nodos, que sirvieron para calcular el coeficiente de amortiguamiento de los dispositivos de fluido viscoso, y también el desplazamiento relativo entre los dos extremos del dispositivo Φ_{rj} .

Tabla 42*Desplazamiento modal relativo de entrepiso*

Nivel	Nodo 2	Nodo 3			
	Desplazamiento modal (Φ_i) (mm)	Desplazamiento modal (Φ_{i+1}) mm	Desplazamiento Modal Φ_{rj} relativo (mm)	Φ_{rj} (m)	(Φ_i) (m)
Story12	245.514	245.514	15.82	0.016	0.246
Story11	229.692	229.692	17.40	0.017	0.230
Story10	212.292	212.292	19.05	0.019	0.212
Story9	193.239	193.239	20.72	0.021	0.193
Story8	172.524	172.524	22.20	0.022	0.173
Story7	150.323	150.323	23.39	0.023	0.150
Story6	126.93	126.93	24.18	0.024	0.127
Story5	102.755	102.755	24.33	0.024	0.103
Story4	78.422	78.422	23.71	0.024	0.078
Story3	54.709	54.709	21.82	0.022	0.055
Story2	32.885	32.885	18.35	0.018	0.033
Story1	14.54	14.54	11.68	0.012	0.015

Luego se procedió a calcular las sumatorias dentro de la ecuación de amortiguamiento, como se aprecia en la tabla 43.

Tabla 43*Angulo de colocación θ y Sumatorias en YY*

Nivel	Masa (Tonf-s ² /m)	Cos θ	$\cos\theta^{(1+\alpha)}\Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\Phi_i^2$
Story12	92.82	0.899	0.0017	5.595
Story11	105.15	0.899	0.0020	5.548
Story10	105.15	0.899	0.0022	4.739
Story9	103.42	0.899	0.0025	3.862
Story8	103.42	0.899	0.0028	3.078
Story7	103.42	0.899	0.0030	2.337
Story6	103.42	0.899	0.0032	1.666
Story5	103.42	0.899	0.0032	1.092
Story4	103.42	0.899	0.0031	0.636
Story3	103.42	0.899	0.0027	0.310
Story2	103.42	0.899	0.0021	0.112
Story1	103.42	0.899	0.0011	0.022
	Σ		0.02979	28.996

Por tanto, se tiene los valores de las sumatorias, dentro de la ecuación de amortiguamiento:

$$\sum_i m_i \phi_i^2 = 28.996$$

$$\sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j = 0.030$$

Amplitud del desplazamiento de entrepiso A

Para calcular la amplitud de desplazamiento D_{roof} en la dirección YY se utilizó la ecuación establecida en la norma ASCE 7/16 en el capítulo de disipadores de energía:

$$D_{roof} = \frac{g}{4\pi^2} * \Gamma_1 * \frac{S_{D1} T_{1D}}{B_{1D}}$$

Donde:

D_{roof} = Amplitud del desplazamiento "A"

Γ_1 = Factor modal para el primer modo de vibración en un análisis TH

S_{D1} = 0.068725 (tabla 39 del estudio)

T_{1D} = 1.255 Periodo fundamental de la estructura (dirección XX)

B_{1D} = 2.001 Factor de amortiguamiento

El factor modal Γ_1 para el primer modo de vibración del análisis tiempo historia con el sismo de diseño para esta dirección (Arequipa 2001 – EW) , se determina mediante la ecuación de la norma ASCE 7/16 que se aprecia continuación.

$$\Gamma_1 = \frac{W_m}{\sum_i w_i \phi_{im}}$$

Donde:

Γ_1 = Factor modal para el primer modo de vibración en un análisis TH

w_i = masa de entrepiso por nivel

ϕ_{im} = Desplazamiento relativo en cada nivel

En la ecuación, la cortante de base modal W_m se calcula mediante la siguiente ecuación establecida en la norma ASCE SEI 7/2016. En el artículo 18.7.1.2.

$$W_m = \frac{(\sum_i w_i \phi_{im})^2}{(\sum_i w_i \phi_{im}^2)}$$

Considerando que W_m se determina mediante el desplazamiento y la masa de la estructura, se tiene en la siguiente tabla:

Tabla 44

Masa y desplazamiento para Cortante de base modal W_m

Nivel	Di Desplazamiento en YY (m)	Wi Masa	(Φ_{im}) ²	(wi * Φ_{im})	(Wi)*(Φ_{im}) ²
Story12	0.213214	92.818	0.0455	19.7902	4.220
Story11	0.198366	105.153	0.0393	20.8588	4.138
Story10	0.182424	105.153	0.0333	19.1825	3.499
Story9	0.165369	103.421	0.0273	17.1026	2.828
Story8	0.147096	103.421	0.0216	15.2128	2.238
Story7	0.127719	103.421	0.0163	13.2088	1.687
Story6	0.107551	103.421	0.0116	11.1230	1.196
Story5	0.08699	103.421	0.0076	8.9966	0.783
Story4	0.066524	103.421	0.0044	6.8800	0.458
Story3	0.046787	103.421	0.0022	4.8387	0.226
Story2	0.028643	103.421	0.0008	2.9623	0.085
Story1	0.013237	103.421	0.0002	1.3690	0.018
				141.525	21.3755

De donde se obtiene que:

$$(\sum w_i \phi_{im})^2 = (141.525)^2 = 20029.37$$

$$\sum_i w_i \phi_{im}^2 = 21.37$$

Por tanto, se tiene que el factor W_m y el factor modal Γ_1 para la dirección YY de la estructura tienen los siguientes valores:

$$W_m = 937.02$$

$$\Gamma_1 = 6.6209$$

Por tanto, la amplitud D_{roof} se determinó como:

$$D_{roof} = \frac{g}{4\pi^2} * \Gamma_1 * \frac{S_{D1} T_{1D}}{B_{1D}}$$

$$D_{roof} = \frac{9.806m/s^2}{4\pi^2} * (6.6209) * \frac{(0.061257)(1.255s)}{2.001}$$

$$D_{roof} = 0.070843$$

Con estos valores y coeficientes se procedió a determinar el coeficiente de amortiguamiento C_{jy} :

$$C_{jy} = \frac{\beta_H(2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda \sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}$$

$$C_{jy} = \frac{36.7(2\pi*(0.070843)^{0.5} (5.007)^{1.5}*(28.996))}{3.5*0.02979}$$

$$C_{jy} = 1912.089 \frac{tonf.s}{m}$$

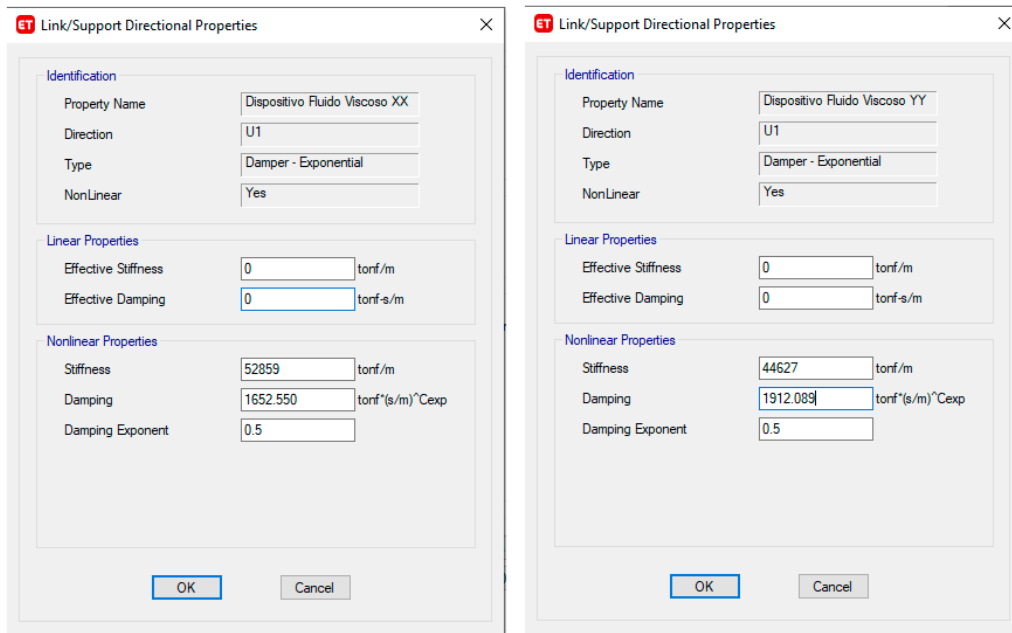
4.4 Resultados con los dispositivos de fluido viscoso

4.4.1 Modelamiento de los dispositivos en el software

Los dispositivos se modelaron como elementos link de tipo “*Damper exponential*” con las propiedades calculadas para ambas direcciones. En la figura 40 se puede apreciar el ingreso de las propiedades de rigidez y amortiguamiento, para un análisis de tipo no lineal.

Figura 40

Elementos link y propiedades de rigidez y amortiguamiento



Los dispositivos link en la dirección XX e YY, se colocaron en pares en cada nivel. Considerando que las derivas más altas se obtuvieron en los pisos intermedios del 4to al piso 9no, se colocaron los dispositivos en estos niveles como se aprecia en la figura 40 y 41.

Figura 41

Elementos link en dirección XX e YY de la estructura

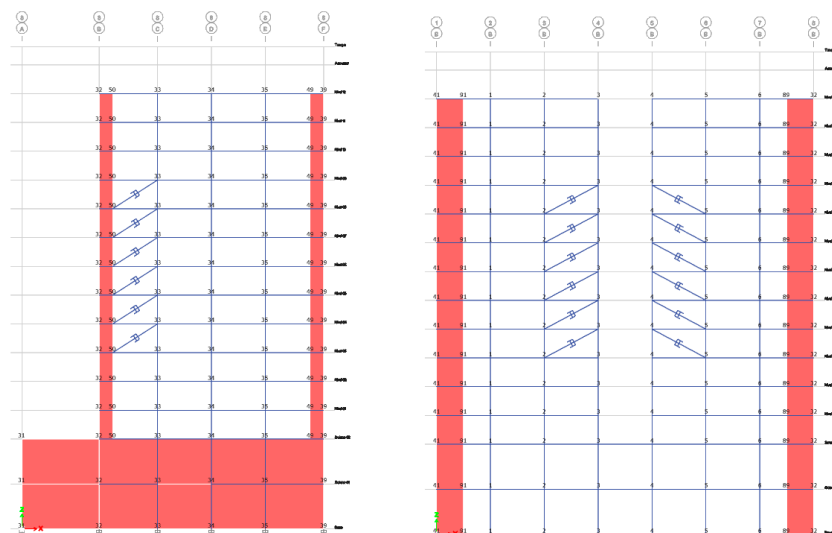
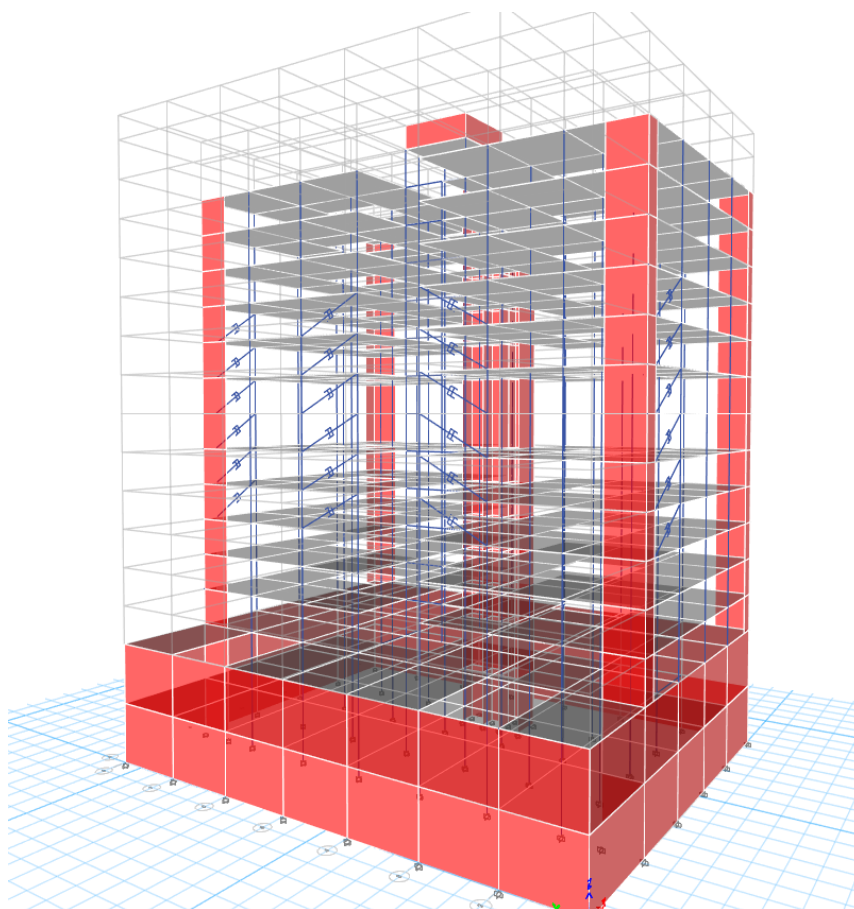


Figura 42

Modelo 3D con los dispositivos de fluido viscoso



4.4.2 Resultados obtenidos con el Sismo de Lima 1966

Igualmente, que en el análisis tiempo historia de la estructura convencional, en la estructura con el amortiguamiento incorporado por los dispositivos de fluido viscoso, se consideró el análisis con los dos componentes y en las dos direcciones de la estructura, obteniendo cuatro tablas por evento sísmico. En la tabla 45 y 46 se aprecian los resultados del componente Este-Oeste (EW) del sismo de Lima de 1966. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0065$ en el tercer nivel de la estructura en la dirección XX para el componente EW. Mientras que en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0063$ en el cuarto y quinto nivel. Se aprecia que la disminución de derivas a sido significativa para este caso de análisis, como consecuencia del incorporamiento de amortiguamiento.

Tabla 45*Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección XX*

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Lima_66_EW_XX	177.12	65.33	3200	10.61	0.0033
Nivel 11	S_Lima_66_EW_XX	166.51	60.92	3200	10.56	0.0033
Nivel 10	S_Lima_66_EW_XX	155.95	56.21	3200	10.33	0.0032
Nivel 09	S_Lima_66_EW_XX	145.62	51.25	3200	10.67	0.0033
Nivel 08	S_Lima_66_EW_XX	134.95	46.06	3200	12.65	0.0040
Nivel 07	S_Lima_66_EW_XX	122.30	40.57	3200	14.18	0.0044
Nivel 06	S_Lima_66_EW_XX	108.13	34.76	3200	16.24	0.0051
Nivel 05	S_Lima_66_EW_XX	91.88	28.70	3200	18.19	0.0057
Nivel 04	S_Lima_66_EW_XX	73.69	22.45	3200	19.69	0.0062
Nivel 03	S_Lima_66_EW_XX	54.00	16.17	3200	20.71	0.0065
Nivel 02	S_Lima_66_EW_XX	33.29	10.15	3200	18.86	0.0059
Nivel 01	S_Lima_66_EW_XX	14.43	4.78	3200	11.69	0.0037

Tabla 46*Derivas con el sismo de Lima 1966 (EW) – dirección YY*

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Lima_66_EW_YY	57.65	210.92	3200	14.11	0.0044
Nivel 11	S_Lima_66_EW_YY	54.18	196.81	3200	15.21	0.0048
Nivel 10	S_Lima_66_EW_YY	50.90	181.60	3200	16.30	0.0051
Nivel 09	S_Lima_66_EW_YY	47.84	165.29	3200	17.39	0.0054
Nivel 08	S_Lima_66_EW_YY	44.34	147.90	3200	18.41	0.0058
Nivel 07	S_Lima_66_EW_YY	40.66	129.49	3200	18.94	0.0059
Nivel 06	S_Lima_66_EW_YY	36.19	110.55	3200	19.74	0.0062
Nivel 05	S_Lima_66_EW_YY	31.22	90.82	3200	20.17	0.0063
Nivel 04	S_Lima_66_EW_YY	25.51	70.65	3200	20.09	0.0063
Nivel 03	S_Lima_66_EW_YY	18.93	50.56	3200	19.10	0.0060
Nivel 02	S_Lima_66_EW_YY	11.91	31.46	3200	16.72	0.0052
Nivel 01	S_Lima_66_EW_YY	5.26	14.74	3200	11.43	0.0036

En la tabla 47 y 48 se aprecia que los resultados del componente Norte-Sur (NS) del sismo de Lima de 1966 igualmente fueron favorables. Se puede observar que la máxima deriva obtenida en la dirección XX de la estructura fue de $\delta = 0.0057$ en el tercer, cuarto y quinto nivel. Mientras que en la dirección YY para el componente NS, se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0046$ en el quinto nivel.

Tabla 47

Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección XX

Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Lima_66_NS_XX	185.59	46.21	3200	11.98	0.0037
Nivel 11	S_Lima_66_NS_XX	173.61	42.89	3200	13.46	0.0042
Nivel 10	S_Lima_66_NS_XX	160.15	39.33	3200	14.23	0.0044
Nivel 09	S_Lima_66_NS_XX	145.92	35.65	3200	14.81	0.0046
Nivel 08	S_Lima_66_NS_XX	131.11	31.84	3200	15.08	0.0047
Nivel 07	S_Lima_66_NS_XX	116.03	27.85	3200	16.31	0.0051
Nivel 06	S_Lima_66_NS_XX	99.72	23.69	3200	17.31	0.0054
Nivel 05	S_Lima_66_NS_XX	82.41	19.42	3200	18.28	0.0057
Nivel 04	S_Lima_66_NS_XX	64.13	15.11	3200	18.26	0.0057
Nivel 03	S_Lima_66_NS_XX	45.87	10.83	3200	18.21	0.0057
Nivel 02	S_Lima_66_NS_XX	27.67	6.74	3200	15.95	0.0050
Nivel 01	S_Lima_66_NS_XX	11.71	3.13	3200	8.68	0.0027

Tabla 48

Derivas con el sismo de Lima 1966 (NS) – dirección YY

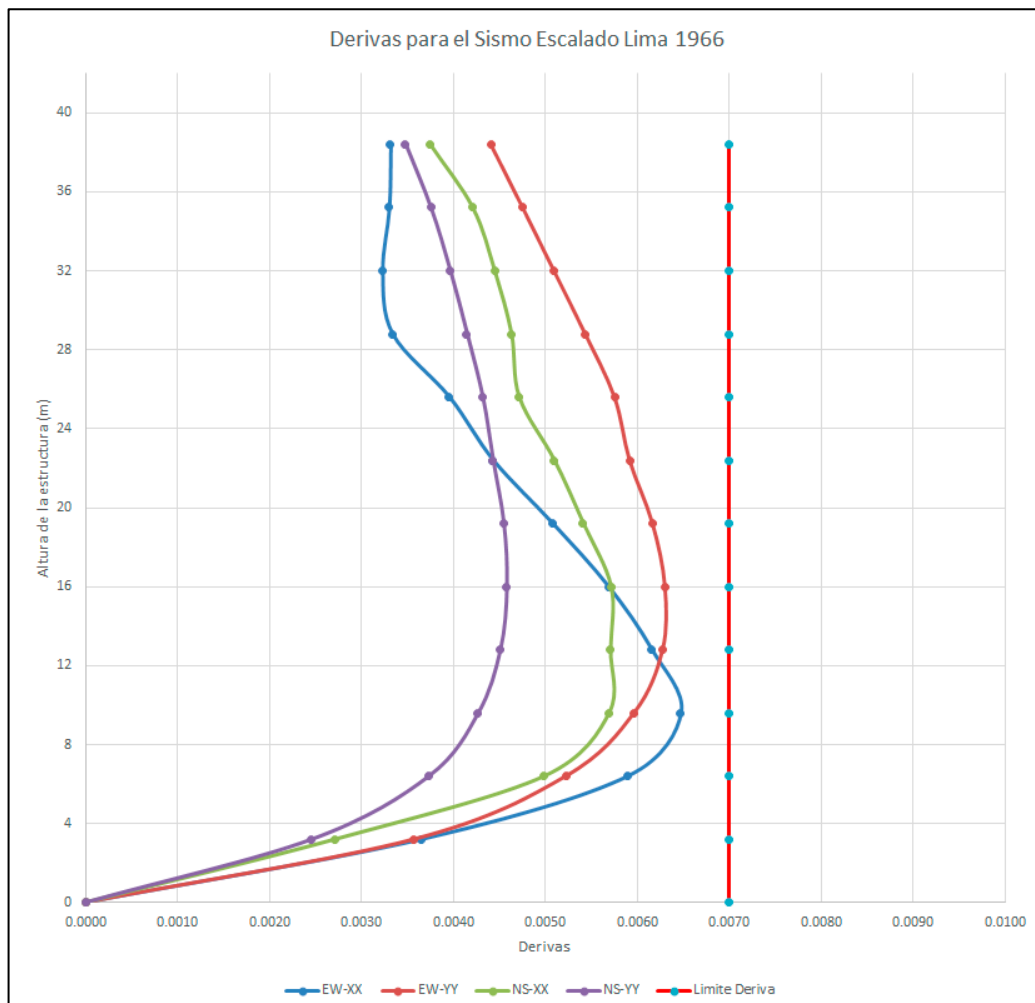
Derivas para el Sismo Lima 1966 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Lima_66_NS_YY	56.68	156.52	3200	11.13	0.0035
Nivel 11	S_Lima_66_NS_YY	53.29	145.39	3200	12.01	0.0038
Nivel 10	S_Lima_66_NS_YY	49.54	133.39	3200	12.68	0.0040
Nivel 09	S_Lima_66_NS_YY	45.41	120.70	3200	13.27	0.0041
Nivel 08	S_Lima_66_NS_YY	41.35	107.44	3200	13.81	0.0043
Nivel 07	S_Lima_66_NS_YY	37.06	93.63	3200	14.17	0.0044

Nivel 06	S_Lima_66_NS_YY	32.22	79.46	3200	14.54	0.0045
Nivel 05	S_Lima_66_NS_YY	27.00	64.91	3200	14.65	0.0046
Nivel 04	S_Lima_66_NS_YY	21.51	50.27	3200	14.42	0.0045
Nivel 03	S_Lima_66_NS_YY	15.67	35.85	3200	13.65	0.0043
Nivel 02	S_Lima_66_NS_YY	9.62	22.20	3200	11.93	0.0037
Nivel 01	S_Lima_66_NS_YY	4.17	10.27	3200	7.86	0.0025

En la Figura 43 se aprecia que las derivas de entrepiso obtenidos con los cuatro casos sísmicos, no sobrepasan la máxima deriva permisible de la norma E.030 equivalente a $\delta = 0.007$. Es decir debido a la utilización de los dispositivos se obtuvo respuestas elásticas para las aceleraciones del sismo de Lima de 1966 escalados a un SMC.

Figura 43

Derivas con sismo escalado de Lima 1966



4.4.3 Resultados obtenidos con el Sismo de Arequipa 2001

En lo que concierne al sismo de Arequipa ocurrido en el 2001, con la utilización de los dispositivos igualmente la estructura mejoró significativamente su respuesta estructural. En la tabla 49 y 50 se aprecian los resultados del componente Este-Oeste (EW) del sismo de Arequipa del 2001 para las dos direcciones de la estructura. Se puede observar que la máxima deriva obtenida para el sismo de Arequipa 2001 – componente EW fue de $\delta = 0.0060$ en el cuarto nivel de la estructura. Mientras que en la dirección YY para el componente EW, se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0051$ en el quinto nivel de la estructura.

Se debe señalar que en el caso del sismo de Arequipa fue los componentes EW y NS generaron derivas inelásticas, ampliamente por encima de lo permitido en la norma, por lo que fue elegido como sismo de diseño. Sin embargo con el uso de los dispositivos de fluido viscoso estas derivas se redujeron significativamente por encima de lo esperado.

Tabla 49

Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección XX

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_EW_XX	180.76	62.47	3200	9.85	0.0031
Nivel 11	S_Aqp_2001_EW_XX	170.91	57.89	3200	11.40	0.0036
Nivel 10	S_Aqp_2001_EW_XX	159.51	53.00	3200	12.71	0.0040
Nivel 09	S_Aqp_2001_EW_XX	146.80	48.00	3200	13.66	0.0043
Nivel 08	S_Aqp_2001_EW_XX	133.14	42.89	3200	14.54	0.0045
Nivel 07	S_Aqp_2001_EW_XX	118.60	37.63	3200	15.89	0.0050
Nivel 06	S_Aqp_2001_EW_XX	102.71	32.15	3200	17.25	0.0054
Nivel 05	S_Aqp_2001_EW_XX	85.46	26.49	3200	18.34	0.0057
Nivel 04	S_Aqp_2001_EW_XX	67.13	20.72	3200	19.07	0.0060
Nivel 03	S_Aqp_2001_EW_XX	48.06	14.94	3200	18.81	0.0059
Nivel 02	S_Aqp_2001_EW_XX	29.24	9.35	3200	16.64	0.0052
Nivel 01	S_Aqp_2001_EW_XX	12.61	4.40	3200	10.11	0.0032

Tabla 50*Derivas para sismo de Arequipa 2001 EW - dirección YY*

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_EW_YY	52.91	170.01	3200	11.90	0.0037
Nivel 11	S_Aqp_2001_EW_YY	50.10	158.11	3200	12.52	0.0039
Nivel 10	S_Aqp_2001_EW_YY	46.94	145.59	3200	13.15	0.0041
Nivel 09	S_Aqp_2001_EW_YY	43.47	132.44	3200	13.79	0.0043
Nivel 08	S_Aqp_2001_EW_YY	39.74	118.65	3200	14.54	0.0045
Nivel 07	S_Aqp_2001_EW_YY	35.69	104.12	3200	15.29	0.0048
Nivel 06	S_Aqp_2001_EW_YY	31.20	88.82	3200	15.91	0.0050
Nivel 05	S_Aqp_2001_EW_YY	26.31	72.91	3200	16.20	0.0051
Nivel 04	S_Aqp_2001_EW_YY	21.08	56.71	3200	16.07	0.0050
Nivel 03	S_Aqp_2001_EW_YY	15.42	40.64	3200	15.33	0.0048
Nivel 02	S_Aqp_2001_EW_YY	9.57	25.31	3200	13.47	0.0042
Nivel 01	S_Aqp_2001_EW_YY	4.20	11.84	3200	9.00	0.0028

En la tabla 51 y 52 se aprecian los resultados del componente Norte-Sur (NS) del sismo de Arequipa del 2001. Se puede observar que la máxima deriva obtenida fue de $\delta = 0.0053$ en el cuarto nivel de la estructura en la dirección XX. Mientras que para el componente NS utilizado en la dirección YY de la estructura se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0059$ en el quinto, sexto y séptimo nivel.

Tabla 51*Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección XX*

Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_NS_XX	172.01	67.86	3200	10.27	0.0032
Nivel 11	S_Aqp_2001_NS_XX	161.74	62.74	3200	11.81	0.0037
Nivel 10	S_Aqp_2001_NS_XX	149.93	57.26	3200	13.03	0.0041
Nivel 09	S_Aqp_2001_NS_XX	136.90	51.56	3200	13.71	0.0043
Nivel 08	S_Aqp_2001_NS_XX	123.19	45.73	3200	14.40	0.0045

Nivel 07	S_Aqp_2001_NS_XX	108.79	39.78	3200	15.42	0.0048
Nivel 06	S_Aqp_2001_NS_XX	93.37	33.74	3200	16.38	0.0051
Nivel 05	S_Aqp_2001_NS_XX	76.99	27.62	3200	16.75	0.0052
Nivel 04	S_Aqp_2001_NS_XX	60.24	21.47	3200	16.92	0.0053
Nivel 03	S_Aqp_2001_NS_XX	43.33	15.40	3200	16.78	0.0052
Nivel 02	S_Aqp_2001_NS_XX	26.54	9.61	3200	15.04	0.0047
Nivel 01	S_Aqp_2001_NS_XX	11.51	4.49	3200	9.20	0.0029

Tabla 52

Derivas para sismo de Arequipa 2001 NS Dirección YY

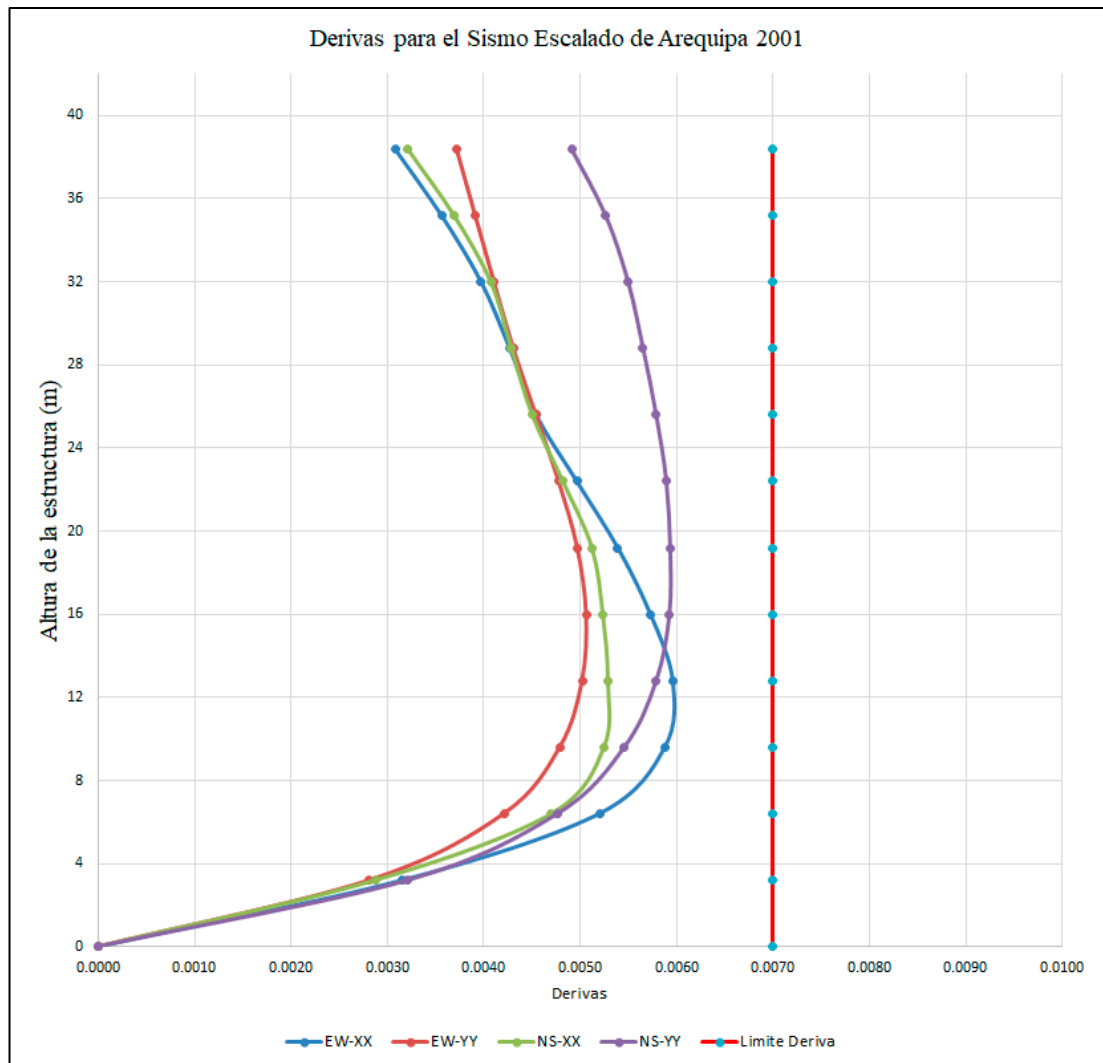
Derivas para el Sismo Arequipa 2001 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Aqp_2001_NS_YY	54.20	208.04	3200	15.71	0.0049
Nivel 11	S_Aqp_2001_NS_YY	51.06	192.32	3200	16.85	0.0053
Nivel 10	S_Aqp_2001_NS_YY	47.46	175.48	3200	17.59	0.0055
Nivel 09	S_Aqp_2001_NS_YY	43.62	157.88	3200	18.09	0.0057
Nivel 08	S_Aqp_2001_NS_YY	39.64	139.80	3200	18.52	0.0058
Nivel 07	S_Aqp_2001_NS_YY	35.44	121.27	3200	18.86	0.0059
Nivel 06	S_Aqp_2001_NS_YY	30.81	102.41	3200	18.99	0.0059
Nivel 05	S_Aqp_2001_NS_YY	25.87	83.43	3200	18.96	0.0059
Nivel 04	S_Aqp_2001_NS_YY	20.73	64.46	3200	18.52	0.0058
Nivel 03	S_Aqp_2001_NS_YY	15.24	45.94	3200	17.46	0.0055
Nivel 02	S_Aqp_2001_NS_YY	9.49	28.48	3200	15.24	0.0048
Nivel 01	S_Aqp_2001_NS_YY	4.18	13.24	3200	10.28	0.0032

En la figura 44 se aprecia las derivas de entrepiso de los cuatro casos de carga para el sismo de Arequipa 2001. Se puede observar que en ninguno de los cuatro casos se supera la máxima deriva permisible de la norma E.030 equivalente a $\delta = 0.007$.

En estos cuatro casos el comportamiento sísmico disminuyó significativamente debido a la incorporación de los dispositivos de fluido viscoso.

Figura 44

Derivas con sismo escalado de Arequipa 2001



4.4.4 Resultados obtenidos con el Sismo de Ica 2007

Respecto al sismo de Ica del 2007, que generó deformaciones laterales en el rango inelástico en la estructura, se pudo apreciar que mediante la incorporación del amortiguamiento de tipo viscoso se puede lograr deformaciones elásticas para estos sismos escalados a un sismo máximo considerado.

En las tablas 53 y 54 se aprecian los resultados para el componente EW en las dos direcciones de la estructura, observado que las derivas se

encuentran por debajo de lo permitido, siendo la máxima deriva permisible para la dirección XX el valor de $\delta = 0.0069$ en el cuarto nivel de la estructura. Mientras que en la dirección YY se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0065$ en el noveno y décimo nivel de la estructura.

Tabla 53

Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección XX

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso EW - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_EW_XX	211.91	64.55	3200	11.93	0.0037
Nivel 11	S_Ica_2007_EW_XX	199.99	58.65	3200	12.86	0.0040
Nivel 10	S_Ica_2007_EW_XX	187.12	52.40	3200	13.99	0.0044
Nivel 09	S_Ica_2007_EW_XX	173.14	46.00	3200	15.63	0.0049
Nivel 08	S_Ica_2007_EW_XX	157.51	39.68	3200	17.58	0.0055
Nivel 07	S_Ica_2007_EW_XX	139.93	33.57	3200	19.43	0.0061
Nivel 06	S_Ica_2007_EW_XX	120.50	27.85	3200	20.74	0.0065
Nivel 05	S_Ica_2007_EW_XX	99.76	23.04	3200	21.58	0.0067
Nivel 04	S_Ica_2007_EW_XX	78.18	18.24	3200	22.16	0.0069
Nivel 03	S_Ica_2007_EW_XX	56.02	13.33	3200	21.75	0.0068
Nivel 02	S_Ica_2007_EW_XX	34.28	8.48	3200	19.26	0.0060
Nivel 01	S_Ica_2007_EW_XX	15.01	4.07	3200	11.91	0.0037

Tabla 54

Derivas con el sismo de Ica 2007 (EW) – dirección YY

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso EW - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_EW_YY	65.63	209.75	3200	19.02	0.0059
Nivel 11	S_Ica_2007_EW_YY	61.43	190.73	3200	20.37	0.0064
Nivel 10	S_Ica_2007_EW_YY	56.73	170.36	3200	20.95	0.0065
Nivel 09	S_Ica_2007_EW_YY	51.82	149.41	3200	20.91	0.0065
Nivel 08	S_Ica_2007_EW_YY	46.81	128.50	3200	19.01	0.0059
Nivel 07	S_Ica_2007_EW_YY	41.52	109.50	3200	15.75	0.0049
Nivel 06	S_Ica_2007_EW_YY	35.83	93.75	3200	15.86	0.0050

Nivel 05	S_lca_2007_EW_YY	29.78	77.89	3200	16.41	0.0051
Nivel 04	S_lca_2007_EW_YY	23.47	61.49	3200	16.82	0.0053
Nivel 03	S_lca_2007_EW_YY	16.95	44.66	3200	16.41	0.0051
Nivel 02	S_lca_2007_EW_YY	10.44	28.25	3200	14.80	0.0046
Nivel 01	S_lca_2007_EW_YY	4.61	13.45	3200	10.28	0.0032

En las tablas 55 y 56 se aprecian las derivas obtenidas para el componente sísmico de Ica 2007 – NS. En la dirección XX se obtuvo un máximo de $\delta = 0.0061$ en el tercer piso para el caso NS. En la dirección YY de la estructura se obtuvo una deriva máxima de $\delta = 0.0051$ en el nivel seis para el caso Ica 2007 - NS en la dirección YY.

Tabla 55

Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección XX

Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso NS - Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm		mm	
Nivel 12	S_lca_2007_NS_XX	170.23	61.63	3200	8.92	0.0028
Nivel 11	S_lca_2007_NS_XX	161.30	56.90	3200	10.05	0.0031
Nivel 10	S_lca_2007_NS_XX	151.25	51.85	3200	10.95	0.0034
Nivel 09	S_lca_2007_NS_XX	140.30	46.60	3200	11.67	0.0036
Nivel 08	S_lca_2007_NS_XX	128.64	41.22	3200	12.58	0.0039
Nivel 07	S_lca_2007_NS_XX	116.06	35.72	3200	14.00	0.0044
Nivel 06	S_lca_2007_NS_XX	102.06	30.13	3200	15.76	0.0049
Nivel 05	S_lca_2007_NS_XX	86.30	24.54	3200	17.40	0.0054
Nivel 04	S_lca_2007_NS_XX	68.90	18.97	3200	18.89	0.0059
Nivel 03	S_lca_2007_NS_XX	50.02	13.53	3200	19.41	0.0061
Nivel 02	S_lca_2007_NS_XX	30.61	8.40	3200	16.62	0.0052
Nivel 01	S_lca_2007_NS_XX	13.99	3.90	3200	10.58	0.0033

Tabla 56*Derivas con el sismo de Ica 2007 (NS) – dirección YY*

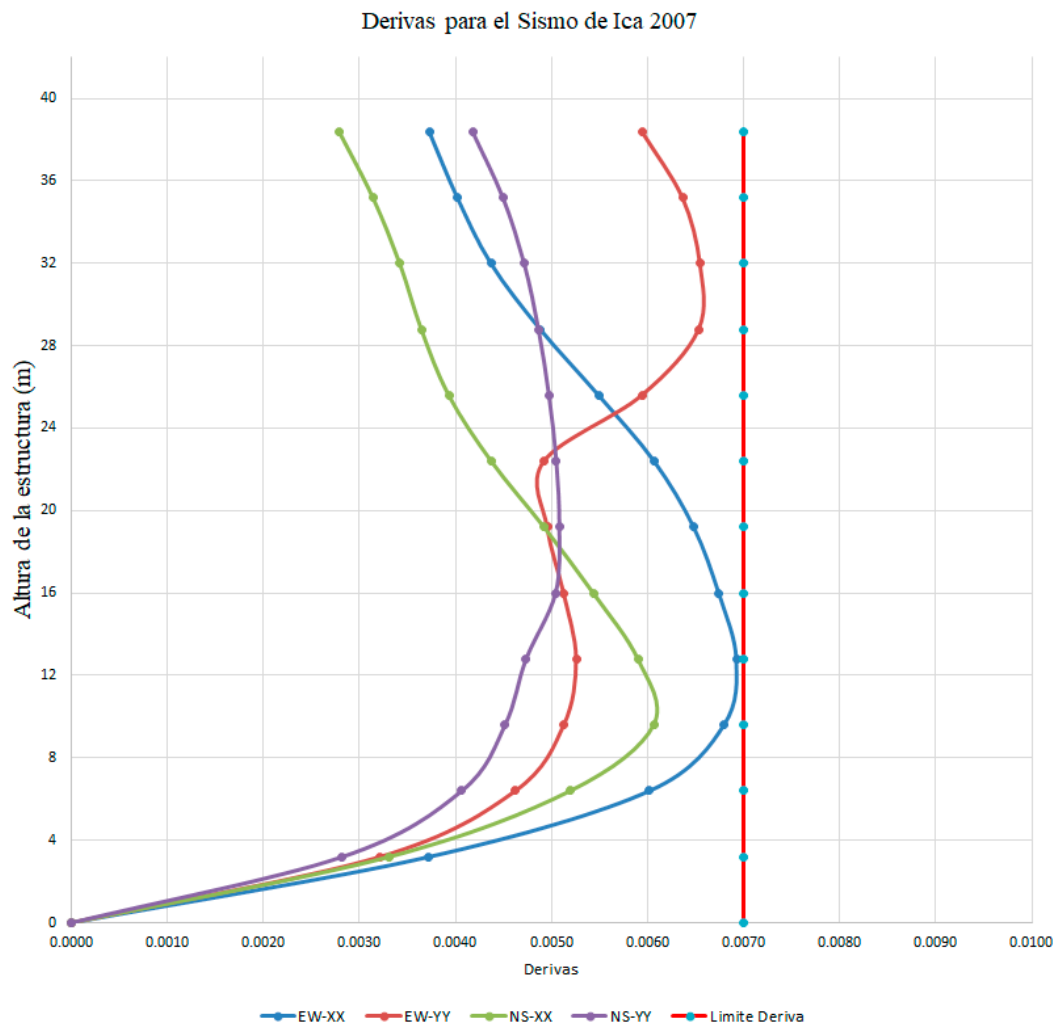
Derivas para el Sismo Ica 2007 - Caso NS - Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	S_Ica_2007_NS_YY	56.25	177.29	3200	13.37	0.0042
Nivel 11	S_Ica_2007_NS_YY	53.54	163.92	3200	14.38	0.0045
Nivel 10	S_Ica_2007_NS_YY	50.44	149.54	3200	15.09	0.0047
Nivel 09	S_Ica_2007_NS_YY	47.11	134.45	3200	15.57	0.0049
Nivel 08	S_Ica_2007_NS_YY	43.58	118.89	3200	15.91	0.0050
Nivel 07	S_Ica_2007_NS_YY	39.68	102.97	3200	16.16	0.0050
Nivel 06	S_Ica_2007_NS_YY	35.17	86.81	3200	16.26	0.0051
Nivel 05	S_Ica_2007_NS_YY	30.06	70.55	3200	16.13	0.0050
Nivel 04	S_Ica_2007_NS_YY	24.33	54.42	3200	15.15	0.0047
Nivel 03	S_Ica_2007_NS_YY	17.91	39.27	3200	14.45	0.0045
Nivel 02	S_Ica_2007_NS_YY	11.16	24.82	3200	13.00	0.0041
Nivel 01	S_Ica_2007_NS_YY	4.89	11.81	3200	9.03	0.0028

En la figura 45 se aprecia que las derivas de entrepiso de los cuatro casos de carga para el sismo de Ica 2007 no sobrepasan la deriva permisible de $\delta = 0.007$ llegando a valores máximos de $\delta = 0.0069$. El sismo de Ica 2007 escalado a un Sismo Máximo Considerado (SMC) fue uno de los eventos más desfavorables para el análisis de la estructura con una aceleración de 0.438g para el componente EW.

Sin embargo, con la colocación de los dispositivos de fluido viscoso en ambas direcciones de la estructura se logro disminuir significativamente las derivas de entrepiso, logrando respuestas elásticas de la estructura frente a sismos con una probabilidad de retorno de 2400 años.

Figura 45

Derivas con sismo escalado de Ica 2007



4.4.5 Análisis con espectro reducido

La norma FEMA 274 señala el procedimiento o metodología para realizar el análisis de la estructura considerando un espectro de demanda sísmica reducido por amortiguamiento, con el objetivo de comprobar la reducción de la deriva en un análisis modal espectral. En este aspecto se señala que se debe calcular el factor de reducción considerando el amortiguamiento efectivo que incorporan los dispositivos, mediante la siguiente ecuación:

$$B = \left[\frac{\beta_{eff}}{0.05} \right]^{0.03}$$

Donde:

B = Factor de reducción

$\beta_{eff} = 0.367$ amortiguamiento efectivo en porcentaje (36.7%)

Reemplazando valores se tiene:

$$B = \left[\frac{0.367}{0.05} \right]^{0.03} = 1.818481$$

Los valores de pseudo aceleración del espectro reducido se puede observar en la tabla 57

Tabla 57

Aceleraciones del espectro reducido por amortiguamiento

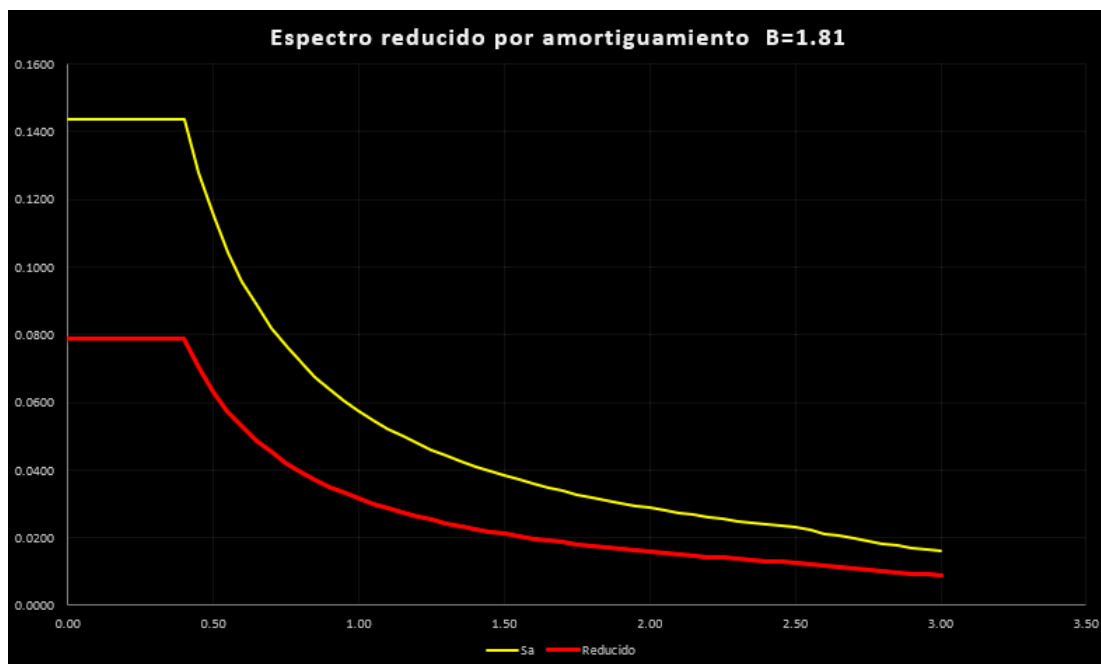
T	Sa	T	Sa
0.00	0.07905	1.50	0.02108
0.05	0.07905	1.55	0.02040
0.10	0.07905	1.60	0.01976
0.15	0.07905	1.65	0.01916
0.20	0.07905	1.70	0.01860
0.25	0.07905	1.75	0.01807
0.30	0.07905	1.80	0.01757
0.35	0.07905	1.85	0.01709
0.40	0.07905	1.90	0.01664
0.45	0.07027	1.95	0.01622
0.50	0.06324	2.00	0.01581
0.55	0.05749	2.05	0.01542
0.60	0.05270	2.10	0.01506
0.65	0.04865	2.15	0.01471
0.70	0.04517	2.20	0.01437
0.75	0.04216	2.25	0.01405
0.80	0.03952	2.30	0.01375
0.85	0.03720	2.35	0.01346
0.90	0.03513	2.40	0.01317
0.95	0.03328	2.45	0.01291
1.00	0.03162	2.50	0.01265
1.05	0.03011	2.55	0.01216
1.10	0.02875	2.60	0.01169

1.15	0.02750	2.65	0.01126
1.20	0.02635	2.70	0.01084
1.25	0.02530	2.75	0.01045
1.30	0.02432	2.80	0.01008
1.35	0.02342	2.85	0.00973
1.40	0.02259	2.90	0.00940
1.45	0.02181	2.95	0.00908
		3.00	0.00878

En la figura 46 se aprecia el espectro original en la curva amarilla y el espectro reducción por amortiguamiento en la curva roja.

Figura 46

Espectro reducido por amortiguamiento



Derivas inelásticas

Las derivas con el espectro reducido igualmente se calcularon considerando los desplazamientos laterales en el centro de masa. Teniendo en cuenta los resultados en el rango inelástico con el $R^*0.75$, donde $R=7$. Para el análisis por espectro reducido se deben de quitar los dispositivos previamente. En la tabla 58 y 59 se aprecian los resultados del análisis modal espectral con el espectro reducido en la dirección XX e YY.

Tabla 58*Derivas en la dirección XX con espectro reducido*

Derivas en el centro de masa. Dirección XX						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	Sis_Reduo_A_XX	79.899	18.09	3200	4.28	0.0013
Nivel 11	Sis_Reduo_A_XX	75.616	16.802	3200	4.92	0.0015
Nivel 10	Sis_Reduo_A_XX	70.701	15.43	3200	5.60	0.0018
Nivel 09	Sis_Reduo_A_XX	65.099	13.999	3200	6.23	0.0019
Nivel 08	Sis_Reduo_A_XX	58.873	12.444	3200	6.85	0.0021
Nivel 07	Sis_Reduo_A_XX	52.021	10.813	3200	7.43	0.0023
Nivel 06	Sis_Reduo_A_XX	44.596	9.126	3200	7.91	0.0025
Nivel 05	Sis_Reduo_A_XX	36.683	7.407	3200	8.26	0.0026
Nivel 04	Sis_Reduo_A_XX	28.427	5.689	3200	8.34	0.0026
Nivel 03	Sis_Reduo_A_XX	20.087	4.018	3200	7.96	0.0025
Nivel 02	Sis_Reduo_A_XX	12.13	2.467	3200	6.87	0.0021
Nivel 01	Sis_Reduo_A_XX	5.256	1.139	3200	4.14	0.0013

Tabla 59*Derivas en la dirección YY*

Derivas en el centro de masa. Dirección YY						
Story	Load Case/Combo	UX	UY	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión
		mm	mm	mm	mm	
Nivel 12	Sis_Reduo_A_YY	23.974	57.471	3200	4.17	0.0013
Nivel 11	Sis_Reduo_A_YY	22.699	53.303	3200	4.45	0.0014
Nivel 10	Sis_Reduo_A_YY	21.224	48.85	3200	4.68	0.0015
Nivel 09	Sis_Reduo_A_YY	19.533	44.168	3200	4.98	0.0016
Nivel 08	Sis_Reduo_A_YY	17.665	39.193	3200	5.19	0.0016
Nivel 07	Sis_Reduo_A_YY	15.609	34.008	3200	5.34	0.0017
Nivel 06	Sis_Reduo_A_YY	13.381	28.669	3200	5.42	0.0017
Nivel 05	Sis_Reduo_A_YY	11.007	23.252	3200	5.39	0.0017
Nivel 04	Sis_Reduo_A_YY	8.53	17.86	3200	5.22	0.0016
Nivel 03	Sis_Reduo_A_YY	6.027	12.638	3200	4.84	0.0015
Nivel 02	Sis_Reduo_A_YY	3.64	7.797	3200	4.15	0.0013
Nivel 01	Sis_Reduo_A_YY	1.577	3.643	3200	2.75	0.0009

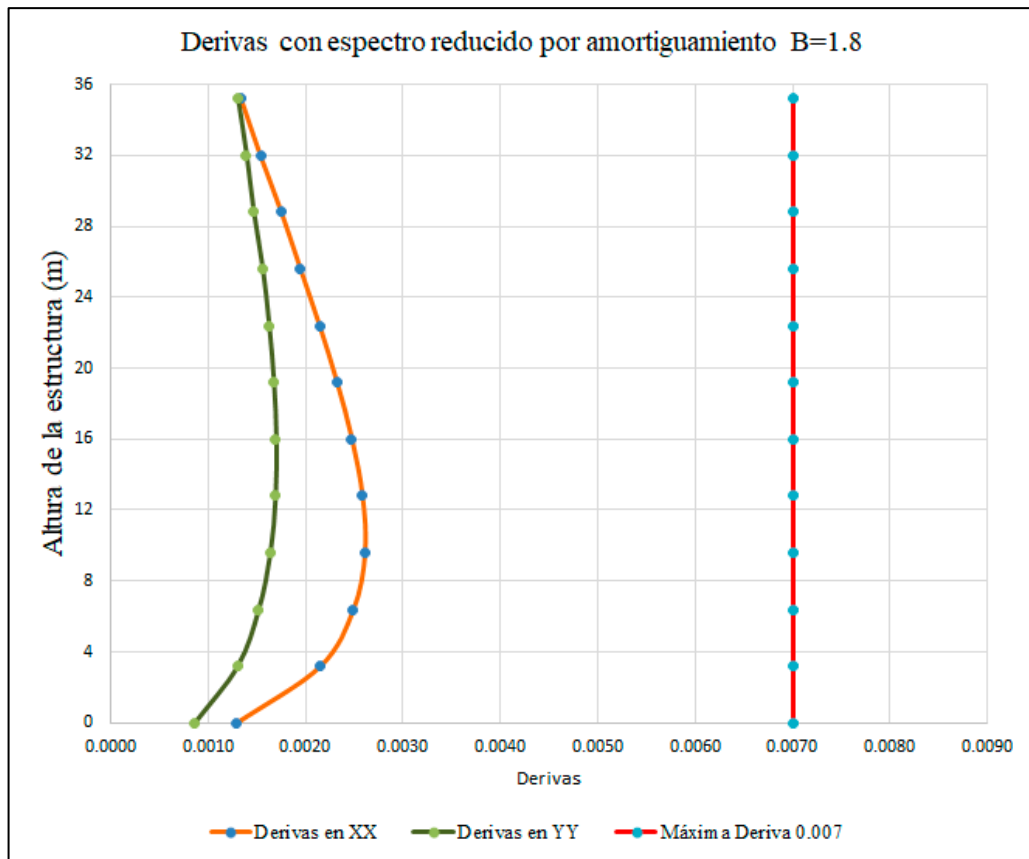
Se aprecia que la máxima deformación lateral es equivalente a $\delta = 0.0026$ en el cuarto y quinto piso de la estructura, cumpliendo ampliamente con lo requerido en la norma E.030.

$$\delta = 0.0026 < 0.007$$

En la figura 47 se aprecia con mayor claridad que las derivas en la dirección XX y dirección YY se han reducido considerablemente para la estructura que inicialmente tenía desplazamientos inelásticos de $\delta = 0.0071$.

Figura 47

Derivas en XX – YY con el espectro reducido



Con estos resultados se puede señalar que, la estructura con la incorporación de los dispositivos de fluido viscoso disminuye las deformaciones laterales mejorando su comportamiento estructural frente a la estructura convencional.

V. DISCUSIÓN

En los resultados comparativos de deformación lateral en las estructuras, se aprecia que, mediante la incorporación de dispositivos de fluido viscoso, las reducciones de las derivas disminuyeron en un rango del 61% al 64% en todos los niveles como se aprecia en la tabla 60. Mediante este resultado se llegó a comprobar la hipótesis del estudio, que señala que: La respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con dispositivos de fluido viscoso, mejora considerablemente al disminuir las derivas.

Tabla 60

Porcentaje (%) de disminución de derivas

Nivel	Estructura convencional		Estructura con amortiguamiento viscoso		% Disminución de la deformación lateral	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 12	0.0035	0.0035	0.0013	0.0013	61.91%	62.76%
Nivel 11	0.0041	0.0038	0.0015	0.0014	62.45%	62.97%
Nivel 10	0.0047	0.0040	0.0018	0.0015	63.06%	63.25%
Nivel 09	0.0054	0.0043	0.0019	0.0016	63.64%	63.51%
Nivel 08	0.0060	0.0045	0.0021	0.0016	64.05%	63.73%
Nivel 07	0.0065	0.0046	0.0023	0.0017	64.21%	63.84%
Nivel 06	0.0069	0.0047	0.0025	0.0017	64.12%	63.81%
Nivel 05	0.0071	0.0046	0.0026	0.0017	63.78%	63.64%
Nivel 04	0.0071	0.0045	0.0026	0.0016	63.28%	63.36%
Nivel 03	0.0067	0.0041	0.0025	0.0015	62.69%	62.98%
Nivel 02	0.0057	0.0035	0.0021	0.0013	62.12%	62.54%
Nivel 01	0.0034	0.0023	0.0013	0.0009	61.85%	62.25%

Este resultado concuerda con los resultados obtenidos por Morales y Sinchiguano (2018) quienes llegaron a demostrar que la incorporación del amortiguamiento en una estructura de ocho niveles hasta en un 56% en ambas direcciones las derivas. Los resultados también coinciden con los resultados encontrados por Villareal y Diaz la Rosa (2016) para una estructura de ocho niveles quienes en la Tabla 4.2 muestran los resultados de la reducción que llegan hasta un máximo de 50.25%.

Respecto al análisis tiempo historia la reducción de la deriva fue notoria en los tres casos, logrando obtener reducciones de hasta 33.5% en el caso de sismo de Lima como se aprecia en la siguiente tabla para el componente Lima EW en la dirección XX de la estructura. Igualmente se presentan incrementos de deriva en algunos niveles por la redistribución de fuerzas, sin embargo, no son significativos para lograr deformaciones importantes en la estructura.

Tabla 61

Porcentaje (%) de disminución de derivas para el sismo de Lima 1966

Análisis del resultado del Sismo de Lima de 1966												
	Resultados del Sismo de Lima con la Estructura sin disipadores				Estructura con disipadores				% de Reducción e Incrementos de derivas			
	EW		NS		EW		NS		EW		NS	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 12	0.0046	0.0051	0.0031	0.0046	0.0037	0.0059	0.0028	0.0042	19.56%	-17.38%	10.32%	9.33%
Nivel 11	0.0054	0.0055	0.0022	0.0049	0.0040	0.0064	0.0031	0.0045	26.18%	-16.15%	-45.69%	8.81%
Nivel 10	0.0064	0.0056	0.0029	0.0049	0.0044	0.0065	0.0034	0.0047	31.30%	-16.12%	-19.87%	4.34%
Nivel 09	0.0073	0.0058	0.0035	0.0053	0.0049	0.0065	0.0036	0.0049	33.35%	-12.17%	-3.23%	8.52%
Nivel 08	0.0083	0.0062	0.0042	0.0052	0.0055	0.0059	0.0039	0.0050	33.51%	4.32%	5.55%	4.48%
Nivel 07	0.0090	0.0063	0.0047	0.0053	0.0061	0.0049	0.0044	0.0051	32.88%	21.42%	7.01%	5.13%
Nivel 06	0.0096	0.0065	0.0052	0.0052	0.0065	0.0050	0.0049	0.0051	32.52%	23.28%	5.43%	3.18%
Nivel 05	0.0099	0.0065	0.0057	0.0053	0.0067	0.0051	0.0054	0.0050	31.69%	20.92%	4.34%	4.72%
Nivel 04	0.0097	0.0061	0.0061	0.0050	0.0069	0.0053	0.0059	0.0047	28.89%	14.44%	3.89%	5.34%
Nivel 03	0.0090	0.0057	0.0062	0.0045	0.0068	0.0051	0.0061	0.0045	24.82%	9.86%	2.71%	-1.07%
Nivel 02	0.0076	0.0049	0.0056	0.0037	0.0060	0.0046	0.0052	0.0041	20.78%	5.09%	6.55%	-8.69%
Nivel 01	0.0045	0.0032	0.0030	0.0025	0.0037	0.0032	0.0033	0.0028	17.74%	0.22%	-10.42%	-11.85%

Respecto al análisis tiempo historia para el caso del sismo de Arequipa 2001, se logró obtener reducciones de hasta 39.53% en el caso de sismo de Arequipa NS en el caso dirección XX como se aprecia en la tabla 62. También se presentaron incrementos de derivas en el caso NS, dirección YY por la redistribución de fuerza que se genera con la incorporación de los dispositivos de fluido viscoso y por las características de variación de aceleraciones de un evento sísmico. Sin embargo, se llegó a determinar que

estos incrementos no son significativos para lograr deformaciones importantes en la estructura como en el nivel 01 donde se pasó de a $\delta = 0.0026$ a $\delta = 0.0032$.

Tabla 62

Porcentaje (%) de disminución de derivas para el sismo de Arequipa 2001

Análisis del resultado del Sismo de Arequipa de 2001												
	Resultados del Sismo de Lima con la Estructura sin disipadores				Estructura con disipadores				% de Reducción e Incrementos de derivas			
	EW		NS		EW		NS		EW		NS	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 12	0.0039	0.0046	0.0042	0.0042	0.0031	0.0037	0.0032	0.0049	20.51%	19.57%	23.81%	-16.67%
Nivel 11	0.0046	0.0050	0.0048	0.0045	0.0036	0.0039	0.0037	0.0053	21.74%	22.00%	22.92%	-17.78%
Nivel 10	0.0054	0.0053	0.0056	0.0048	0.0040	0.0041	0.0041	0.0055	25.93%	22.64%	26.79%	-14.58%
Nivel 09	0.0062	0.0057	0.0064	0.0051	0.0043	0.0043	0.0043	0.0057	30.65%	24.56%	32.81%	-11.76%
Nivel 08	0.0069	0.0060	0.0070	0.0053	0.0045	0.0045	0.0045	0.0058	34.78%	25.00%	35.71%	-9.43%
Nivel 07	0.0076	0.0063	0.0077	0.0055	0.0050	0.0048	0.0048	0.0059	34.21%	23.81%	37.66%	-7.27%
Nivel 06	0.0080	0.0064	0.0083	0.0056	0.0054	0.0050	0.0051	0.0059	32.50%	21.88%	38.55%	-5.36%
Nivel 05	0.0082	0.0064	0.0086	0.0055	0.0057	0.0051	0.0052	0.0059	30.49%	20.31%	39.53%	-7.27%
Nivel 04	0.0080	0.0061	0.0086	0.0052	0.0060	0.0050	0.0053	0.0058	25.00%	18.03%	38.37%	-11.54%
Nivel 03	0.0075	0.0056	0.0081	0.0047	0.0059	0.0048	0.0052	0.0055	21.33%	14.29%	35.80%	-17.02%
Nivel 02	0.0064	0.0048	0.0069	0.0039	0.0052	0.0042	0.0047	0.0048	18.75%	12.50%	31.88%	-23.08%
Nivel 01	0.0039	0.0032	0.0042	0.0026	0.0032	0.0028	0.0029	0.0032	17.95%	12.50%	30.95%	-23.08%

Respecto al análisis tiempo historia para el caso del sismo de Ica 2007, se logró obtener reducciones de hasta 61.56% en el caso de sismo de Ica NS en el caso dirección XX como se aprecia en la tabla 63. También se presentaron incrementos de derivas en el caso EW, dirección YY por la redistribución de fuerzas al colocar los dispositivos de fluido viscoso. Estos resultados demuestran que la colocación de los dispositivos para este sismo fue mucho más ventajosa que en los demás casos.

Tabla 63*Porcentaje (%) de disminución de derivas para el sismo de Ica 2007*

Análisis del resultado del Sismo de Arequipa de 2001												
	Resultados del Sismo de Lima con la Estructura sin disipadores				Estructura con disipadores				% de Reducción e Incrementos de derivas			
	EW		NS		EW		NS		EW		NS	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 12	0.0049	0.0056	0.0070	0.0051	0.0037	0.0059	0.0028	0.0042	23.94%	-6.14%	60.16%	18.10%
Nivel 11	0.0057	0.0058	0.0080	0.0055	0.0040	0.0064	0.0031	0.0045	29.47%	-9.76%	60.74%	18.31%
Nivel 10	0.0067	0.0058	0.0089	0.0058	0.0044	0.0065	0.0034	0.0047	34.78%	-12.88%	61.56%	18.71%
Nivel 09	0.0075	0.0058	0.0095	0.0062	0.0049	0.0065	0.0036	0.0049	34.87%	-12.64%	61.62%	21.55%
Nivel 08	0.0084	0.0061	0.0095	0.0065	0.0055	0.0059	0.0039	0.0050	34.61%	2.64%	58.62%	23.49%
Nivel 07	0.0090	0.0064	0.0084	0.0067	0.0061	0.0049	0.0044	0.0051	32.54%	23.13%	47.92%	24.63%
Nivel 06	0.0094	0.0067	0.0076	0.0066	0.0065	0.0050	0.0049	0.0051	31.04%	26.03%	35.21%	23.00%
Nivel 05	0.0095	0.0068	0.0081	0.0064	0.0067	0.0051	0.0054	0.0050	29.03%	24.60%	32.86%	21.22%
Nivel 04	0.0093	0.0068	0.0087	0.0060	0.0069	0.0053	0.0059	0.0047	25.54%	22.69%	32.16%	21.10%
Nivel 03	0.0085	0.0063	0.0089	0.0054	0.0068	0.0051	0.0061	0.0045	20.05%	18.59%	31.85%	16.37%
Nivel 02	0.0070	0.0055	0.0081	0.0045	0.0060	0.0046	0.0052	0.0041	14.01%	15.93%	35.88%	9.69%
Nivel 01	0.0041	0.0037	0.0052	0.0029	0.0037	0.0032	0.0033	0.0028	9.20%	13.16%	36.40%	2.69%

Mediante los cuadros de análisis de resultados se llegó a demostrar que mediante la utilización de dispositivos de fluido viscoso con amortiguamiento viscoso ζ en la estructura, es posible proporcionar una mejor protección y una mejor respuesta frente a eventos sísmicos severos en la ciudad de Puno.

VI. CONCLUSIONES

1. Se llegó a determinar que la edificación de 12 niveles es una estructura de tipo dual con pórticos y muros estructurales altamente flexible con un periodo fundamental de $T=1.408$ para el primer modo de vibración, ubicándose en una zona sísmica Z3, y con un tipo de suelo intermedio S2 de acuerdo al estudio de suelos realizado previamente para el presente estudio. Con estos parámetros se llegó a determinar el coeficiente sísmico para este tipo de estructura, así como los parámetros normativos para su análisis estructural que permitieron determinar un espectro para el análisis modal espectral para la estructura convencional.
2. Se llegó a determinar la rigidez y amortiguamiento viscoso requerido por la estructura, considerando los resultados del análisis de tiempo historia con sismos escalados de acuerdo a la norma E.030. La propuesta de implementación de los dispositivos se realizó en las dos direcciones de la edificación XX e YY dando como resultado dos tipos de dispositivos con los siguientes amortiguamientos: $C_{jx} = 1652.55 \frac{\text{tonf.s}}{\text{m}}$ para la dirección XX y $C_{jy} = 1912.089 \frac{\text{tonf.s}}{\text{m}}$ para la dirección YY.
3. Se llegó a determinar que los periodos de estructuras con amortiguamiento viscoso incorporado no varían, considerando que la rigidez aportada por los dispositivos a la estructura es insignificante, sin embargo el incorporamiento de amortiguamiento viscoso ζ llega a modificar significativamente las derivas en análisis tiempo historia y en el análisis modal espectral con un espectro reducido por amortiguamiento.
4. A modo de conclusión general se llegó a determinar que la incorporación de amortiguamiento de tipo viscoso ζ mediante los dispositivos de fluido viscoso, mejora considerablemente la respuesta estructural de la edificación de 12 niveles en Puno – 2022, en vista que se demuestra una reducción de hasta un 64% de las derivas para un análisis modal espectral, mientras que en el caso del análisis tiempo historia con sismos máximos considerados con una tasa de retorno de 2400 años se demostró que en los 12 casos de análisis no se supera el rango establecido en la norma E.030 equivalente a $\delta = 0.007$.

VII. RECOMENDACIONES

1. Considerando que la utilización del amortiguamiento de tipo viscoso ζ en las estructuras es ampliamente beneficioso para soportar demandas sísmicas con tasas de retorno de 2400 años, se recomienda establecer líneas de investigación para determinar cómo favorece la utilización de estas tecnologías en todo tipo de edificaciones : como estructuras esenciales, estructuras de bajo periodo y estructuras de periodos altos, con el objetivo de tener estructuras mucho más seguras frente a eventos sísmicos inesperados en la ciudad de Puno y las zonas de mayor peligro sísmico en el país. .
2. Se recomienda evaluar las estructuras que tienen periodos superiores a 1.0s en vista que pueden ser reforzadas con dispositivos de fluido viscoso, determinando para ello las características estructurales de la edificación, así como sus parámetros normativos para un análisis estructural adecuado, determinando de esta manera si requiere de la incorporación de amortiguamiento.
3. Se recomienda para determinar el amortiguamiento viscoso ζ previamente se utilice sismos escalados a un sismo máximo considerado, tal como se señala en la norma internacional ASCE SEI 7/16, para obtener de esta manera desempeños más adecuados a eventos sísmicos de mayor magnitud.
4. Es recomendable establecer criterios normativos de análisis para estructuras con amortiguamiento añadido en la norma E.030, dado que la importancia del uso del amortiguamiento de fuerzas sísmicas ha demostrado su gran utilidad a nivel mundial.

REFERENCIAS

- Cruz & Miranda (2018)** “Confiabilidad de la Fracción de Amortiguamiento Crítico inferida a partir de Registros Sísmicos en Edificios”. Paper de Conferencia. Recuperado de <http://www.Researchgate.net/publication/325070769>
- Morales, A. & Sinchiguano, J. (2018)** “Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica”. Universidad Central, Quito- Ecuador.
- CTD. (2011).** Protección Sísmica de Estructuras "Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía". Documentos técnicos Corporación de Desarrollo Tecnológico, CTD. Recuperado el 24 de noviembre de 2015, de Corporación de Desarrollo Tecnológico, CTD. Cámara Chilena de la Construcción-Corporación de Desarrollo Tecnológico.
- Constantinou, M. & Tsopeles P. (1993)** “Fluid viscous dampers in application of seismic energy dissipation and seismic isolation”. State University de New York, Buffalo – USA.
- Taylor, D. & Constantinou, M. (2010)** “Fluid dampers for applications of seismic energy dissipation and seismic isolation”. State University de New York, Buffalo – USA.
- Huerta, L. (2017)** “Análisis comparativo del comportamiento estructural del CPU-UNASAM con disipadores de fluido Viscoso”. Universidad nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz – Perú.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista L. (2014)** “Metodología de la Investigación”. Sexta Edición. McGRAW – HILL/Interamericana Editores S.A. México D.F. , México.
- Tavera (2014).** “Evaluación del peligro Sísmicos asociados al los sismos y efectos secundarios en Perú”. Instituto Geofísico del Perú. Lima- Perú.

- Segovia (2016)** “Diseño de disipadores de energía metálicos para una edificación de baja altura de concreto armado”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima- Perú.
- Ninahualpa (2016)** “Evaluación del diseño de un edificio de hormigón armado con la utilización de dispositivos de disipación de energía friccionales, acoplados con un mecanismo de amplificación de desplazamientos ELAS”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador
- Santos, M. (2011)** “Energy dissipation Systems for Buildings”. Technical University of Lisbon. Portugal
- Villareal, G. & Oviedo, R. (2009)** “Edificaciones con disipadores de energía”. Primera Edición. Asamblea Nacional de Rectores. Lima Perú.
- Villareal, G. & Diaz la Rosa, M. (2016)** “Edificaciones con disipadores viscosos”. Primera Edición. Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. Trujillo - Perú.
- Gómez, D. (2020)** “Evaluación del coeficiente de disipación de energía R en edificaciones de concreto reforzado con disipadores de energía viscosos ubicados en zona de amenaza sísmica alta”. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia
- Aguilar, P. y Arias, S (2019)** “Propuesta de reforzamiento de un edificio afectado en el sismo del 16 de abril de 2016 ubicado en la ciudad de Portoviejo utilizando disipadores de energía de fluido viscoso”. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Azunción, V. (2016)** “Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en Sap2000”. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- BID (2016)** “¿Qué tan vulnerables son las ciudades latinoamericanas ante los terremotos?”. Artículo, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/terremotos/>

- Ayala, R. Delgadillo, A, Ferrer C. (2017)** “Amenaza Sísmica en Latinoamérica”. Artículo en revista Geográfica Venezolana (VI 58, Nro 2, p 258-262), Universidad de los Andes. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347753793001/html/index.html>
- Montalvo, M. (2019)** “Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual y disipador de fluido viscoso, Lima 2019”. Tesis de Pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Lima - Perú.
- Álvarez, C. (2017)** “Análisis y diseño de disipadores sísmicos de fluido viscoso para control de la respuesta sísmica de edificaciones en Huancayo 2017”. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo - Perú.
- Pardo, J. (2007)** “Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de fluido viscoso de tipo lineal”. Tesis de Pregrado. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.

ANEXOS

ANEXO 1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA: “Respuesta estructural de una Edificación de 12 niveles con el uso de Amortiguadores de Energía de tipo viscoso, Puno - 2022”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE DE ESTUDIO	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida se mejora la respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía viscoso, Puno – 2022? <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las características estructurales de la edificación de 12 niveles, así como los parámetros normativos para su análisis estructural? ¿Cuál es la rigidez y amortiguamiento 	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar en qué medida la respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía viscoso, Puno – 2022. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las características estructurales de la edificación de 12 niveles, así como los parámetros normativos para su análisis estructural, Determinar la rigidez y amortiguamiento viscoso, requeridos para la estructura tomada como muestra 	<p>Hipótesis general:</p> <ul style="list-style-type: none"> La respuesta estructural de una edificación de 12 niveles con el uso de amortiguadores de energía viscoso, Puno – 2022, mejora considerablemente al disminuir las derivas, el periodo y las aceleraciones 	<p>Variable Independiente:</p> <p>Amortiguadores de energía de fluido Viscoso</p> <ul style="list-style-type: none"> Es la incorporación de amortiguamiento mediante dispositivos de fluido viscoso en los pórticos de una estructura de 12 niveles <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rigidez Amortiguamiento <p>Variable Dependiente:</p> <p>Respuesta estructural de una edificación de 12 niveles</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>La investigación será Aplicada.</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>La investigación tendrá un nivel no experimental, con un nivel explicativo.</p> <p>Diseño:</p> <p>Causa – Efecto.</p> <p>El diseño de la investigación es el No experimental, de tipo transversal:</p> <p>Población y Muestra:</p> <p>Población:</p> <p>La población lo constituyen los edificios similares con un</p>

<p>de los dispositivos de amortiguamiento viscoso, requeridos para la estructura tomada como muestra de acuerdo a sus parámetros normativos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida se modifica los periodos y aceleraciones del edificio de doce niveles al implementar los amortiguadores de tipo viscoso? 	<p>de acuerdo a sus parámetros normativos,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar en qué medida se modifica la deriva, los periodos y aceleraciones en el edificio de doce niveles al implementar los amortiguadores de tipo viscoso. 		<ul style="list-style-type: none"> • “Es la respuesta dinámica de la estructura en un evento sísmico” <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deriva • Aceleración • Periodo 	<p>sistema estructural mixto, aporticado o de muros estructurales.</p> <p>Muestra</p> <p>Se definió como no probabilística, seleccionada por conveniencia: Edificio de concreto armado de 12 niveles.</p>
--	---	--	---	--

ANEXO 2.-OPERACIONALIZACION DE VARIABLES: “Respuesta estructural de una Edificación de 12 niveles con el uso de Amortiguadores de Energía de tipo viscoso, Puno – 2022”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
Amortiguadores de energía de tipo Viscoso	Villareal (2016) define los dispositivos, como disipadores de energía de tipo viscoso que dependen de la velocidad y no del desplazamiento, por lo cual no varían la rigidez de la estructura ni incrementan esfuerzos en los elementos estructurales.	Se definen como dispositivos con propiedades mecánicas de rigidez y amortiguamiento.	Rigidez	Rigidez	Ecuación de Rigidez del brazo metálico	De razón
			Amortiguamiento Efectivo	Energía disipada	Ecuación de amortiguamiento viscoso Norma FEMA 274	De razón
Respuesta estructural	La respuesta estructural de una edificación según Villareal & Díaz la Rosa (2016) es la respuesta de una edificación frente a una determinada fuerza sísmica.	Es la respuesta de la estructura frente a una fuerza sísmica y se evalúa a través de la deformación, la aceleración, la frecuencia de vibración.	Deformación lateral	Derivas inelásticas	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón
			Vibración	Aceleración	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón
			Frecuencia de Vibración	Periodo	Análisis no lineal Tiempo Historia	De razón

ANEXO 3.- Secciones de los perfiles de Acero

1-94

DIMENSIONS AND PROPERTIES




Table 1-13
Round HSS
Dimensions and Properties

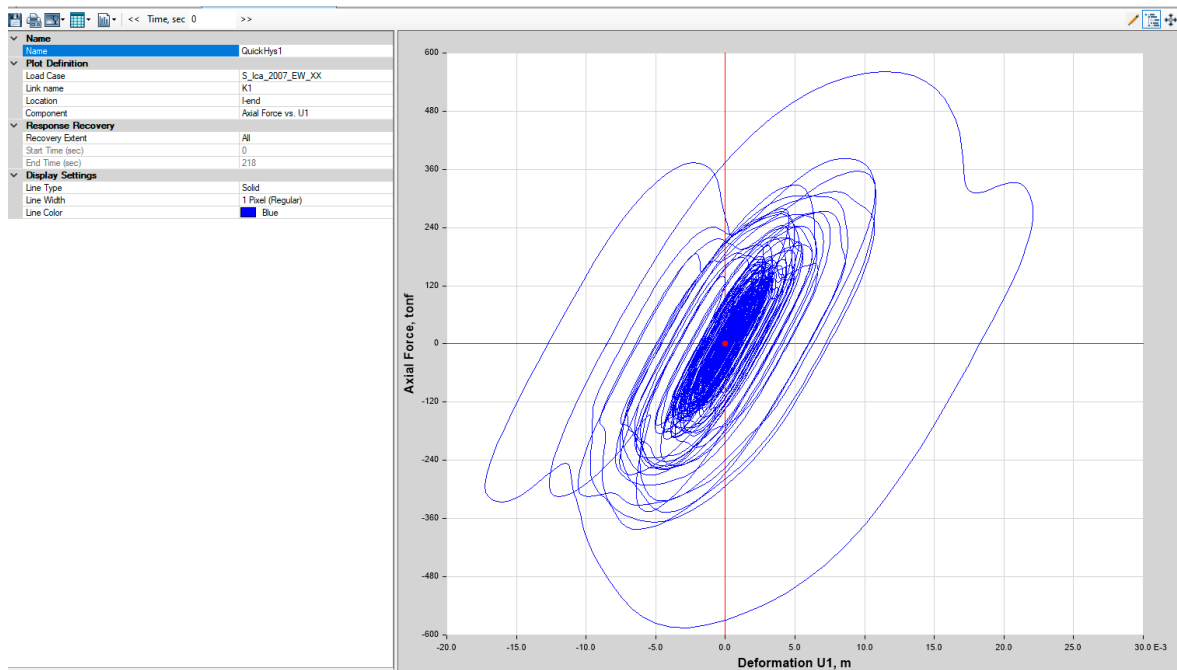
HSS20.000-
HSS10.000

Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion		
									<i>J</i>	<i>C</i>	
	in.	lb/ft	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	
HSS20.000×0.500	0.465	104.00	28.5	43.0	1360	136	6.91	177	2720	272	
	×0.375 [†]	0.349	78.67	21.5	57.3	1040	104	6.95	135	2080	208
HSS18.000×0.500	0.465	93.54	25.6	38.7	985	109	6.20	143	1970	219	
	×0.375 [†]	0.349	70.66	19.4	51.6	754	83.8	6.24	109	1510	168
HSS16.000×0.625	0.581	103.00	28.1	27.5	838	105	5.46	138	1680	209	
	×0.500	0.465	82.85	22.7	685	85.7	5.49	112	1370	171	
	×0.438	0.407	72.87	19.9	39.3	606	75.8	5.51	99.0	1210	152
	×0.375	0.349	62.64	17.2	45.8	526	65.7	5.53	85.5	1050	131
	×0.312 [†]	0.291	52.32	14.4	55.0	443	55.4	5.55	71.8	886	111
	×0.250 [†]	0.233	42.09	11.5	68.7	359	44.8	5.58	57.9	717	89.7
HSS14.000×0.625	0.581	89.36	24.5	24.1	552	78.9	4.75	105	1100	158	
	×0.500	0.465	72.16	19.8	30.1	453	64.8	4.79	85.2	907	130
	×0.375	0.349	54.62	15.0	40.1	349	49.8	4.83	65.1	698	100
	×0.312	0.291	45.65	12.5	48.1	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2
	×0.250 [†]	0.233	36.75	10.1	60.1	239	34.1	4.87	44.2	478	68.2
HSS12.750×0.500	0.465	65.48	17.9	27.4	339	53.2	4.35	70.2	678	106	
	×0.375	0.349	49.61	13.6	36.5	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1
	×0.250 [†]	0.233	33.41	9.16	54.7	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3
HSS10.750×0.500	0.465	54.79	15.0	23.1	199	37.0	3.64	49.2	398	74.1	
	×0.375	0.349	41.59	11.4	30.8	154	28.7	3.68	37.8	309	57.4
	×0.250	0.233	28.06	7.70	46.1	106	19.8	3.72	25.8	213	39.6
HSS10.000×0.625	0.581	62.64	17.2	17.2	191	38.3	3.34	51.6	383	76.6	
	×0.500	0.465	50.78	13.9	21.5	159	31.7	3.38	42.3	317	63.5
	×0.375	0.349	38.58	10.6	28.7	123	24.7	3.41	32.5	247	49.3
	×0.312	0.291	32.31	8.88	34.4	105	20.9	3.43	27.4	209	41.9
	×0.250	0.233	26.06	7.15	42.9	85.3	17.1	3.45	22.2	171	34.1
	×0.188 [†]	0.174	19.72	5.37	57.5	64.8	13.0	3.47	16.8	130	25.9

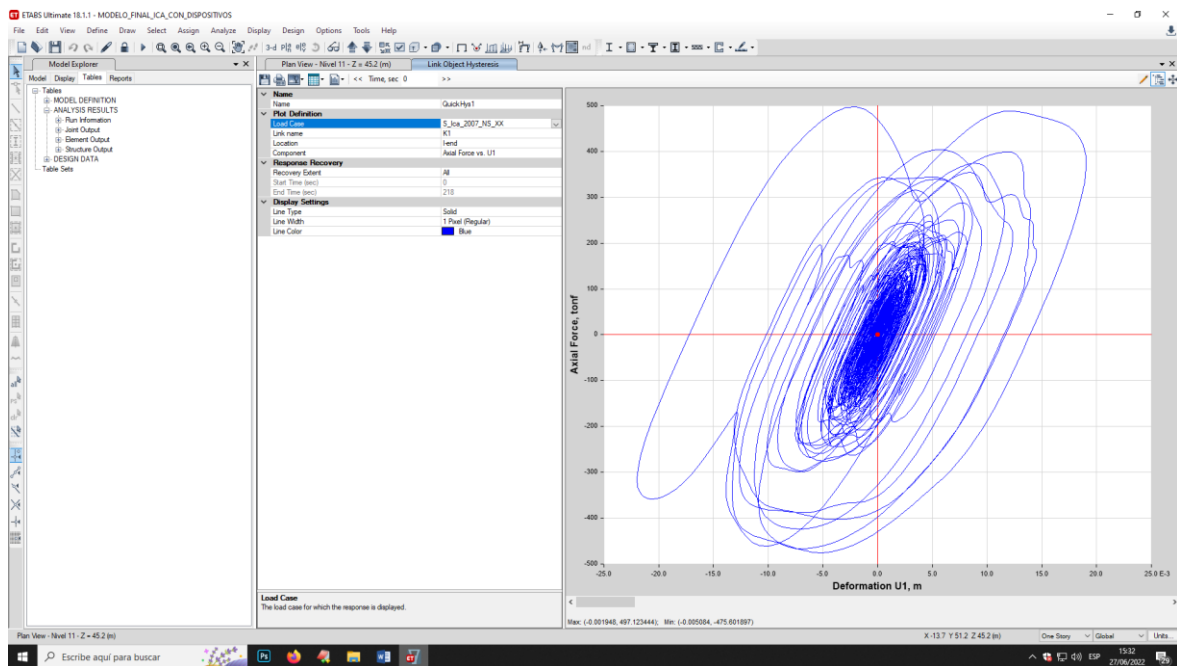
[†] Shape exceeds compact limit for flexure with $F_y = 42$ ksi.

ANEXO 4.- Comportamiento histerético de los dispositivos

Ejemplo de comportamiento histerico de dispositivos (Ica 2007 - EW)



Ejemplo de comportamiento histerico de dispositivos (Ica 2007 - NS)



ANEXO 5.- Stroke de los dispositivos

Máximo desplazamiento para el caso desfavorable Ica2007-NS

TABLE: Element Deformations - Links								
Story	Link	Output Case	Step Type	U1	U2	U1	U2	Stroke
				m	m	mm	mm	cm
Nivel 09	K6	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.01338	0.020443	13.380	20.443	3.382
Nivel 09	K12	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.013751	0.021045	13.751	21.045	3.480
Nivel 09	K18	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.003908	0.004977	3.908	4.977	0.889
Nivel 09	K24	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004095	0.005232	4.095	5.232	0.933
Nivel 08	K5	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.013846	0.021726	13.846	21.726	3.557
Nivel 08	K11	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.014129	0.02146	14.129	21.460	3.559
Nivel 08	K17	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.003931	0.005062	3.931	5.062	0.899
Nivel 08	K23	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004129	0.005323	4.129	5.323	0.945
Nivel 07	K4	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.014993	0.023623	14.993	23.623	3.862
Nivel 07	K10	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.014758	0.023321	14.758	23.321	3.808
Nivel 07	K16	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.003993	0.005184	3.993	5.184	0.918
Nivel 07	K22	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004196	0.005447	4.196	5.447	0.964
Nivel 06	K3	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.01617	0.025236	16.170	25.236	4.141
Nivel 06	K9	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.015935	0.024851	15.935	24.851	4.079
Nivel 06	K15	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004072	0.005345	4.072	5.345	0.942
Nivel 06	K21	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004285	0.005615	4.285	5.615	0.990
Nivel 05	K2	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.017352	0.027472	17.352	27.472	4.482
Nivel 05	K8	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.016986	0.026657	16.986	26.657	4.364
Nivel 05	K14	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004181	0.005548	4.181	5.548	0.973
Nivel 05	K20	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004407	0.005865	4.407	5.865	1.027
Nivel 04	K1	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.019039	0.029925	19.039	29.925	4.896
Nivel 04	K7	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.018162	0.028108	18.162	28.108	4.627
Nivel 04	K13	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004299	0.005696	4.299	5.696	1.000
Nivel 04	K19	S_Ica_2007_NS_XX	Max	0.004571	0.00609	4.571	6.090	1.066

ANEXO 6.- Estudio de Mecánica de Suelo



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Análisis de Agua y Ensayos de Materiales



ESTUDIO DE MECÁNICA SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

OBRA:

“RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022”

SOLICITANTE: FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMATA
INGENIERO CIVIL E.T.P. Nº 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

MAYO DEL 2022

DIRECCIÓN: JR. AYAVIRI N° 264 - PUNO
Email: megalaboratorio@hotmail.com

Referencia: (Jr. Ancash 456)



MegaLaboratorio del sur SRL



megalaboratorio del sur

Celular: 951 960404
998 998 948
Teléfono: 051-355431



INFORME GEOTÉCNICO
PROYECTO:
“RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022”

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES	3
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO	3
1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	3
II. GENERALIDADES	3
2.1. INTRODUCCIÓN	3
2.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	4
3.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO	4
3.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	4
IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	5
4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS	5
4.2. FASE DE CAMPO Y LABORATORIO	5
4.3. FASE DE GABINETE	5
V. SISMICIDAD	7
5.1. SISMICIDAD	7
5.1.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA	7
5.1.2. SISMICIDAD REGIONAL	8
5.1.3. SISMICIDAD HISTÓRICA	9
5.1.4. PELIGRO SÍSMICO	10
VI. GEOTÉCNIA DEL PROYECTO	14
6.1. INTRODUCCIÓN	14
6.2. NORMATIVIDAD	14
6.3. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS	14


MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
 INGENIERO CIVIL CIP. N° 126146
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



6.3.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN 14

6.4. TRABAJOS DE CAMPO 15

6.4.1. ENSAYO SPT 15

6.4.2. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS SPT 16

SUSTENTACIÓN DE CÁLCULOS PARA EL ENSAYO SPT 17

6.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS 18

6.5.1. RESULTADOS DE LABORATORIO 18

6.5.2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 20

6.5.3. RESULTADOS DEL ENSAYO SPT 21

6.5. DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS 24

07. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 26

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12614-
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



I. ASPECTOS GENERALES

1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

"RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"

1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

REGIÓN : PUNO
 PROVINCIA : PUNO
 DISTRITO : PUNO
 UBICACIÓN : URBANIZACIÓN BARRIO MANTO.

II. GENERALIDADES

2.1. INTRODUCCIÓN

El autor de la tesis *Fresia Judith Condori Huanacuni* en coordinación con el asesor, se viene realizando los estudios del ensayo SPT, con la finalidad de verificar la capacidad de soporte de suelo del proyecto en ejecución de nombre: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"; y como tal viene haciendo los estudios geotécnicos, con el fin de concluir cada uno de los.

2.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra Ubicación en el centro poblado de salcedo en EL Jr. San Luis de Alva del barrio manto, con ubicación de coordenada E= 390,913.55, N= 8'245,806.64 y Z=3,942msnm, en la urbanización barrio manto del distrito de Puno, Provincia y Departamento de Puno.

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMA
 INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12614
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

3.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO

- Conocer las características Geológicas y Geomorfológicas de la zona de influencia del presente proyecto.
- Definir las condiciones de Geodinámica de la zona de influencia del proyecto, determinando la posible ocurrencia de erosión, deslizamientos, asentamientos diferenciales, áreas de filtraciones y otros desplazamientos de masas que puedan tener incidencia en el área de construcción del presente proyecto.
- Analizar las condiciones de sensibilidad sísmica de la zona.

3.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

El presente trabajo tiene por objeto describir las propiedades mecánicas y físicas del suelo tales como: clase de suelo, capacidad portante del suelo por el método de ensayo de sondeo de SPT, perfil estratigráfico del suelo y subsuelo a través del estudio realizado, a través de los ensayos Ex Situ de laboratorio tal como los de contenido de humedad, análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de consistencia, esto para determinar la clasificación de suelos mediante los sistemas SUCS y AASTHO.



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL, CIP. N° 12614.
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

Se hizo la recopilación bibliográfica, selección y evaluación de la información general desde el punto de vista geológico-geotécnico.

Análisis y evaluación de la documentación referente al proyecto.

Obtención de información geológica-geotécnica, cartográfica y topográfica

Entre la documentación disponible revisada; que contiene algunos rubros de información geológica y otra, relacionada directa o indirectamente con la zona de Estudio, se pueden mencionar las siguientes:

- Cuadrángulos de PUNO Hoja 32 - V del INGENMET, a la escala 1:100,000
- Estudio integrado del Norte
- Estudio Geológico de la región norte del lago Titicaca (INGEOMIN)

4.2. FASE DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizó un muestreo sistemático en el lugar estratégico y representativo previo a un programa diseñado para cada uno de las estructuras que contendrá el proyecto en estudio y la descripción del terreno y las respectivas pruebas de acuerdo a la magnitud del proyecto, la profundidad alcanzada obedece a la intensidad y tipo de suelo. La ubicación para el ensayo SPT nos permitió obtener información confiable y representativa de los suelos potencialmente considerados como la profundidad de desplante.

Se hizo la extracción de muestras representativas de suelos extraídas de la cuchara muestreadora para luego ser depositados en bolsas de polietileno con su respectiva tarjeta de identificación, para luego ser remitidas al laboratorio de Mecánica de Suelos.

Llegada las muestras al laboratorio se procedió a procesar cada una de ellas siguiendo para la obtención de datos confiables siguiendo las pautas del reglamento nacional de edificaciones.

4.3. FASE DE GABINETE

Con los datos obtenidos de las perforaciones (calicatas) y la descripción del terreno, se han realizado la interpretación de la geología y geotecnia del subsuelo de la zona del emplazamiento de las infraestructuras que contendrá el proyecto en estudio, información con la que se ha confeccionado los planos, perfiles y secciones geológicas respectivas, se efectuó la clasificación de los suelos y canteras; finalmente se ha elaborado el informe final del estudio en mención.

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 2044873176

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL, Nº 12614-
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA





MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP N° 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



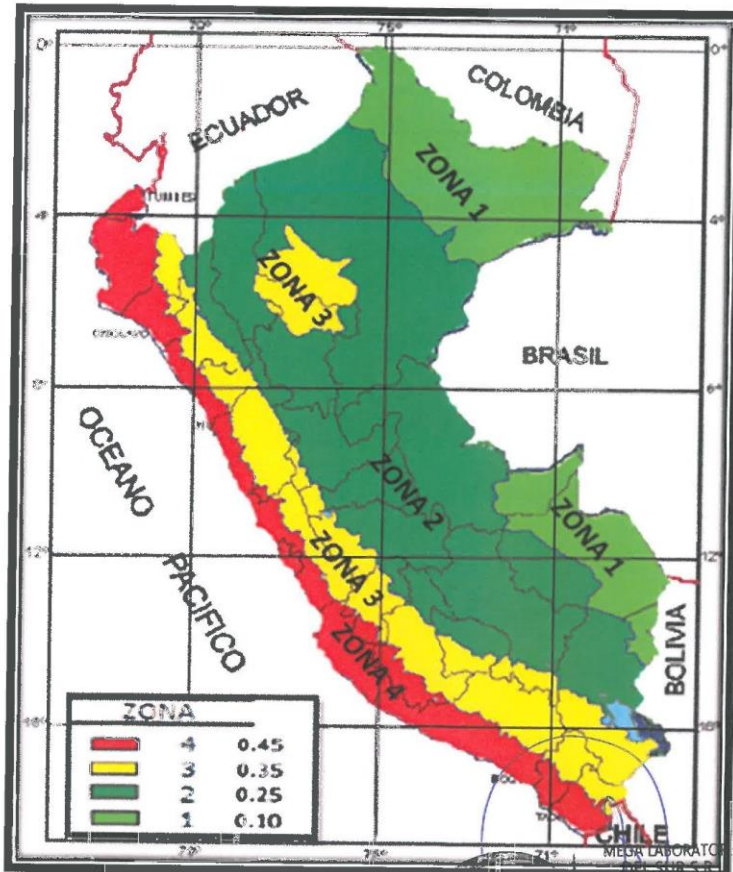
V. SISMICIDAD

5.1. SISMICIDAD

La destrucción que acompaña un movimiento sísmico, tiene incalculables consecuencias en todo el ámbito de la sociedad y del territorio afectado, siendo la prevención y las medidas de mitigación el único medio eficaz hasta el presente de evitar sus consecuencias.

5.1.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El Proyecto, según el mapa de Zonificación Sísmica del Perú elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se ubica en la zona 3, calificada como zona de actividad sísmica media, Zonificación Sísmica.





5.1.2. SISMICIDAD REGIONAL

La máxima sismicidad con que se espera que una determinada zona sea sacudida, dentro de un cierto periodo de tiempo se basa en los movimientos ocurridos en el pasado; por lo tanto la mejor manera de establecer parámetros que permitan un cálculo probabilístico, es tener en consideración toda la histórica sísmica instrumental y sismo tectónico.

Últimos sismos; El mismo Instituto Geofísico del Perú (IGP) da cuenta de varios sismos en la región Puno, siendo los últimos registrados el 27 de mayo del 2007 a las 05:17 que tuvo una magnitud de 4.3 grados y del 15 de agosto que fue percibido en las provincias de Melgar, Moho, Huancané y Lampa con una magnitud aproximada de 3.0 grados.

En una de sus últimas visitas a la ciudad de Puno, Hernando Tavera, director de sismología del IGP, aseguró con vehemencia que desde la costa central hasta el extremo sur del país, se presentaría un terremoto de gran intensidad que inclusive superaría el registrado el 23 de junio del 2001 en la costa de Arequipa (magnitud de 6.9 grados en la escala de Richter). Para Tavera lo único que quedaba era esperar a que sucediera y que la población se preparase para enfrentarlo adecuadamente, sin llegar a tener lamentables pérdidas de vidas humanas, pero ya ven, el terremoto de Ica no tuvo la respuesta que se esperaba. Más de 500 muertos y ciudades enteras devastadas por la furia de la naturaleza.

Sismo de gran magnitud; Puno no estaba excluida de ser víctima de un movimiento telúrico de gran magnitud, al estar ubicada sobre una falla geológica, además de hallarse en la zona intermedia 2 y 3 de ocurrencias de sismos en todo el país o denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se presenta la mayor cantidad de sismos a nivel mundial. Se ratificó que la región Puno está situado dentro del Sistema de Falla Ayaviri Copacabana (SFAC), el cual se encuentra por el momento inactiva, pero de reactivarse las consecuencias serían inenarrables.

“Como muestra de la presencia de dicha falla, se evidencia la mega brecha de Ayabacas, que son consideradas las más grandes del mundo. Esta falla atraviesa todo el departamento y parte del lago Titicaca, que de activarse provocaría un sismo de gran intensidad”. El director de la estación sísmica de la UNA, indicó que era casi improbable que en Puno se registre un sismo producto de la tectónica, es decir por la subducción de las placas de Nazca con la de Sudamérica, debido que se encuentra a más de 200 kilómetros de distancia.

Reactivación de la falla SFAC; Sin embargo, señaló que una falla (SFAC) provocaría un sismo de severas consecuencias para la región, seguido de los vulcanismos, como lo que actualmente sucede en el distrito de Ollachea, provincia de Carabaya, el mismo que se encuentra asentada sobre un “domo tapón” geomorfológico, que es causante de los remezones de gran magnitud en la zona, que datan todavía desde 1928. No se descarta que el volcán pueda entrar en un proceso de activación, pero al momento no se evidencia reacción alguna.





"Las fallas se reactivan a causa de las corrientes conectivas, es decir por el ascenso y descenso permanente del magma en el interior de la tierra", que si la falla se da en un terreno rocoso no se generaría muchos daños en la superficie, mientras que de registrarse en una zona de arena o grava saturada colapsarían gran cantidad de infraestructuras ubicadas en todo el anillo circunlacustre del Titicaca.



5.1.3. SISMICIDAD HISTÓRICA

- Debido a su ubicación próxima a la zona de convergencia de las placas de Nazca y América del Sur, la zona de estudio ha sido afectada por muchos movimientos sísmicos desde la antigüedad.
- La información sobre la actividad sísmica histórica en Perú se remonta a fines del siglo XV, prácticamente desde tiempos de la conquista española. La calidad de estos datos va a depender de la distribución y densidad de las poblaciones en las regiones afectadas por los terremotos (Tavera y Buforn, 1998). La recopilación más completa sobre esta sismicidad ha sido realizada por el Dr. Enrique Silgado Ferro (1968, 1978, 1985) y por Dorbath (1990).
- Los terremotos con intensidad igual o mayor a VIII MM para el período 1513-1959 se distribuyen únicamente a lo largo de la costa centro y sur de Perú, debido a que estas regiones eran las más pobladas (a pesar de tener baja densidad demográfica) y luego en ellas se constituyeron las ciudades más importantes del país.
- La mayoría de éstos terremotos produjeron maremotos de intensidad variable y produjeron daños a lo largo de la costa Oeste de Sudamérica (Montessus de Ballore, 1911) y alrededor de las costas del Pacífico (Hatori, 1968).
- Silgado estima los valores de magnitud de los terremotos a partir del área de intensidad máxima con el propósito de compararlos con sismos recientes ("magnitud Silgado"). Así mismo, Dorbath (1990), realizó una revisión de las principales intensidades y evaluó los principales maremotos a

MegaLaboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CUI. N.º 12514
ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA
998 998 948
Teléfono: 051-355431



fin de recalcular los valores de magnitud asignados a sismos históricos. La profundidad asignada para todos estos terremotos, es aproximada.

- En la región sur, los terremotos más importantes son los de 1604, 1784 y 1868, este último mejor documentado y descrito por Montessus de Ballore (1911) y Vargas (1922). En su publicación "La Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú", Silgado presenta una relación bastante completa de los terremotos históricos reportados desde la época de la conquista, de los cuales se han identificado; en el cuadro 2 - 4 se presenta los sismos que afectaron zonas próximas a la zona de estudio.

ULTIMA SISMICIDAD REGISTRADA EN LA REGIÓN PUNO

01 de diciembre del 2016 - 18:25: Sismo de 5.5 de magnitud se registró en la provincia de Lampa – puno

Tres sismos de considerable intensidad sacudieron esta tarde a la región Puno. El sismo de mayor magnitud fue de 5.5 y ocurrió a las 17:40:16 horas. El epicentro se localizó a 50 kilómetros de la provincia de Lampa, con una profundidad de 30 kilómetros, según el reporte del IGP. Asimismo, el temblor se sintió en las ciudades de Ayaviri, Azángaro, Juliaca y Puno.

Los otros dos movimientos fueron de 3.9 grados en la misma zona de Lampa. El sismo ocurrido a las 14:14 horas fue a 10 kilómetros de profundidad, mientras que el último ocurrió a las 18:53 horas a tan solo 6 kilómetros de profundidad

5.1.4. PELIGRO SÍSMICO

Según el mapa de zonificación sísmica presentada por el IGP, el área de estudio se encuentra en la zona 3 en el cual la aceleración máxima varía entre el rango de 0.15 - 0.30, lo que indica sismos según la escala de Mercalli hasta de grado VI estando dentro de la categoría de sismos leves. Los parámetros necesarios para el análisis de aceleración máxima:

+ Distancia Epicentral (R)

+ Magnitud del sismo (M)

PARÁMETROS SÍSMICOS INTENSIDAD

Por antecedente histórico se puede decir que en esta zona nunca se han presentado movimientos sísmicos, por tal razón de desestima este aspecto.

DETERMINACIÓN DE MÁXIMA MAGNITUD

Para el cálculo de las magnitudes esperadas en el área del proyecto utilizaremos la fórmula de IPG (1972), que es la siguiente:

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614

ESPECIALISTAS EN GEOTECNIA

CELULAR: 981 960404

998 998 948

TELÉFONO: 051-355431



$$I = 4.89 Mb - 6.89 \log D - 13.81$$

Donde se tiene:

$$Mb = \frac{6.89 \log D + 13.81 + I}{4.89}$$

Donde:

I = intensidad para la zona 5 y 6

D = Distancia epicentral = 60 Km.

Para I = 5

$$Mb = \frac{6.89 \log D + 13.81 + 5}{4.89}$$

$$Mb = 6.4$$

Para I = 6

$$Mb = 6.6$$

De esta manera concluimos que en la zona del proyecto pueden esperarse magnitudes comprendidas entre 6.4 y 6.6, fijándose una magnitud del sismo de diseño de 6.5.

ACELERACIÓN: (COEFICIENTE SÍSMICO)

a) SEGÚN FACCIOLI

$$a = 190 \times 10^{0.069M} (R + 25)^{0.314}$$

Dónde:

$$M = 6.5 \text{ y } R = 60 \text{ Km.}$$

$$a = 190 \times 10^{0.669(6.5)} (60 + 25)^{0.314}$$

$$a = 132.26 \text{ cm/seg}^2$$

$$a = 0.135 \text{ g}$$

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126144
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



b) SEGÚN CASA VERDE – VARGAS

$$a = 68e^{0.080M}(fi + 25)^{-10}$$

$$a = 68e^{0.08 \cdot (6.5)}(60 + 25)^{-10}$$

Dónde:

$$M = 6.50 \text{ y } R = 60 \text{ Km.}$$

$$a = 144.96 \text{ cm/seg}^2$$

$$a = 0.148 \text{ g.}$$

SEGÚN LA NORMA DE DISEÑO SISMO RESISTENTE (RNE E-030)

Zona : 3
Factor de zona : Z = 0.35
Clasificación del Suelo : Perfil Tipo S2: Suelos intermedios

PERFIL TIPO S2: SUELOS INTERMEDIOS

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- **Arena densa, gruesa a media**, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- **Suelo cohesivo compacto**, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Tabla N° 2
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	S_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA




PARÁMETROS DE SITIO (S, TP Y TL)

**Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

**Tabla N° 4
PERÍODOS "T_p" Y "T_L"**

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6


 MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
 WALTER MACHACA ZAMAT
 INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614-
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



VI. GEOTÉCNIA DEL PROYECTO

6.1. INTRODUCCIÓN

El estudio Geotécnico del Proyecto "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022" tiene como objetivo estudiar las características físico mecánicas del suelo a través de la exploración, apertura de calicatas a cielo abierto, ensayos SPT y ensayos de laboratorio a fin de obtener sus propiedades de resistencia, en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación de las diferentes estructuras que compondrá el proyecto. Luego se realizará los cálculos de capacidad portante y se dará las recomendaciones generales para la cimentación.

6.2. NORMATIVIDAD

El presente estudio se basa en el reglamento nacional de edificaciones según a la Norma Técnica E-050 (Suelos y Cimentaciones), además de la Norma Técnica Peruana que especifica el manejo de los distintos materiales y el uso de instrumentos para la determinación de las características mecánicas y físicas del suelo, estas dos normas rigen a nivel de todo el territorio nacional.

6.3. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

6.3.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un muestreo sistemático en lugares estratégicos y representativos previo a un programa diseñado para cada uno de las estructuras que contendrá el proyecto en estudio, para esto se procedió con la apertura de calicatas a cielo abierto; efectuándose tres calicatas, se realizó el ensayo SPT (Standard Penetration Test); con un número de seis ensayos. La profundidad alcanzada obedece a la intensidad y tipos de suelo. La ubicación donde se realizaron los ensayos nos permitieron obtener información confiable y representativa de los suelos considerados como nivel de desplante.

Según los reglamentos nacionales de edificaciones el proyecto está considerado con el tipo de edificación de categoría A y se debería de realizar un ensayo cada 225m², pero por la magnitud del proyecto y por el RNE E-050.

TABLA Nº 1
TIPO DE EDIFICACIÓN

NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de Edificación	Número de puntos de Investigación
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL N° 12614
Especialista en Geotecnia



6.4. TRABAJOS DE CAMPO

6.4.1. ENSAYO SPT

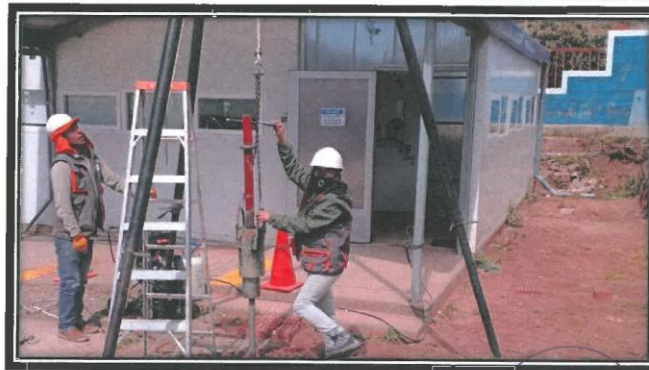
El Ensayo de Penetración Estándar es el método de ensayo in-situ ampliamente usado para determinar las condiciones de compresibilidad y resistencia de los suelos. Este ensayo permite medir la resistencia a la penetración de un muestreador y al mismo tiempo permite obtener muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

El procedimiento del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) está indicado en la norma ASTM D-1586. Este ensayo consiste en hincar sobre el suelo un muestreador de caña partida cuya parte inferior está unida a un anillo cortante o zapata y la parte superior a una válvula y pieza de conexión a la línea de perforación. El muestreador tiene un diámetro externo de 51 mm y un diámetro interno de 35 mm. Para el hincado se utiliza un martillo de 63.50 Kg. de peso que se deja caer libremente desde una altura de 76 cm. La longitud de hincado es de 450 y 300 mm en intervalos de 150 mm y se descarta el primer tramo por encontrarse en material disturbado.

Para el presente estudio se han ejecutado 1 sondaje SPT denominados SPT-01, que fue ubicada en EL punto importante para el proyecto.

SONDEO 01.

Explo. No.	Profundidad (m.)	Coordenadas		
		Este	Norte	cuota
Sondeo -01.	4.50	390,913.55	8'245,806.64	3,942



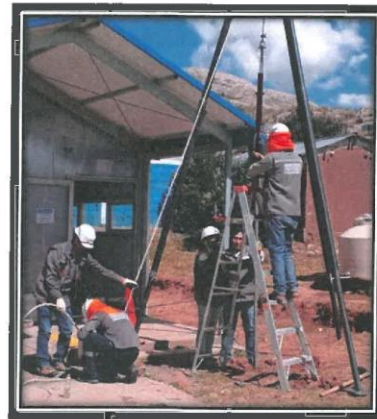
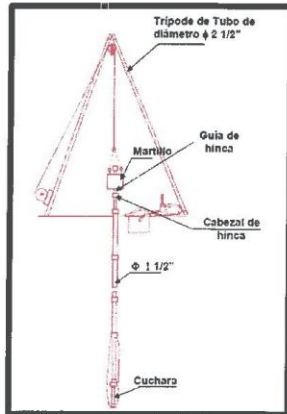
REALIZANDO SONDEO - 01

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614-
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



6.4.2. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS SPT

Se procedió al armado del equipo SPT en los respectivos puntos de sondeo, luego se realizó el ensayo y se sacaron las muestras a cada 1,50 centímetros de profundidad de donde se procedió a tomar las respectivas muestras que fueron debidamente rotuladas para su posterior análisis físico en laboratorio, además se anotaron la cantidad de golpes con la que se hincaron para alcanzar las profundidades deseadas.



La toma de muestra se realizó a cada 1.50 metros de profundidad, en el sondeo 01 se alcanzó una profundidad de 4.50 metros de profundidad. Los datos de campo y de la cuchara se registraran durante cada toma de muestra para hacer las correcciones necesarias.



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12514.
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ENSAYOS DE LABORATORIO

Con los datos obtenidos de las perforaciones (SPT) y la descripción del terreno, se han realizado la interpretación de la geología y geotecnia del subsuelo de la zona del emplazamiento de las infraestructuras que contendrá el proyecto en estudio, información con la que se ha confeccionado los planos, perfiles y secciones geológicas respectivas, se efectuó la clasificación de los suelos; finalmente se ha elaborado el informe final del estudio en mención.

- Análisis granulométrico por tamizado (Norma ASTM D422)
- Límite Líquido (Norma ASTM D423)
- Límite Plástico (Norma ASTM D424)
- Contenido de Humedad (ASTM D2216)

TRABAJOS DE GABINETE

DETERMINACIÓN DE LAS CAPACIDADES PORTANTES

Las capacidades portantes, cohesión y ángulo de fricción interna se determinaron de la siguiente manera:

Capacidad portante:

SUSTENTACIÓN DE CÁLCULOS PARA EL ENSAYO SPT

El ensayo de penetración estándar es por naturaleza simple y puede ser intercalado con facilidad en cualquier sondeo de reconocimiento. Puede ejecutarse en casi en cualquier tipo de suelo incluso en rocas blandas o meteorizadas.

Los resultados de la prueba son ampliamente difundidos en todo el mundo, se correlacionan empíricamente con las propiedades específicas In Situ del terreno.

La gran mayoría de datos y correlaciones corresponden a terrenos arenosos. La presencia de gravas complica la interpretación. Se puede estimar en forma aproximada la resistencia a compresión simple (q_u) en función a N , para los tipos de suelos que se indica, mediante las siguientes relaciones:

Fueron Terzaghi y Peck (1948) los que recomendaron corregir el valor de N si $N > 15$

$$N_{15} = 15 + (N - 15) / 2$$



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614.





• PARA LA CARGA ÚLTIMA LAS RELACIONES SON LAS SIGUIENTES

N° DE GOLPES	qu				
	ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
	N/8	0.133N	N/5	N/7.5	N/4.5
N	TERZAGHI (Kg/cm ²)	GRAUX (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI (Kg/cm ²)

• VALORES DE COHESIÓN

N° DE GOLPES	C=qu/2				
	ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
	N/8	0.133N	N/5	N/7.5	N/4.5
N	TERZAGHI (Kg/cm ²)	GRAUX (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI (Kg/cm ²)

• ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA

N° DE GOLPES	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	
	OSAKI	DUMJHAN
N	$\phi = \sqrt{(20N)} + 15$	$\phi = \sqrt{(12N)} + 25$

6.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

6.5.1. RESULTADOS DE LABORATORIO.

Se analizaron las muestras provenientes de la toma de muestras hechas en el área de estudio, se tomó y comparo muestras de la apertura de calcatas y del ensayo SPT (Standart Penetration Test) hasta las profundidades:

SONDEO 01: Se analizaron un total de 3 muestras tomadas a cada 150 centímetros con el muestreador y se tuvo que detener en la profundidad de 4.50 metros por un rechazo del material y sobre pasando los 50 golpes y de esa manera no se llegó hasta la profundidad deseada,

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 2044873176

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP Nº 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



Analices en laboratorio, se compararon los análisis y se determinó que en este sondeo se compone de ocho estratos bien definidos, los resultados se interpolan y se sacó un análisis físico del suelo representativo que se muestra a continuación.

Clasificación de los estratos del sondeo 01.

NÚMERO DE SONDAJE DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CLASIFICACIÓN DE SUELOS			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			LÍMITES DE CONSISTENCIA		
			SUCS	AASTHO	% DE GRAVA	% DE ARENA	% DE FINOS	L.L.	L.P.	I.P.	
SPT-01, E-01	0.20	25.01	SM	A-2-4	8.90	73.67	17.44	30.80	24.31	6.48	
SPT-01, E-02	1.20	27.20	CL	A-6	0.00	43.31	56.69	37.74	20.62	17.12	
SPT-01, E-03	2.00	18.25	SW	A-1-a	16.73	79.52	3.76	NP	NP	NP	
SPT-01, E-04	3.60	20.84	SP-SM	A-1-b	35.39	53.04	11.57	NP	NP	NP	
SPT-01, E-05	4.50	23.92	GW-GM	A-1-a	49.50	45.04	5.46	22.48	21.35	1.13	

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

6.5.2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.
SONDEO 01

PROFUNDIDAD	ESTRATO	TIPO DE SONDAJE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO
0.00 - 0.10	ESTRATO 01	SPT	arena limosa con mezcla de arena y limos	SM	
0.10 - 0.20					
0.20 - 0.30					
0.30 - 0.40	ESTRATO 02	SPT	arcillas inorgánicas con limos finos de plasticidad media a alta, con una coloración amarillo a naranja rojizo	CL	
0.40 - 0.50					
0.50 - 0.60					
0.60 - 0.70					
0.70 - 0.80					
0.80 - 0.90					
0.90 - 1.00					
1.00 - 1.10					
1.10 - 1.20	ESTRATO 03	SPT	arenas bien graduadas de mezcla de arena y gravillas de pozos finos o limos	SW	
1.20 - 1.30					
1.30 - 1.40					
1.40 - 1.50					
1.50 - 1.60					
1.60 - 1.70					
1.70 - 1.80					
1.80 - 1.90					
1.90 - 2.00					
2.00 - 2.10					
2.10 - 2.20					
2.20 - 2.30					
2.30 - 2.40					
2.40 - 2.50					
2.50 - 2.60					
2.60 - 2.70					
2.70 - 2.80					
2.80 - 2.90					
2.90 - 3.00					
3.00 - 3.10					
3.10 - 3.20					
3.20 - 3.30					
3.30 - 3.40	ESTRATO 05	SPT	gravas limosas con mezcla de gravas bien graduadas y arenas limo arcillosas de consistencias algo compactas y presencia de gravas > a 1 1/2"	GW-GM	
3.40 - 3.50					
3.50 - 3.60					
3.60 - 3.70					
3.70 - 3.80					
3.80 - 3.90					
3.90 - 4.00					
4.00 - 4.10					
4.10 - 4.20					
4.20 - 4.30					
4.30 - 4.40					
4.40 - 4.50					
4.50 - 4.60					

RECHAZO DEL ENSAYO DE SPT POR UNA MEJOR CONSISTENCIA Y PRESENCIA DE GRAYA > A 1 1/2"



MegaLaboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614

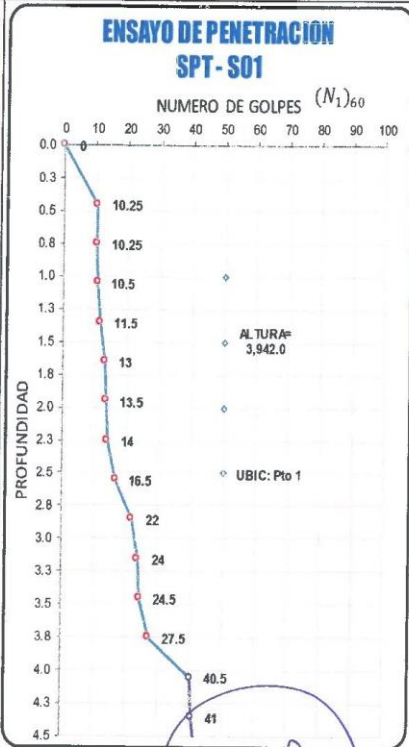


6.5.3. RESULTADOS DEL ENSAYO SPT

SONDEO 01

Los cálculos de capacidad portante, cohesión y ángulo de fricción a una profundidad de 4.65 metros de profundidad ya que los siguientes 15 centímetros de profundidad superaron los 50 golpes.

REGISTRO DE PERFORACION					
PROFUNDIDAD EN METROS DE MUESTREO - PERFIL ESTRATIGRAFICO	TIPO DE SONDEO	NUMERO DE GOLPES CORREGIDO (N ₁) ₆₀	PROFUNDIDAD (METROS)	NUMERO DE GOLPE PROMEDIO (N ₁) ₆₀	CARACTERISTICAS DEL ENSAYO
					PESO DEL MARTILLO : 63.5 Kg ALTURA DE CAIDA : 76.2 cm MECANISMO DE GOLPEO : Manual
0.00	ENSAYO PENETRACION	0.0	0.00	0.00	
10.3		0.45	11.10		
10.3		0.75			
10.5		1.05			
11.5		1.35	18.00		
13.0		1.65			
13.5		1.95			
14.0		2.25	35.20		
16.5		2.55			
22.0		2.85			
24.0		3.15	40.5		
24.5		3.45			
27.5		3.75			
40.5		4.05	41		
41.0		4.35			
42.5	4.65				



RECHAZO A LA PENETRACION DEL ENSAYO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

WALTER MACHACAZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP Nº 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



S - 01: CARGA ÚLTIMA

PROFUNDIDAD (metros)	N° DE GOLPES	Qu				
		ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
		N/8	0.133N	N/5	N/7.5	N/4.5
		TERZAGHI (Kg/cm²)	GRAUX (Kg/cm²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	TERZAGHI (Kg/cm²)
0.00 m	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.45 m	10.3	1.281	1.363	2.050	1.367	2.278
0.75 m	10.3	1.281	1.363	2.050	1.367	2.278
1.05 m	10.5	1.313	1.397	2.100	1.400	2.333
1.35 m	11.5	1.438	1.530	2.300	1.533	2.556
1.65 m	13.0	1.625	1.729	2.600	1.733	2.889
1.95 m	13.5	1.688	1.796	2.700	1.800	3.000
2.25 m	14.0	1.750	1.862	2.800	1.867	3.111
2.55 m	16.5	2.063	2.195	3.300	2.200	3.667
2.85 m	22.0	2.750	2.926	4.400	2.933	4.889
3.15 m	24.0	3.000	3.192	4.800	3.200	5.333
3.45 m	24.5	3.063	3.259	4.900	3.267	5.444
3.75 m	27.5	3.438	3.658	5.500	3.667	6.111
4.05 m	40.5	5.063	5.387	8.100	5.400	9.000
4.35 m	41.0	5.125	5.453	8.200	5.467	9.111
4.65 m	42.5	5.313	5.653	8.500	5.667	9.444

S - 01: COHESIÓN

N° DE GOLPES	C=Qu/2				
	ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
	N/8	0.133N	N/5	N/7.5	N/4.5
	TERZAGHI (Kg/cm²)	GRAUX (Kg/cm²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	TERZAGHI (Kg/cm²)
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.3	0.641	0.682	1.025	0.683	1.139
10.3	0.641	0.682	1.025	0.683	1.139
10.5	0.656	0.698	1.050	0.700	1.167
11.5	0.719	0.765	1.150	0.767	1.278
13.0	0.813	0.865	1.300	0.867	1.444
13.5	0.844	0.898	1.350	0.900	1.500
14.0	0.875	0.931	1.400	0.933	1.556
16.5	1.031	1.097	1.650	1.100	1.833
22.0	1.375	1.463	2.200	1.467	2.444
24.0	1.500	1.596	2.400	1.600	2.667
24.5	1.531	1.629	2.450	1.633	2.722
27.5	1.719	1.829	2.750	1.833	3.066
40.5	2.531	2.693	4.050	2.700	4.500
41.0	2.563	2.727	4.100	2.733	4.556
42.5	2.656	2.826	4.250	2.833	4.722



S - 01: ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA

PROFUNDIDAD (metros)	Nº DE GOLPES N	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	
		OSAKI $\phi = \sqrt{(20N) + 15}$	DUMJHAN $\phi = \sqrt{(12N) + 25}$
0.00 m	0.0	15.00	25.00
0.45 m	10.3	29.32	36.09
0.75 m	10.3	29.32	36.09
1.05 m	10.5	29.49	36.22
1.35 m	11.5	30.17	36.75
1.65 m	13.0	31.12	37.49
1.95 m	13.5	31.43	37.73
2.25 m	14.0	31.73	37.96
2.55 m	16.5	33.17	39.07
2.85 m	22.0	35.98	41.25
3.15 m	24.0	36.91	41.97
3.45 m	24.5	37.14	42.15
3.75 m	27.5	38.45	43.17
4.05 m	40.5	43.46	47.05
4.35 m	41.0	43.64	47.18
4.65 m	42.5	44.15	47.58

S - 01: CAPACIDAD ADMISIBLE

PROFUNDIDAD (metros)	Nº DE GOLPES N	q _a = q _u /fs				
		ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
		TERZAGHI (Kg/cm ²)	GRAUX (Kg/cm ²)	ERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI (Kg/cm ²)
CON FACTOR DE SEGURIDAD = 3,5						
0.00 m	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.45 m	10.3	0.366	0.390	0.586	0.390	0.651
0.75 m	10.3	0.366	0.390	0.586	0.390	0.651
1.05 m	10.5	0.375	0.399	0.600	0.400	0.667
1.35 m	11.5	0.411	0.437	0.657	0.438	0.730
1.65 m	13.0	0.464	0.494	0.743	0.495	0.825
1.95 m	13.5	0.482	0.513	0.771	0.514	0.857
2.25 m	14.0	0.500	0.532	0.800	0.533	0.889
2.55 m	16.5	0.589	0.627	0.943	0.629	1.048
2.85 m	22.0	0.786	0.836	1.257	0.838	1.397
3.15 m	24.0	0.857	0.912	1.371	0.914	1.524
3.45 m	24.5	0.875	0.931	1.400	0.933	1.566
3.75 m	27.5	0.982	1.045	1.571	1.048	1.746
4.05 m	40.5	1.446	1.539	2.314	1.543	2.571
4.35 m	41.0	1.464	1.558	2.343	1.562	2.603
4.65 m	42.5	1.518	1.615	2.429	1.619	2.698



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHAÇA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12614-
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



6.5. DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS

CALCULO DE ASENTAMIENTOS SONDEO

De acuerdo a los niveles de cimentación, la estructura se apoyará en material arena gravosa, arenas limosas arenas arcillosas dado que el sector en estudio pertenece a la zona 3 de sismicidad y teniendo en cuenta el reacomodo de las partículas ante posibles eventos sísmicos, aplicando el método elástico:

En el análisis de Asentamiento se ha considerado los valores en base a la caracterización geotécnica y estado de compactación del suelo más desfavorable recomendados por J. Bowles; y estos son:

Relación de poisson 0,3

Es módulo de elasticidad 254.0 Kg/cm²

Y para nuestro estudio una capacidad admisible promedio, a una profundidad de 2.50 metros de estudio es de 1.799 Kg/cm²

ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados Asentamientos Totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa 2.50 cm (edificaciones), que es el asentamiento máximo para estructuras convencionales.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964). Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos. El asentamiento elástico inicial será:

CALCULO DE ASENTAMIENTO DE ELASTICO

$$S_e = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

$$I_f = \sqrt{\frac{L}{B}}$$

PRESION POR CARGA ADMISIBLE (PROMEDIO SPT 01 Y 02)	qadm = 1.799 Kg/cm ²
RELACION DE POISSON	μ = 0.3
MODULO DE ELASTICIDAD	Es = 254.0 Kg/cm ²
ASENTAMIENTO PERMISIBLE	S_i(max) = 2.5 cm
ANCHO DE LA CIMENTACION	B = 1.50 m
LARGO DE LA CIMENTACION	L = 1.50 m
FACTOR DE FORMA	I_f = 2.35 m/m

Asentamiento	S_e = 0.023 m
Asentamiento	S_i = 2.27 cm

Presion por carga **qadm** = 1.80 Kg/cm²

OBSERVACIONES: el calculo de asentamiento elastico, es sobre un material limo arenoso fino, con un presencia de nivel freatico y qadm=1.799 kg/cm² promedio para una profundidad de 2.50 metros. Desde la cota de 3827 m.s.n.m. en estudio.

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614-
Especialista en Geotecnica



Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas (Dr. Ing. Jorge e. Alva Hurtado) publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación. Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida; se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

Por tanto se tiene que:

$$2.27 \text{ cm} < 2.50 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

ASENTAMIENTO TOLERABLE

El valor del asentamiento inmediato calculado debe comprobarse si es inferior a los valores límites tolerables. Según la Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones E.050, establece que el asentamiento diferencial no debe ser mayor que el calculado para una distorsión (α) angular prefijada, de acuerdo al tipo de estructura, así como la naturaleza del terreno. Luego para el tipo de estructura proyectado, se espera una distorsión angular de:

$$\alpha = \Delta / L = 1/500 \text{ (Para estructuras que no se permiten grietas)}$$

Donde:

Δ = Asentamiento Tolerable en cm

L = Distancia entre dos columnas extremas

α = Distorsión angular

Luego: L= 600 cm, entonces:

$$\text{El asentamiento Tolerable es: } \Delta = 600/500 = 1.20 \text{ cm}$$

Por tanto se tiene que:

$$2.27 \text{ cm} < 1.20 \text{ cm} \text{ --- no cumple}$$

El asentamiento instantáneo a producirse no es tolerable en el área del proyecto.

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12614.
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



07. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El clima predominante en la zona de influencia del proyecto está condicionado a sus latitudes, propias del Altiplano y Puna por lo que se caracteriza por ser frío – templado - seco, con dos estaciones claramente diferenciadas:
- El área de ejecución geomorfológicamente corresponde a una zona tipo andina e Interandina, que se caracteriza por presentar una topografía predominantemente llana- ondulada y localmente está constituida por la siguiente unidad: Zona de Pampas o Altiplanicies.
- De acuerdo a los aspectos geológicos y según las exploraciones se puede determinar que el área proyectada en los niveles de desplante el tipo de material o suelo tratándose de un material conformado de material arenas limosas, limos arcillosos, arcillas arenosas, arenas bien graduadas, gravas limosas y con gravas bien graduadas, están clasificados según el sistema de clasificación SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS), de simbología (SM, CL, SP-SM, SC, SW, GW-GM)
- La profundidad alcanzada del ensayo para el sondeo es a una profundidad:
 - S – 01 = Se analizaron un total de 3 muestras tomadas a cada 150 centímetros con el muestreador y se tuvo que detener en la profundidad de 4.50 metros por un rechazo del material y sobre pasando los 50 golpes y de esa manera no se llegó hasta la profundidad deseada, Análisis en laboratorio, se compararon los análisis y se determinó que en este sondeo se compone de ocho estratos bien definidos, los resultados se interpolaron y se sacó un análisis físico del suelo representativo que se muestra a continuación.
- La ejecución del proyecto se encuentra en la zona 3 del mapa de sismicidad
 - Zona : 3
 - Factor de zona : Z = 0.35
 - Clasificación del Suelo : Perfil Tipo S2: Suelos intermedios

PERFIL TIPO S2: SUELOS INTERMEDIOS

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- **Arena densa, gruesa a media**, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50.
- **Suelo cohesivo compacto**, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.




Tabla N° 2
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

- En el análisis de Asentamiento se ha considerado los valores en base a la caracterización geotécnica y estado de compactación del suelo más desfavorable recomendados por J. Bowles; y estos son: Relación de Poisson 0,30 Es módulo de elasticidad 254.0 Kg/cm² y para nuestro estudio una capacidad admisible de 1.799 Kg/cm². Promedio de los dos sondeos de exploración en una profundidad de 1.50 metros con respecto al esfuerzo y a las dimensiones para el cálculo de asentamiento, estos corresponden a la capacidad de carga, para estas condiciones, el asentamiento elástico, considerándose zapata rígida con asentamiento inmediato. Reemplazando valores se obtiene para nuestro estudio un asentamiento promedio de:
- Para la calicata, Si = 2.27 cm (promedio).
- Tomando en consideración la profundidad de 1.50 metros como nuestro desplante, se realiza la verificación de compactación para nuestro estudio según los estratos en la zona del proyecto se puede ver según los resultados de los dos sondeos, de una capa de arenas arcillosas con mezcla de arenas, arenas limosas y arenas bien graduadas y arenas finas con limos, con una compactación relativa muy firme, para una profundidad de 1.50 metros promedio.

CUADRO: Compactación Relativa de la Arena.

Numero de Golpes del SPT	Compactación Relativa
0 - 4	Muy Suelta
5 - 10	Suelta
11 - 20	Firme
21 - 30	Muy Firme
31 - 50	Densa
MAS DE 50	Muy Densa


MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMA
 INGENIERO CIVIL CIP/ N° 12614
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



- La capacidad portante variará de acuerdo a la profundidad donde se desee tener el nivel de desplante, este deberá ser tomado en base a los cálculos del presente informe y según el criterio del área estructural del proyecto y los resultados se aprecian en la certificación del sondeo 01 respectivamente.
- La cimentación de las estructuras será de tipo superficial. Se recomienda una profundidad de desplante de la cimentación será mayor o igual a -1.50 metros de la cota existente.
- según el criterio del proyectista, se recomienda cimentar sobre el material firme alcanzando con respecto a la menor cota natural del terreno, tomando en consideración los resultados y el perfil estratigráfico de la zona de estudio.
- Es conveniente que todos los elementos estructurales se apoyen a la misma profundidad y calculados de acuerdo a las normas de Diseño Sismo resistente.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio así como las conclusiones y recomendaciones establecidas solo son válidas para el área de influencia en cada calicata investiga y no garantiza a otros proyectos que lo toman como referencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E-030, Diseño Sismoresistente
- Braja M. Das/ Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4, 6, 7 Edición
- Jesús Ayuso M. Cimentaciones y estructuras de contención 2010
- Rico – Castillo / La Ingeniería de Suelos, Vol 1 y 2. 1 edición 1998
- Peck/Hanson/ Thornburn: Ingeniería de Cimentaciones
- Juárez Badillo - Rico Rodríguez : Mecánica de Suelos, Tomos I,II
- Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute
- Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martínez Vargas / CONCYTEC 1990

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHAÇA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 12614.
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Análisis de Agua y Ensayos de Materiales



ENSAYOS IN-SITU DE PENETRACIÓN CON SPT

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUÑOZ VARGA
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12611
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: JR. AYAVIRI N° 264 - PUNO
Email: megalaboratorio@hotmail.com

(Referencia: Jr. Ancash 456)



Celular: 951 960404
998 998 948
Teléfono: 051-355431



TESIS : RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022*

SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI

UBICACIÓN : SONDEO-01, BARRIO MANTO

FECHA : MAYO DEL 2022

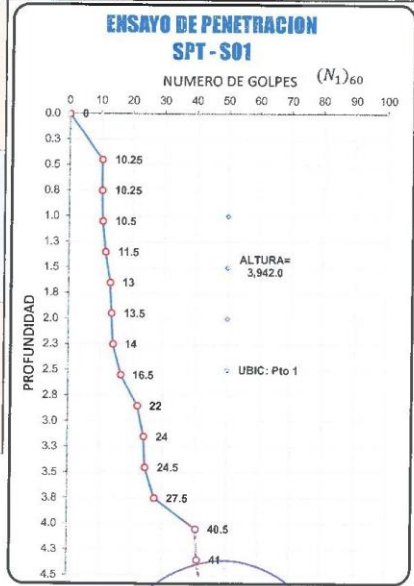
PROFUNDIDAD: 4.65 ALTURA: 3,942.000 m.s.n.m

UBICACIÓN: Pto 1

REGISTRO DE PERFORACION

PROFUNDIDAD EN METROS DE MUESTREO - PERFIL ESTRATIGRAFICO	TIPO DE SONDEO	NUMERO DE GOLPES CORREGIDO (N ₁) ₆₀	PROFUNDIDAD (METROS)	NUMERO DE GOLPE PROMEDIO (N ₁) ₆₀	CARACTERISTICAS DEL ENSAYO	
					PESO DEL MARTILLO : 63.5 Kg	ALTURA DE CAIDA : 76.2 cm
0.00	ENSAYO PENETRACION	0.0	0.00	0.00	MECANISMO DE GOLPEO : Manual	
10.3		0.46	11.10			
10.3		0.75				
10.5		1.05				
11.5		1.35				
13.0		1.65				
13.5		1.95	18.00			
14.0		2.25				
16.5		2.55				
22.0		2.85				
24.0	3.15	35.20				
24.5	3.45					
27.5	3.75					
40.5	4.05					
41.0	4.35					
42.5	4.65					

RECHAZO A LA PENETRACION DEL ENSAYO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
RUC: 20448773176

ALEX DAVID MIÑIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
RUC: 20448773176

WALTER MACHACA ZAMAT.
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CAPACIDAD PORTANTE

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO-01, BARRIO MANTO
FECHA : MAYO DEL 2022 PROFUNDIDAD: 4.50 metros UBIC. Punto - 01

PROFUNDIDAD (metros)	N° DE GOLPES	Qu				
		ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
		N/8 TERZAGHI (Kg/cm²)	0.133N GRAUX (Kg/cm²)	N/5 TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	N/7.5 TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	N/4.5 TERZAGHI (Kg/cm²)
0.00 m	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.45 m	10.3	1.281	1.363	2.050	1.367	2.278
0.75 m	10.3	1.281	1.363	2.050	1.367	2.278
1.05 m	10.5	1.313	1.397	2.100	1.400	2.333
1.35 m	11.5	1.438	1.530	2.300	1.533	2.556
1.65 m	13.0	1.625	1.729	2.600	1.733	2.869
1.95 m	13.5	1.688	1.796	2.700	1.800	3.000
2.25 m	14.0	1.750	1.862	2.800	1.867	3.111
2.55 m	16.5	2.063	2.195	3.300	2.200	3.667
2.85 m	22.0	2.750	2.926	4.400	2.933	4.889
3.15 m	24.0	3.000	3.192	4.800	3.200	5.333
3.45 m	24.5	3.063	3.259	4.900	3.267	5.444
3.75 m	27.5	3.438	3.658	5.500	3.667	6.111
4.05 m	40.5	5.063	5.387	8.100	5.400	9.000
4.35 m	41.0	5.125	5.453	8.200	5.467	9.111
4.65 m	42.5	5.313	5.653	8.500	5.667	9.444



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



COHESION

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO-01, BARRIO MANTO
FECHA : MAYO DEL 2022 PROFUNDIDAD: 4.50 metros UBIC. Punto - 01

N° DE GOLPES N	C=Quiz				
	ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
	N/8 TERZAGHI (Kg/cm²)	0.133N GRAUX (Kg/cm²)	N/5 TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	N/7.5 TERZAGHI Y PECK (Kg/cm²)	N/4.5 TERZAGHI (Kg/cm²)
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.3	0.641	0.682	1.025	0.683	1.139
10.3	0.641	0.682	1.025	0.683	1.139
10.5	0.656	0.698	1.050	0.700	1.167
11.5	0.719	0.765	1.150	0.767	1.278
13.0	0.813	0.865	1.300	0.867	1.444
13.5	0.844	0.898	1.350	0.900	1.500
14.0	0.875	0.931	1.400	0.933	1.556
16.5	1.031	1.097	1.650	1.100	1.833
22.0	1.375	1.463	2.200	1.467	2.444
24.0	1.500	1.596	2.400	1.600	2.667
24.5	1.531	1.629	2.450	1.633	2.722
27.5	1.719	1.829	2.750	1.833	3.056
40.5	2.531	2.693	4.050	2.700	4.500
41.0	2.563	2.727	4.100	2.733	4.556
42.5	2.656	2.826	4.250	2.833	4.722

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ANGULO DE FRICCION INTERNA

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
UBICACIÓN : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
FECHA : SONDEO-01, BARRIO MANTO
PUNTO : MAYO DEL 2022 PROFUNDIDAD: 4.50 metros UBIC. Punto - 01

PROFUNDIDAD D (metros)	N° DE GOLPES N	ANGULO DE FRICCION INTERNA	
		OSAKI $\phi=v(20N) +15$	DUMJHAN $\phi=v(12N) +25$
0.00 m	0.0	15.00	25.00
0.45 m	10.3	29.32	36.09
0.75 m	10.3	29.32	36.09
1.05 m	10.5	29.49	36.22
1.35 m	11.5	30.17	36.75
1.65 m	13.0	31.12	37.49
1.95 m	13.5	31.43	37.73
2.25 m	14.0	31.73	37.96
2.55 m	16.5	33.17	39.07
2.85 m	22.0	35.96	41.25
3.15 m	24.0	36.91	41.97
3.45 m	24.5	37.14	42.15
3.75 m	27.5	38.45	43.17
4.05 m	40.5	43.46	47.05
4.35 m	41.0	43.64	47.18
4.65 m	42.5	44.15	47.58

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12611
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CAPACIDAD ADMISIBLE

TESIS : *RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022*

SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI

UBICACIÓN : SONDEO-01, BARRIO MANTO

FECHA : MAYO DEL 2022

PROFUNDIDAD: 4.50 metros UBIC. Punto - 01

PROFUNDIDAD D (metros)	N° DE GOLPES	Qa = Q _{ult} /S				
		ARCILLAS		ARCILLA LIMOSA	ARCILLA LIMOSA ARENOSA	LOES
		TERZAGHI (Kg/cm ²)	GRAUX (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI Y PECK (Kg/cm ²)	TERZAGHI (Kg/cm ²)
CON FACTOR DE SEGURIDAD = 3,5						
0.00 m	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.45 m	10.3	0.366	0.390	0.586	0.390	0.651
0.75 m	10.3	0.366	0.390	0.586	0.390	0.651
1.05 m	10.5	0.375	0.399	0.600	0.400	0.667
1.35 m	11.5	0.411	0.437	0.657	0.438	0.730
1.65 m	13.0	0.464	0.494	0.743	0.495	0.825
1.95 m	13.5	0.482	0.513	0.771	0.514	0.857
2.25 m	14.0	0.500	0.532	0.800	0.533	0.889
2.55 m	16.5	0.589	0.627	0.943	0.629	1.048
2.85 m	22.0	0.786	0.836	1.257	0.838	1.397
3.15 m	24.0	0.857	0.912	1.371	0.914	1.524
3.45 m	24.5	0.875	0.931	1.400	0.933	1.566
3.75 m	27.5	0.982	1.045	1.571	1.048	1.746
4.05 m	40.5	1.446	1.539	2.314	1.543	2.571
4.35 m	41.0	1.464	1.558	2.343	1.562	2.603
4.65 m	42.5	1.518	1.615	2.429	1.619	2.696

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL, CIP. N° 12614.
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Análisis de Agua y Ensayos de Materiales

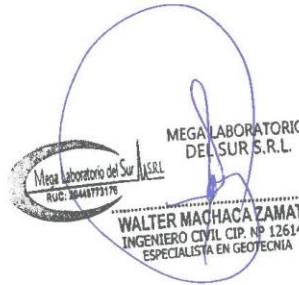


CALCULO DE ASENTAMIENTO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL N° 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: JR. AYAVIRI N° 264 - PUNO (Referencia: Jr. Ancash 456)
Email: megalaboratorio@hotmail.com



Celular: 951 980404
998 998 948
Teléfono: 051-355431



ASENTAMIENTO ELASTICO

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TECNICO RESPONSABLE : A.D.M.V.

CALCULO DE ASENTAMIENTO DE ELASTICO

$$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_z}$$

PRESION POR CARGA ADMISIBLE (PROMEDIO SPT 01 Y 02) = 1.799 Kg/cm²
 RELACION DE POISSON = 0.3
 MODULO DE ELASTICIDAD = 254.0 Kg/cm²
 ASENTAMIENTO PERMISIBLE = 2.5 cm
 ANCHO DE LA CIMENTACION = 1.50 m
 LARGO DE LA CIMENTACION = 1.50 m
 FACTOR DE FORMA = 2.35 m/m

qadm	=	1.799	Kg/cm ²
μ	=	0.3	
Es	=	254.0	Kg/cm ²
Si(max)	=	2.5	cm
B	=	1.50	m
L	=	1.50	m
I _f	=	2.35	m/m

Asentamiento = 0.023 m
 Asentamiento = 2.27 cm

S _i	=	0.023	m
S _i	=	2.27	cm

Presion por carga = 1.799 Kg/cm²

qadm	=	1.799	Kg/cm ²
------	---	-------	--------------------

OBSERVACIONES: el calculo de asentamiento elastico, es sobre un material limo arenoso fino, con una presencia de nivel freatico y qadm=1.799 kg/cm² promedio para una profundidad de 2.50 metros. Desde la cota de 3827 m.s.n.m. en estudio.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MURIZ VARGA
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. N° 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Análisis de Agua y Ensayos de Materiales



MUESTRAS DE SONDEO SPT EN LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L. RUC: 2044873176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
[Signature]
ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L. RUC: 2044873176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
[Signature]
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL, CIP. N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: JR. AYAVIRI N° 264 - PUNO
Email: megalaboratorio@hotmail.com

Referencia: (Jr. Ancash 456)



Celular: 951 960404
998 998 948
Teléfono: 051-355431



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO. PUNO - 2022"
 SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
 UBICACIÓN : SONDEDI. BARRIO MANTO
 PROFUNDIDAD : 0.00 A 4.50 METROS
 FECHA : MAYO DEL 2022
 INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z. N.F. : NO PRESENTA
 TECNICO RESPONSABLE : A.D.M.V.

PROFUNDIDAD	ESTRATO	TIPO DE SONDAJE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	
0.00 - 0.10	ESTRATO 01	SPT	arena limosa con mezcla de arena y limos arcillosos	SM		
0.10 - 0.20						
0.20 - 0.30						
0.30 - 0.40	ESTRATO 02	SPT	arcillas inorgánicas con limos finos de plasticidad media a alta con una coloración amarilla a naranja rojizo	CL		
0.40 - 0.50						
0.50 - 0.60						
0.60 - 0.70						
0.70 - 0.80						
0.80 - 0.90						
0.90 - 1.00						
1.00 - 1.10						
1.10 - 1.20	ESTRATO 03	SPT	arenas bien graduadas de mezcla de arena y gravillas de pocos finos o limos	SW		
1.20 - 1.30						
1.30 - 1.40						
1.40 - 1.50						
1.50 - 1.60						
1.60 - 1.70						
1.70 - 1.80						
1.80 - 1.90	ESTRATO 04	SPT	arenas limosas con mezcla de arenas mal graduadas y arenas gruesas con limos arcillosos	SP-SM		
1.90 - 2.00						
2.00 - 2.10						
2.10 - 2.20						
2.20 - 2.30						
2.30 - 2.40						
2.40 - 2.50						
2.50 - 2.60						
2.60 - 2.70						
2.70 - 2.80						
2.80 - 2.90						
2.90 - 3.00	ESTRATO 05	SPT	gravas limosas con mezcla de gravas bien graduadas y arenas limo arcillosas de consistencias algo compactos y presencia de gravas > a 11/2"	GW-GM		
3.00 - 3.10						
3.10 - 3.20						
3.20 - 3.30						
3.30 - 3.40						
3.40 - 3.50						
3.50 - 3.60						
3.60 - 3.70						
3.70 - 3.80	ESTRATO 05	SPT	gravas limosas con mezcla de gravas bien graduadas y arenas limo arcillosas de consistencias algo compactos y presencia de gravas > a 11/2"	GW-GM		
3.80 - 3.90						
3.90 - 4.00						
4.00 - 4.10						
4.10 - 4.20						
4.20 - 4.30						
4.30 - 4.40						
4.40 - 4.50						
4.50 - 4.60	RECHAZO DEL ENSAYO DE SPT POR UNA MEJOR CONSISTENCIA Y PRESENCIA DE GRAVA > A 11/2"					

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 01, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.00 AL 0.20 METROS **N.F. NO PRESENTA**
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

% CONTENIDO DE HUMEDAD	
25.01	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS	SM
AASTHO	A-2-4
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
% DE GRAVA	8.90
% DE ARENA	73.67
% DE FINOS	17.44
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITES LÍQUIDO	30.80
LÍMITE PLÁSTICO	24.31
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	6.48

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUMIZ VARGAS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMA
 INGENIERO CIVIL CIP. N° 1261
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

CONTENIDO DE HUMEDAD

(METODO DE ENSAYO MTC E 115, NORMA ASTM D 1557, NORMA AASHTO T 180)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 01, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.00 AL 0.20 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V. N.F. NO PRESENTA

ENSAYO	Nº	1	2
TARA	Nº	T-102	T-155
PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO	(gm)	156.43	155.09
PESO DE LA TARA + SUELO SECO	(gm)	133.86	131.43
PESO DEL AGUA	(gm)	22.55	23.66
PESO DE LA TARA	(gm)	40.23	40.23
PESO DEL SUELO SECO	(gm)	93.65	91.20
HUMEDAD	%	24.08	25.94
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	25.01	

CALCULO

$$W\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

DONDE:

- W% = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
- W_h = PESO DE LA MUESTRA HUMEDA
- W_s = PESO DE LA MUESTRA SECA

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MÚÑIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

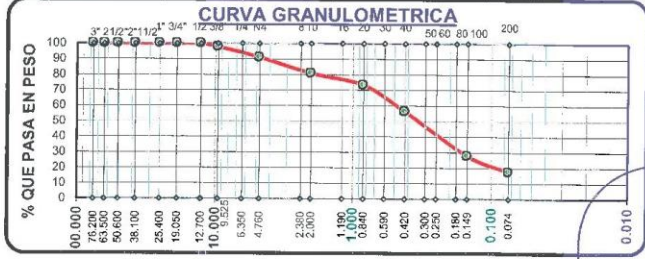
Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT.
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 204, NORMA ASTM D 422, NORMA AASHTO T27)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 01, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.00 AL 0.20 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMETRICO % DE GRAVA ----- 8.90 % DE ARENA ----- 73.67 % DE FINOS ----- 17.44 LÍMITES DE CONSISTENCIA L. LIQUIDO ----- 30.80 L. PLASTICO ----- 24.31 I. DE PLASTICIDAD ----- 6.48 CLASIFICACION DE SUELOS SUCS ----- SM AASTHO ----- A-2-4 OBS: CONTENIDO DE HUMEDAD 25.01 %
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.17	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	6.00	2.14	2.14	97.86	
Nº 4	4.76	19.00	6.76	8.90	91.10	
Nº 10	2.00	29.00	10.32	19.22	80.78	
Nº 20	0.84	21.00	7.47	26.69	73.31	
Nº 40	0.42	48.00	17.08	43.77	56.23	
Nº 100	0.14	80.00	28.47	72.24	27.76	
Nº 200	0.07	29.00	10.32	82.56	17.44	
BASE		49.00	17.44	100.00	0.00	
TOTAL		281.00	100.00			



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LIMITES DE CONSISTENCIA

(METODO DE ENSAYO MTC E 110-111, NORMA ASTM D 4318-84, NORMA AASHTO T 89-90)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 01, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.00 AL 0.20 METROS N.F. NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T - 74	T - 100	T - 109
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	69.46	84.26	78.81
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	62.83	74.79	70.33
AGUA	gr.	6.63	9.47	8.48
PESO DE LA CAPSULA	gr.	40.44	43.42	43.72
PESO DEL SUELO SECO	gr.	22.39	31.37	26.61
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	29.61	30.19	31.87
NUMERO DE GOLPES	N°	37	24	19

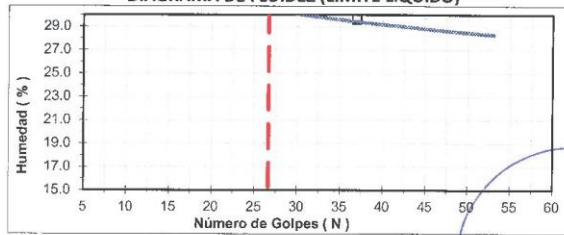
LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T - 10	T - 104	T - 111
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	44.49	42.60	45.00
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	44.1	42.24	44.61
AGUA	gr.	0.39	0.36	0.39
PESO DE LA CAPSULA	gr.	42.49	40.77	43.00
PESO DEL SUELO SECO	gr.	1.61	1.47	1.61
LIMITE PLASTICO	%	24.22	24.49	24.22

LÍMITES DE CONSISTENCIA

% LIMITE LIQUIDO	30.80
% LIMITE PLASTICO	24.31
% INDICE DE PLASTICIDAD	6.48

DIAGRAMA DE FLUIDEZ (LIMITE LIQUIDO)



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 02, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 AL 1.20 METROS **N.F.** : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

% CONTENIDO DE HUMEDAD	
27.20	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS	CL
AASTHO	A-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	43.31
% DE FINOS	56.69
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITES LÍQUIDO	37.74
LÍMITE PLÁSTICO	20.62
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	17.12

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MURIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 115, NORMA ASTM D 1557, NORMA AASHTO T 180)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 02, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 AL 1.20 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V. N.F. : NO PRESENTA

ENSAYO	Nº	1	2
TARA	Nº	T- 63	T- 10
PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO	(gm)	129.74	115.02
PESO DE LA TARA + SUELO SECO	(gm)	111.41	99.28
PESO DEL AGUA	(gm)	18.33	15.74
PESO DE LA TARA	(gm)	42.79	42.45
PESO DEL SUELO SECO	(gm)	68.62	56.83
HUMEDAD	%	26.71	27.70
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	27.20	

CALCULO

$$W\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

DONDE:

W% = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
W_h = PESO DE LA MUESTRA HUMEDA
W_s = PESO DE LA MUESTRA SECA



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGA
TÉCNICO DE LABORATORIO



WALTER MACHACA ZAMAT/
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

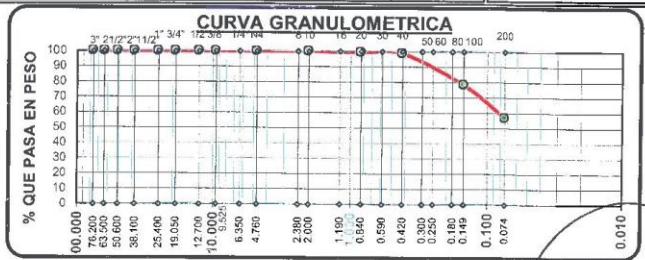


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(METODO DE ENSAYO MTC E 204, NORMA ASTM D 422, NORMA AASHTO T27)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 02, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 AL 1.20 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.
N.F. : NO PRESENTA

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO % DE GRAVA ----- 0.00 % DE ARENA ----- 43.31 % DE FINOS ----- 56.69 LÍMITES DE CONSISTENCIA L. LÍQUIDO ----- 37.74 L. PLÁSTICO ----- 20.62 I. DE PLÁSTICIDAD ----- 17.12 CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ----- CL AASHTO ----- A-6 OBS: CONTENIDO DE HUMEDAD 27.20 %
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.17	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 20	0.84	1.00	0.64	0.64	99.36	
Nº 40	0.42	1.00	0.64	1.27	98.73	
Nº 100	0.14	32.00	20.38	21.66	78.34	
Nº 200	0.07	34.00	21.66	43.31	56.69	
BASE		89.00	56.69	100.00	0.00	
TOTAL		157.00	100.00			



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL, CIP. Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LIMITES DE CONSISTENCIA

(METODO DE ENSAYO MTC E 110-111, NORMA ASTM D 4318-84, NORMA AASHTO T 89-90)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 02, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 AL 1.20 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.
N.F. : NO PRESENTA

LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T-101	T-120	T-130
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	58.19	58.95	51.07
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	48.90	51.93	46.34
AGUA	gr.	9.29	7.02	4.73
PESO DE LA CAPSULA	gr.	30.12	31.83	30.77
PESO DEL SUELO SECO	gr.	18.78	20.10	15.57
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	49.47	34.93	30.38
NUMERO DE GOLPES	N°	12	22	33

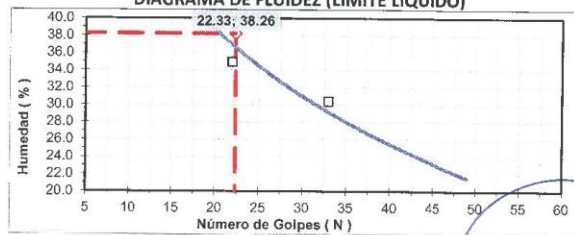
LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T-109	T-105	T-106
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	55.51	52.83	54.54
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	55.27	52.35	54.22
AGUA	gr.	0.24	0.48	0.32
PESO DE LA CAPSULA	gr.	54.09	50.05	52.67
PESO DEL SUELO SECO	gr.	1.18	2.30	1.55
LIMITE PLASTICO	%	20.34	20.87	20.65

LÍMITES DE CONSISTENCIA

% LIMITE LIQUIDO	37.74
% LIMITE PLASTICO	20.62
% INDICE DE PLASTICIDAD	17.12

DIAGRAMA DE FLUIDEZ (LIMITE LIQUIDO)



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP N° 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 03, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 1.20 AL 2.00 METROS **N.F.** : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

% CONTENIDO DE HUMEDAD	
18.25	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS	SW
AASTHO	A-1-a
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
% DE GRAVA	16.73
% DE ARENA	79.52
% DE FINOS	3.76
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITES LÍQUIDO	NP
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	NP

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20446773176
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20446773176
WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. N° 1261
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONTENIDO DE HUMEDAD

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 115, NORMA ASTM D 1557, NORMA AASHTO T 180)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 03, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 1.20 AL 2.00 METROS N.F. : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

ENSAYO	Nº	1	2
TARA	Nº	T-104	T- 64
PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO	(gm)	90.03	98.62
PESO DE LA TARA + SUELO SECO	(gm)	82.24	89.80
PESO DEL AGUA	(gm)	7.79	8.82
PESO DE LA TARA	(gm)	40.77	40.01
PESO DEL SUELO SECO	(gm)	41.47	49.79
HUMEDAD	%	18.79	17.71
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	18.25	

CALCULO

$$W\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

DONDE:
W% = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
Wh = PESO DE LA MUESTRA HUMEDA
Ws = PESO DE LA MUESTRA SECA

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

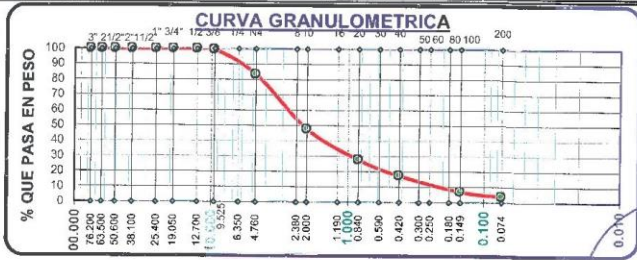
WALTER MACHACA ZAMAT
 INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(METODO DE ENSAYO MTC E 204, NORMA ASTM D 422, NORMA AASHO T27)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 03, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 1.20 AL 2.00 METROS N.F. : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO % DE GRAVA ----- 16.73 % DE ARENA ----- 79.52 % DE FINOS ----- 3.76 LIMITES DE CONSISTENCIA L. LIQUIDO ----- NP L. PLÁSTICO ----- NP L. DE PLASTICIDAD ----- NP CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ----- SW AASHO ----- A-1-a OBS: CONTENIDO DE HUMEDAD 18.25 %
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.17	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	13.54	0.58	0.58	99.42	
Nº 4	4.76	374.00	16.14	16.73	83.27	
Nº 10	2.00	827.00	35.70	52.43	47.57	
Nº 20	0.84	461.00	19.90	72.33	27.67	
Nº 40	0.42	239.00	10.32	82.65	17.35	
Nº 100	0.14	239.00	10.32	92.96	7.04	
Nº 200	0.07	76.00	3.28	96.24	3.76	
BASE		87.00	3.76	100.00	0.00	
TOTAL		2316.54	100.00			



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACA ZAMAT.
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LIMITES DE CONSISTENCIA

(METODO DE ENSAYO MTC E 110-111, NORMA ASTM D 4318-84, NORMA AASHTO T 89-90)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 03, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 1.20 AL 2.00 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.
N.F. : NO PRESENTA

LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	N°		
CAPSULA	N°		
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.		
CAPSULA + SUELO SECO	gr.		
AGUA	gr.		
PESO DE LA CAPSULA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO	gr.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
NUMERO DE GOLPES	N°		

NP

$$LL = Wh \left(\frac{\# \text{ golpes}}{25} \right)^{0.121}$$

LÍMITE PLÁSTICO

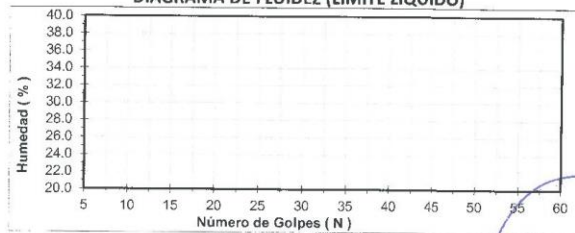
ENSAYO	N°			
CAPSULA	N°			
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.			
CAPSULA + SUELO SECO	gr.			
AGUA	gr.			
PESO DE LA CAPSULA	gr.			
PESO DEL SUELO SECO	gr.			
LIMITE PLASTICO	%			

NP NP NP

LÍMITES DE CONSISTENCIA

% LIMITE LIQUIDO	NP
% LIMITE PLASTICO	NP
% INDICE DE PLASTICIDAD	NP

DIAGRAMA DE FLUIDEZ (LIMITE LIQUIDO)



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL, Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 04, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 2.00 AL 3.60 METROS **N.F.** : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

% CONTENIDO DE HUMEDAD	
20.84	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS	SP-SM
AASTHO	A-1-b
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
% DE GRAVA	35.39
% DE ARENA	53.04
% DE FINOS	11.57
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITES LÍQUIDO	NP
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	NP

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MONIZ YARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMPA
INGENIERO CIVIL C.F. Nº 1263
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONTENIDO DE HUMEDAD

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 115, NORMA ASTM D 1557, NORMA AASHTO T 180)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 04, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 2.00 AL 3.60 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

N.F. : NO PRESENTA

ENSAYO	Nº	1	2
TARA	Nº	T- 16	T- 100
PESO DE LA TARA + SUELO HUMEDO	(gm)	172.20	172.50
PESO DE LA TARA + SUELO SECO	(gm)	149.38	149.68
PESO DEL AGUA	(gm)	22.82	22.82
PESO DE LA TARA	(gm)	40.58	39.48
PESO DEL SUELO SECO	(gm)	108.80	110.20
HUMEDAD	%	20.97	20.71
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	20.84	

CALCULO

$$W\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

DONDE:

- W% = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
- Wh = PESO DE LA MUESTRA HUMEDA
- Ws = PESO DE LA MUESTRA SECA

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126144
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

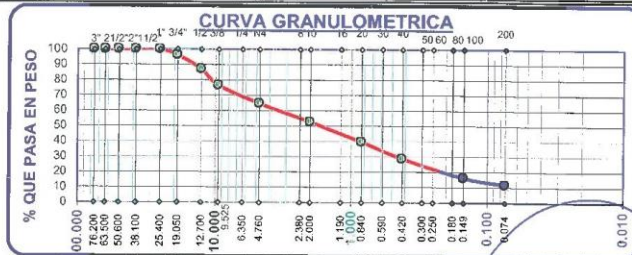
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 204, NORMA ASTM D 422, NORMA AASHTO T 27)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 04, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 2.00 AL 3.60 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

N.F. : NO PRESENTA

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO % DE GRAVA ----- 35.39 % DE ARENA ----- 53.04 % DE FINOS ----- 11.57 LÍMITES DE CONSISTENCIA L. LÍQUIDO ----- NF L. PLÁSTICO ----- NF L. DE PLÁSTICIDAD ----- NF CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ----- SP-SM AASHTO ----- A-1-b OBS: CONTENIDO DE HUMEDAD 20.84 %
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	32.54	3.88	3.88	96.12	
1/2"	12.17	76.56	9.14	13.02	86.98	
3/8"	9.53	87.43	10.44	23.46	76.54	
Nº 4	4.76	99.87	11.92	35.39	64.61	
Nº 10	2.00	100.43	11.99	47.38	52.62	
Nº 20	0.84	109.47	13.07	60.45	39.55	
Nº 40	0.42	92.21	11.01	71.45	28.55	
Nº 100	0.14	103.63	12.37	83.83	16.17	
Nº 200	0.07	38.56	4.60	88.43	11.57	
BASE		96.92	11.57	100.00	0.00	
TOTAL		837.62	100.00			



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHACAZAMA
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 1261
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LIMITES DE CONSISTENCIA

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 110-111, NORMA ASTM D 4318-84, NORMA AASHTO T 89-90)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 04, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 2.00 AL 3.60 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.
N.F. : NO PRESENTA

LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	N°		
CAPSULA	N°	$LL = Wh \left(\frac{\# \text{ golpes}}{25} \right)^{0.121}$	
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.		
CAPSULA + SUELO SECO	gr.		
AGUA	gr.		
PESO DE LA CAPSULA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO	gr.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
NUMERO DE GOLPES	N°		
			NP

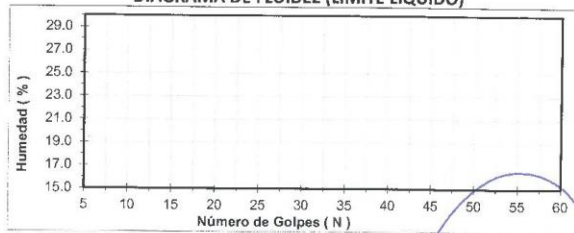
LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	N°			
CAPSULA	N°			
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.			
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	NP	NP	NP
AGUA	gr.			
PESO DE LA CAPSULA	gr.			
PESO DEL SUELO SECO	gr.			
LIMITE PLASTICO	%			

LÍMITES DE CONSISTENCIA

% LIMITE LIQUIDO	NP
% LIMITE PLASTICO	NP
% INDICE DE PLASTICIDAD	NP

DIAGRAMA DE FLUIDEZ (LIMITE LIQUIDO)



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP/Nº 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOSO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 05, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 3.60 AL 4.50 METROS N.F. : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

% CONTENIDO DE HUMEDAD	
23.92	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS	GW-GM
AASTHO	A-1-a
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
% DE GRAVA	49.50
% DE ARENA	45.04
% DE FINOS	5.46
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITES LÍQUIDO	22.48
LÍMITE PLÁSTICO	21.35
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	1.13

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
 Alex David Muniz Vargas
 TÉCNICO DE LABORATORIO

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.
 Walter Machaca Zamora
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 127
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONTENIDO DE HUMEDAD

(MÉTODO DE ENSAYO MTC E 115, NORMA ASTM D 1557, NORMA AASHTO T 180)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 05, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 3.60 AL 4.50 METROS N.F. : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TECNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

ENSAYO	Nº	1	2
TARA	Nº	T-19	T- 61
PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO	(gm)	134.44	137.11
PESO DE LA TARA + SUELO SECO	(gm)	116.89	118.17
PESO DEL AGUA	(gm)	17.55	18.94
PESO DE LA TARA	(gm)	42.61	39.93
PESO DEL SUELO SECO	(gm)	74.28	78.24
HUMEDAD	%	23.63	24.21
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	23.92	

CALCULO

$$W\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

DONDE:

- W% = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
- W_h = PESO DE LA MUESTRA HUMEDA
- W_s = PESO DE LA MUESTRA SECA



MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

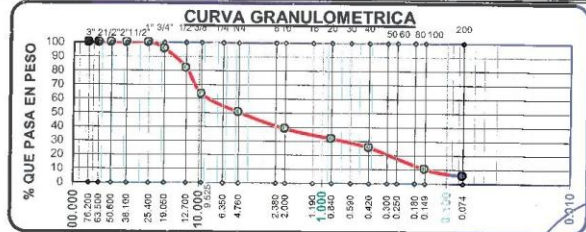




ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(METODO DE ENSAYO MTC E 204, NORMA ASTM D 422, NORMA AASHTO T 27)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGÍA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANAUNI
UBICACIÓN : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 05, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 3.60 AL 4.50 METROS N.F. : NO PRESENTA
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TÉCNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO % DE GRAVA ----- 49.50 % DE ARENA ----- 45.04 % DE FINOS ----- 5.46 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO ----- 22.48 PLÁSTICO ----- 21.35 LÍMITE DE PLASTICIDAD ----- 1.13 CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ----- GW-GM AASTHO ----- A-1-S OBS: el material presenta fracturamiento de roca dacita como tambien procesos de conglomerado CONTENIDO DE HUMEDAD 23.92 %
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	23.00	4.48	4.48	95.52	
1/2"	12.17	69.87	13.62	18.11	81.89	
3/8"	9.53	95.00	18.52	36.63	63.37	
Nº 4	4.76	66.00	12.87	49.50	50.50	
Nº 10	2.00	60.00	11.70	61.20	38.80	
Nº 20	0.84	36.00	7.02	68.22	31.78	
Nº 40	0.42	32.00	6.24	74.46	25.54	
Nº 100	0.14	78.00	15.21	89.67	10.33	
Nº 200	0.07	25.00	4.87	94.54	5.46	
BASE		28.00	5.46	100.00	0.00	
TOTAL		512.87	100.00			



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MORA VARGA
TÉCNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMORA
INGENIERO CIVIL
REGISTRADO EN GEOTECNIA



LIMITES DE CONSISTENCIA

(METODO DE ENSAYO MTC E 110-111, NORMA ASTM D 4318-84, NORMA AASHTO T 89-90)

TESIS : "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION DE 12 NIVELES CON EL USO DE AMORTIGUADORES DE ENERGIA DE TIPO VISCOZO, PUNO - 2022"
SOLICITANTE : FRESIA JUDITH CONDORI HUANACUNI
UBICACION : SONDEO 01, BARRIO MANTO
MUESTRA : ESTRATO 05, SONDEO - 01
PROFUNDIDAD : 3.60 AL 4.50 METROS
FECHA : MAYO DEL 2022
INGENIERO RESPONSABLE : W.M.Z.
TECNICO DE LABORATORIO : A.D.M.V. N.F. : NO PRESENTA

LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T - 16	T - 11	T - 12
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	46.67	57.65	48.97
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	42.04	55.39	45.76
AGUA	gr.	4.63	2.26	3.21
PESO DE LA CAPSULA	gr.	23.30	45.00	30.50
PESO DEL SUELO SECO	gr.	18.74	10.39	15.26
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.69	21.70	21.04
NUMERO DE GOT.PES	N°	18	24	35

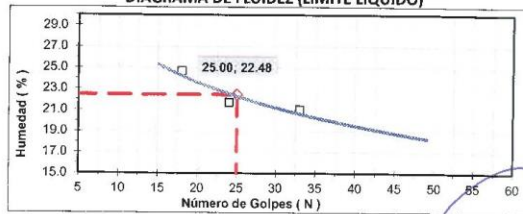
LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	N°	1	2	3
CAPSULA	N°	T-106	T-65	T-02
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	43.42	42.93	41.05
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	43.12	42.60	40.72
AGUA	gr.	0.3	0.33	0.33
PESO DE LA CAPSULA	gr.	41.72	41.01	39.21
PESO DEL SUELO SECO	gr.	1.40	1.59	1.51
LIMITE PLASTICO	%	21.43	20.75	21.85

LÍMITES DE CONSISTENCIA

% LIMITE LIQUIDO	22.48
% LIMITE PLASTICO	21.35
% INDICE DE PLASTICIDAD	1.13

DIAGRAMA DE FLUIDEZ (LIMITE LIQUIDO)



Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 2044873176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 2044873176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
WALTER MACHAZA ZAMA
INGENIERO CIVIL N° 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN EQUIPOS

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
RUC: 20448773176
[Signature]
ALEX DAVID MUNIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
RUC: 20448773176
[Signature]
WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP Nº 12614
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 050 - 2022

Página 1 de 4

1. Expediente	0395-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	EB30
Número de Serie	8020467412
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-02-03

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2022-02-07

Jefe del Laboratorio de Metrologia

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 050 - 2022

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.0 °C	14.3 °C
Humedad Relativa	51%	51%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 050 - 2022

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1	
2	15,001	0.8	0.7	30,000	0.5	0.0	
3	15,001	0.8	0.7	30,000	0.4	0.1	
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0	
5	15,001	0.8	0.7	30,001	0.7	0.8	
6	15,000	0.4	0.1	30,000	0.5	0.0	
7	15,001	0.9	0.6	30,001	0.8	0.7	
8	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.6	-0.1	
9	15,000	0.5	0.0	30,001	0.7	0.8	
10	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0	
Diferencia Máxima			0.8	Diferencia Máxima			0.9
Error Máximo Permissible			± 3.0	Error Máximo Permissible			± 3.0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga Mínima*	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec					
		I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	10 g	10	0.5	0.0	10,000	9,999	0.3	-0.8	-0.8	
2		10	0.6	-0.1		10,000	0.5	0.0	0.1	
3		9	0.6	-1.1		10,000	0.6	-0.1	1.0	
4		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1	
5		10	0.5	0.0		10,000	0.6	-0.1	-0.1	
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible					± 3.0



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 050 - 2022

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Inicial Final
14.0 °C 14.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p.** (±g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	-0.3						
20	20	0.6	-0.1	0.2	20	0.7	-0.2	0.1	1.0
100	100	0.6	-0.1	0.2	100	0.8	-0.1	0.2	1.0
500	500	0.5	0.0	0.3	500	0.6	-0.1	0.2	2.0
1,000	1,000	0.6	-0.1	0.2	1,000	0.8	-0.3	0.0	2.0
5,000	5,000	0.7	-0.2	0.1	5,000	0.4	0.1	0.4	3.0
10,000	10,000	0.6	-0.1	0.2	10,000	0.5	0.0	0.3	3.0
15,000	15,000	0.5	0.0	0.3	15,000	0.6	-0.1	0.2	3.0
20,000	19,999	0.3	-0.8	-0.5	20,000	0.5	0.0	0.3	3.0
25,000	24,999	0.2	-0.7	-0.4	25,000	0.6	-0.1	0.2	3.0
30,000	29,999	0.3	-0.8	-0.5	29,999	0.4	-0.9	-0.6	3.0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.3662222 \text{ g}^2 + 0.00000000334 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R - 0.0000055 \text{ R}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 051 - 2022.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0395-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	SPJ0001
Número de Serie	7130520240
Capacidad mínima	2.0 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-02-03

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2022-02-07

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 051 - 2022.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.6 °C	14.6 °C
Humedad Relativa	35%	35%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 1kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	T-1774-2021

10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 051 - 2022.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
14.0 °C 14.3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 3,000 g			Carga L2 = 6,000 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	3000.0	50	0	6000.0	50	0	
2	3000.0	60	-10	6000.0	40	10	
3	3000.0	60	-10	6000.0	40	10	
4	2999.9	30	-80	6000.1	80	70	
5	2999.9	0	-70	6000.0	60	-10	
6	3000.0	60	-10	6000.0	50	0	
7	3000.0	60	-10	6000.0	60	-10	
8	3000.0	60	-10	6000.0	50	0	
9	3000.0	50	0	5999.9	30	-80	
10	2999.9	20	-70	6000.1	80	70	
Diferencia Máxima			80	Diferencia Máxima			150
Error Máximo Permisible			300.0	Error Máximo Permisible			300.0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

Temperatura Inicial Final
14.0 °C 14.3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		1.0	50	0		2000.0	50	0	0
2		1.0	50	0		2000.0	60	-10	-10
3	1.0	0.9	0	-50	2000.0	2000.0	40	10	60
4		1.0	50	0		2000.0	50	0	0
5		1.0	50	0		1999.9	20	-70	-70
Error máximo permisible								300.0	

* Valor entre 0 y 10e



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 051 - 2022.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	14.0 °C	14.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e m p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1.0	1.0	50	0						
2.0	2.0	40	10	10	2.0	40	10	10	100
100.0	100.0	60	-10	-10	100.0	60	0	0	100
300.0	300.0	50	0	0	300.0	60	-10	-10	100
500.0	500.0	40	10	10	500.0	50	0	0	200
1000.0	1000.0	50	0	0	1000.0	60	-10	-10	200
2000.0	2000.0	60	-10	-10	2000.0	40	10	10	300
3000.0	3000.0	50	0	0	3000.0	50	0	0	300
4000.0	4000.0	60	-10	-10	4000.0	40	10	10	300
5000.0	5000.0	50	0	0	5000.0	60	-10	-10	300
6000.0	6000.0	50	0	0	6000.0	60	-10	-10	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_C: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.003504 \text{ g}^2 + 0.0000000012 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000007 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 052 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0395-2022	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realzan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	610 g	
División de escala (d)	0.01 g	
Div. de verificación (e)	0.01 g	
Clase de exactitud	III	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	METTLER TOLEDO	
Modelo	PB602-S	
Número de Serie	1128292403	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad mínima	0.2 g	
Procedencia	SWITZERLAND	
Identificación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2022-02-03	

Fecha de Emisión

2022-02-07

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 052 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

11

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.4 °C	14.5 °C
Humedad Relativa	35%	35%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (***) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 052 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CUBBOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	14.0 °C	14.3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300.00	5	0	599.99	3	-8
2	300.01	8	7	600.00	6	-1
3	300.00	6	-1	600.00	5	0
4	300.00	7	-2	600.00	6	-1
5	300.00	5	0	600.00	6	-1
6	300.00	0	0	600.00	5	0
7	300.00	7	-2	600.00	4	1
8	300.00	5	0	600.00	6	-1
9	300.00	4	1	600.00	4	1
10	300.00	9	6	600.01	8	7
	Diferencia Máxima			Diferencia Máxima		
	9			15		
	Error Máximo Permissible			Error Máximo Permissible		
	30			30		

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	14.0 °C	14.3 °C

Posición de la Carga	Carga Mínima*	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				
		I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0.10	5	0		200.00	5	0	0
2		0.10	6	-1		200.00	4	1	2
3	0.10	0.09	3	-8	200.00	199.99	3	-8	0
4		0.10	5	0		200.00	5	0	0
5		0.10	6	-1		200.01	8	7	8
		Error máximo permisible							30

* Valor entre 0 y 10e



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LM - 052 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	14.0 °C	14.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	6	-1						
0.20	0.20	5	0	1	0.20	5	0	1	10
60.00	60.00	6	-1	0	60.00	6	0	1	20
120.00	120.00	7	-2	-1	120.00	7	1	2	20
150.00	150.00	6	-1	0	150.00	5	0	1	20
200.00	200.00	5	0	1	200.00	6	-1	0	30
250.00	250.00	6	-1	0	250.00	5	0	1	30
300.00	300.00	6	-1	0	300.00	5	0	1	30
400.00	400.00	4	1	2	400.00	6	-1	0	30
500.00	499.99	2	-7	-6	500.00	5	0	1	30
600.00	599.99	3	-8	-7	599.99	3	-8	-7	30

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.000034 \text{ g}^2 + 0.0000000015 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.000058 \text{ R}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

INFORME DE VERIFICACIÓN
CA - IV - 079 - 2022

Página 1 de 3

1. Expediente	0395-2022	<p>Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CAUBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO	
4. Instrumento de medición	EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO (CAZUELA CASAGRANDE)	
Marca	PYS EQUIPOS	
Modelo	TCP-0005	
Procedencia	PERÚ	
Numero de Serie	101	
Código de Identificación	NO INDICA	
Tipo de contador	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2022-02-03	

Fecha de Emisión

2022-02-07

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

INFORME DE VERIFICACIÓN
CA - IV - 079 - 2022

Página 2 de 3

6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

7. Lugar de Verificación

Las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.5 °C	14.6 °C
Humedad Relativa	35 %	35 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	"PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE"	L-0757-2021
INACAL	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-170-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICACIÓN.
(* Serie grabado en el instrumento)



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📌 CALIBRATEC SAC

1.1. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
53.45	158.39	126.47

HERRAMIENTA DE RANURADO
EXTREMO CURVADO

Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
9.99	2.00	13.39

DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
54.18	2.01	47.52



Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 025 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	0445-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-H225
Número de Serie	0119
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

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

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

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este Instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración: 2022-02-18

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-02-18



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LT - 025 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

En el Laboratorio de Temperatura de CALIBRATEC S.A.C.
Avenida Chillón Lote 50 -B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.7 °C
Humedad Relativa	54 %	54 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0362
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-B	T-1774-2021

10. Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 025 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 20.35 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	105.2	107.1	105.2	109.7	112.4	109.7	112.5	111.0	109.0	109.7	109.2	6.6
02	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	113.0	109.7	111.9	109.7	108.6	109.7	109.1	7.2
04	110.0	105.8	106.9	105.8	109.6	112.6	109.6	112.4	111.3	108.6	109.6	109.2	6.8
06	110.0	105.5	107.0	105.5	109.7	112.6	109.7	112.5	110.5	108.6	109.7	109.1	7.1
08	110.0	105.7	107.1	105.7	109.7	112.4	109.7	112.4	111.0	109.0	109.7	109.2	6.7
10	110.0	105.6	107.0	105.7	109.6	113.0	109.6	112.3	109.7	108.6	109.6	109.1	7.4
12	110.0	105.5	107.1	105.5	109.7	112.6	109.7	112.4	111.0	108.6	109.7	109.2	7.1
14	110.0	105.5	106.9	105.5	109.7	112.6	109.7	112.7	109.7	109.0	109.7	109.1	7.2
16	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.4	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.3	6.4
18	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.6	110.5	109.0	109.7	109.4	6.7
20	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
22	110.0	106.1	107.1	106.1	109.6	112.6	109.6	112.7	110.5	108.6	109.6	109.2	6.6
24	110.0	106.2	106.9	106.2	109.7	112.6	109.7	112.5	111.0	108.6	109.7	109.3	6.4
26	110.0	106.5	107.0	106.5	109.7	112.4	109.7	112.3	109.7	108.6	109.7	109.2	5.9
28	110.0	106.3	106.9	106.3	109.6	113.0	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.4	6.7
30	110.0	106.4	107.0	106.4	109.7	112.4	109.7	112.5	110.5	109.0	109.7	109.3	6.1
32	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.4	6.6
34	110.0	106.3	107.0	106.3	109.6	112.6	109.6	112.6	109.7	109.0	109.6	109.2	6.3
36	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
38	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.3	6.7
40	110.0	106.4	106.9	106.4	109.6	112.6	109.6	112.4	111.0	109.0	109.6	109.3	6.2
42	110.0	106.5	107.0	106.5	109.7	112.4	109.7	112.6	109.7	108.6	109.7	109.1	5.9
44	110.0	106.7	107.0	106.7	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.5	6.3
46	110.0	106.7	107.1	106.7	109.6	112.6	109.6	112.7	109.7	108.6	109.6	109.3	6.0
48	110.0	106.6	107.1	106.6	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	109.0	109.7	109.5	6.0
50	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	112.4	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.2	6.1
52	110.0	106.4	107.0	106.4	109.6	113.0	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.4	6.6
54	110.0	106.2	107.1	106.2	109.6	112.6	109.6	112.7	111.0	108.6	109.6	109.3	5.5
56	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	112.6	109.7	112.6	109.7	108.6	109.7	109.2	6.2
58	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	111.3	109.0	109.7	109.4	6.7
60	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.6	109.6	112.4	110.5	108.6	109.6	109.2	6.5
T.PROM	110.0	106.1	107.0	106.1	109.7	112.7	109.7	112.5	110.6	108.7	109.7	109.3	
T.MAX	110.0	106.7	107.1	106.7	109.7	113.0	109.7	112.8	111.3	109.0	109.7		
T.MIN	110.0	105.5	106.9	105.5	109.6	112.4	109.6	111.9	109.7	108.6	109.6		
DTI	0.0	1.2	0.2	1.2	0.1	0.6	0.1	0.9	1.6	0.4	0.1		



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📄 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LT - 025 - 2022

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	113.0	18.3
Mínima Temperatura Medida	105.5	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.5	19.5
Estabilidad Medida (±)	0.8	0.04
Uniformidad Medida	7.4	19.5

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

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio isoterma : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

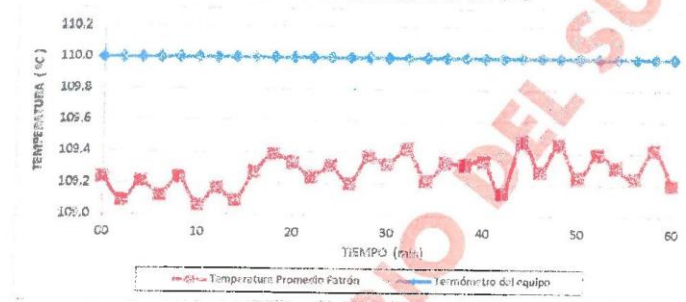
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



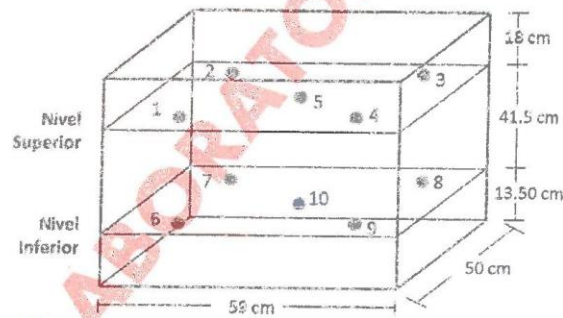
☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
☎ CALIBRATEC SAC

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.



32. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

INFORME DE VERIFICACIÓN
CA - IV - 070 - 2022

Página 1 de 2

1. Expediente	0395-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo	PENETRACION ESTANDAR SPT (SPT)
Marca	TAMIEQUIPOS
Modelo	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Numero de Serie	NO INDICA
Código de Identificación	IV-070
Tipo de contador	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2022-02-03

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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


Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2022-02-07

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

INFORME DE VERIFICACIÓN
CA - IV - 070 - 2022

Página 2 de 2

6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional MTC E-119 :
"METODO DE ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR SPT"

7. Lugar de Verificación

Las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.5 °C	14.6 °C
Humedad Relativa	35 %	35 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	"PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE"	L-0757-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOFCO	T-1774-2021
METROIL	PESAS DE 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICACIÓN.

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA MASA DE IMPACTO

Peso (kg)
58.65

DIMENSIONES DEL MUESTRADOR DE CAÑA PARTIDA

Diametro Interno (mm)	Longitud (mm)	Diametro Zapata Guia (mm)
39.43	477.00	34.8

DIMENSIONES DE LAS VARILLAS

Diametro (mm)	Altura (m)	Peso (kg)
32.10	1.50	14.91

Fin del Documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° M-0687-2021



EXP: 107850

Pág. 1 de 2

Fecha de emisión : 2021 - 08 - 05

- Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
- Dirección** : Av. Chillón Lote 50 b - Urb. Chacaracero - Comas - Lima
- Medida materializada** : Pesa
 - Marca** : No indica
 - Material** : Acero inoxidable
 - Procedencia** : No indica
 - N° de serie** : No indica
 - Código** : LM-002
 - Valor Nominal** : 10 kg
 - Clase de exactitud** : M1
 - Cantidad** : 01 unidad
 - Ubicación** : No indica
- Lugar de calibración** : Laboratorio de Masa - METROIL S.A.C.
- Fecha de calibración** : 2021 - 08 - 05
- Método de calibración**

La calibración se efectuó mediante el método de doble sustitución con los patrones del laboratorio, según el PC-016 2ª Ed. : Abril 2015 "Procedimiento para la calibración de pesas de precisión" del INDECOPI - SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de calibración
IM-1133	Pesa patrón Clase : F1	M-1116-2020 / METROIL S.A.C

8. Condiciones de calibración

- Temperatura Ambiental : 21 °C a 20,8 °C
- Humedad Relativa : 52,7 %H.R.
- Presión Atmosférica : 1001,5 mbar

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

DANIEL J. LAYME PEREZ
Laboratorio de Calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado N° M-0687-2021



9. Resultados

N°	IDENTIF.	FORMA	CAVIDAD DE AJUSTE	VALOR NOMINAL	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	E.M.P. (±) (M1)
1	--	Paralelepípeda	TIENE	10 kg	10 kg + 160 mg	160 mg	500 mg

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

E.M.P: Error Máximo Permisible

10. Observaciones :

- Manipular con cuidado y mantener limpia la pesa.
- No se realizó ajuste a la pesa antes de su calibración.
- Se colocó en la caja que contiene la pesa una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", identificada con el N° MA-06975-21
- El código de identificación LM-002 se encuentra en una etiqueta pegada en la caja que contiene la pesa
- Para la determinación de la masa se considero la densidad de la pesa 7950 kg/m^3

FIN DEL DOCUMENTO

MEGALABORATORIO DEL SUP...

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° M-0688-2021



EXP. 107850
Pág. 1 de 2

Fecha de emisión : 2021 - 08 - 05

- Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
- Dirección** : Av. Chillón Lote 50 b - Urb. Chacaracero - Comas - Lima
- Medida materializada** : Pesa
 - Marca** : No indica
 - Material** : Acero inoxidable
 - Procedencia** : No indica
 - N° de serie** : No indica
 - Código** : LM-003
 - Valor Nominal** : 20 kg
 - Clase de exactitud** : M1
 - Cantidad** : 01 unidad
 - Ubicación** : No indica
- Lugar de calibración** : Laboratorio de Masa - METROIL S.A.C.
- Fecha de calibración** : 2021 - 08 - 05
- Método de calibración**

La calibración se efectuó mediante el método de doble sustitución con los patrones del laboratorio, según el PC-016 2ª Ed. : Abril 2015 "Procedimiento para la calibración de pesas de precisión" del INDECOPI - SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de calibración
IM-729	Pesa patrón Clase : F2	LM-C-140-2021 / INACAL-DM

8. Condiciones de calibración

- Temperatura Ambiental** : 21,3 °C a 21,1 °C
- Humedad Relativa** : 53,6 %H.R.
- Presión Atmosférica** : 1001,5 mbar

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

DANIEL J. LAYME PEREZ
Laboratorio de Calibración

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado N° M-06986-021
Pag. 2 de 2



9. Resultados

N°	IDENTIF.	FORMA	CAVIDAD DE AJUSTE	VALOR NOMINAL	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	E.M.P. (±) (M1)
1	-	Paralelepípeda	TIENE	20 kg	20 kg + 200 mg	330 mg	1000 mg

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

E.M.P: Error Máximo Permissible

10. Observaciones :

- Manipular con cuidado y mantener limpia la pesa.
- No se realizó ajuste a la pesa antes de su calibración.
- Se colocó en la caja que contiene la pesa una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", identificada con el N° MA-06976-21
- El código de identificación LM-003 se encuentra en una etiqueta pegada en la caja que contiene la pesa
- Para la determinación de la masa se considero la densidad de la pesa 7950 kg/m^3

FIN DEL DOCUMENTO

MEGALABORATORIO DEL SUPERSA

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° M-0726-2021



EXP. 109102
Pág. 1 de 2

Fecha de emisión : 2021 - 08 - 12

- Solicitante** : CALIBRATE S.A.C.
- Dirección** : Av. Chillón Lote 50b - Urb. Chacaracero - Comas - Lima
- Medida materializada** : Pesas
 - **Marca** : FUYUE
 - **Material** : Acero inoxidable
 - **Procedencia** : China
 - **N° de serie** : 19E10
 - **Código** : No indica
 - **Valor Nominal** : 1 kg - 2 kg
 - **Clase de exactitud** : F1
 - **Cantidad** : 3 unidades
 - **Ubicación** : No indica
- Lugar de calibración** : Laboratorio de Masa - METROIL S.A.C.
- Fecha de calibración** : 2021 - 08 - 12
- Método de calibración**

La calibración se efectuó mediante el método de doble sustitución con los patrones del laboratorio, según el PC 016 2ª Ed. : Abril 2015 "Procedimiento para la calibración de pesas de precisión" del INDECOPI - SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de calibración
IM-1100	Pesa patrón Clase : E2	M-0383-2021 / METROIL S.A.C
IM-1101	Pesa patrón Clase : E2	LM-C-106-2021 / INACAL-DM

6. Condiciones de calibración

- **Temperatura Ambiental** : 20,8 °C a 20,5 °C
- **Humedad Relativa** : 52,9 %H.R. a 51,9 %H.R.
- **Presión Atmosférica** : 1003,5 mbar

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.


Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.


NILTON C. GUIZA VILLANUEVA
Laboratorio de Calibración



METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC - 001

Certificado N° M-0726-021
Pag. 2 de 2



9. Resultados

N°	IDENTIF.	FORMA	CAVIDAD DE AJUSTE	VALOR NOMINAL	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	E.M.P. (±) (F1)
1	--	Cilíndrica con botón	TIENE	1 kg	1 kg + 1,4 mg	1,6 mg	5 mg
2	--	Cilíndrica con botón	TIENE	2 kg	2 kg + 1,0 mg	3,0 mg	10 mg
3	(*)	Cilíndrica con botón	TIENE	2 kg	2 kg + 5,0 mg	3,0 mg	10 mg

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

E.M.P: Error Máximo Permisible

10. Observaciones :

- Manipular con cuidado y mantener limpias las pesas.
- No se realizó ajuste a la pesa antes de su calibración.
- Se colocó en la caja que contiene la pesa una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", identificada con el N° MA-09025-21
- Para la determinación de la masa se considero la densidad de la pesa 7850 kg/m^3

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-1774-2021



Expediente N° 107133
Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2021-06-23

1. **Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Chillón Lote 50b Urb. Chacaracero - Comas - Lima
3. **Instrumento calibrado** : MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
(TERMOHIGRÓMETRO)
- Marca / Fabricante : BOECO
- Identificación : PT-002 (*)
- Serie : 170719424
- Modelo : HTC-8
- Intervalo de indicación : IN: -50 °C a 70 °C / OUT: -50 °C a 70 °C
10 % H.R. a 99 % H.R.
- Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
1 % H.R.
- Procedencia : Alemania
- Ubicación : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de
METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2021-06-22 al 2021-06-23
6. **Método de calibración**
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 00 "Procedimiento para Calibración de Medidores de Humedad y Temperatura" de METROIL S.A.C.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-562	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,33 %H.R. a 2,06 %H.R.	LH-005-2021 / INACAL - DM
IT-332	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,09 °C	T-3270-2020 / METROIL S.A.C.
IT-333	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,09 °C	T-3271-2020 / METROIL S.A.C.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GÓICOCHEA DE LA CRUZ
Laboratorio de Calibración
C.I.P.: 171505

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 22,4 °C Final : 24,1 °C
Humedad relativa : Inicial : 58,4 % H.R. Final : 69,8 % H.R.

9. Resultados

PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
15,0	0,0	15,0	0,4
24,8	0,2	25,0	0,4
29,5	0,5	30,0	0,4

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
35	0,0	35,0	2,8
57	3,0	60,0	2,8
87	3,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

10. Observaciones

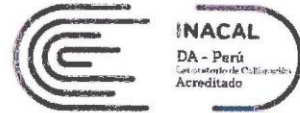
- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° MA-06828-21
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° L-0757-2021



Expediente : 107133
Página 1 de 3

- Fecha de emisión : 2021-06-22
1. Solicitante : CALIBRATEC S.A.C.
2. Dirección : Av. Chillón Lote 50b Urb. Chacaracero - Comas - Lima
3. Instrumento : PIE DE REY
- Marca / Fabricante : INSIZE
 - Modelo : No indica
 - Número de serie : 2408161421
 - Procedencia : No indica
 - Código de identificación : PL-002 (*)
 - Intervalo de indicación : 0 mm a 200 mm
 - Resolución : 0,01 mm
 - Tipo de indicación : Digital
 - Código de fábrica : 1108-200W
 - Ubicación : No indica
4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
5. Fecha de calibración : 2021-06-22

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa, según el PC-012 Edición 5 "Procedimiento de calibración de Pie de Rey" del INDECOPI-SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-160	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-206-2021 / INACAL-DM
IL-135	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-152-2021 / INACAL-DM
IL-173	Anillo patrón Incertidumbre de 0,7 µm	LLA-425-2020 / INACAL-DM
IL-178	Varilla patrón Incertidumbre de 0,3 µm	LLA-046-2021 / INACAL-DM
IT-449	Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,19 °C	T-1028-2020 / METROIL S.A.C.

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 19,8 °C Final : 20 °C
Humedad relativa : Inicial : 55 % H.R. Final : 55,8 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

JORGE L. GUTIERREZ VILLAGÓMEZ
Laboratorio de Calibración

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



9. Resultados

Error de referencia inicial (I) = 0 μ m

Error de indicación del pie de rey para mediciones de exteriores

Valor patrón (mm)	Indicación promedio del pie de rey (mm)	Error (μ m)
0,000	0,000	0
10,000	10,000	0
40,000	40,000	0
80,000	79,993	-7
125,000	124,993	-7
150,000	149,990	-10
200,000	199,990	-10

Error de contacto de la superficie parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
200,000	20

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
200,000	0

Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E-I})

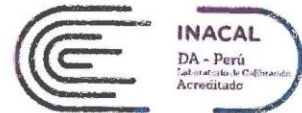
Valor patrón (mm)	Error (μ m)
30,000	-10

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E-P})

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
30,000	0

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
10,000	0



Error de contacto de superficie completa (J)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
20,000	0

Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para interiores (K)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
5,001	0

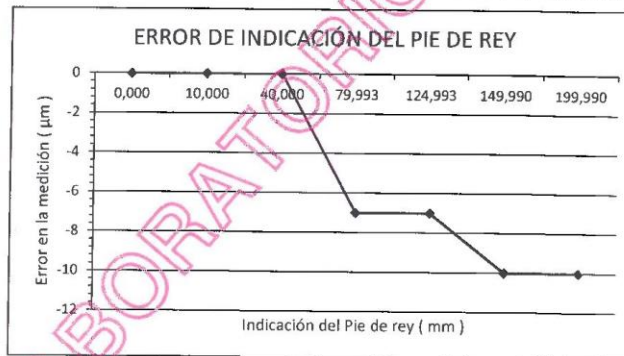
Incertidumbre de la medición : $(14,158^2 + 0,003^2 * L^2)^{1/2} \mu\text{m}$

L : Indicación del pie de rey en milímetros (mm)

Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permisible de $\pm 30 \mu\text{m}$, según norma DIN 862.



10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° MA-06751-21.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Indicado en una etiqueta adherida a la caja del instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - 170 - 2021



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 7

Expediente	1042786	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	CALIBRATEC SAC	
Dirección	Calle Yahuar Huaca Nro 215	
Instrumento de Medición	BLOQUES PATRON DE LONGITUD	
Longitud Nominal	1 mm a 20 mm	
Grado	0 (*)	
Marca	INSIZE	
Modelo	4100-32 (*)	
Número de Serie	140099 (*)	
Cantidad	11	
Material	ACERO	
Fecha de Calibración	2021-05-05 al 2021-05-06	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área	Responsable del laboratorio
 Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA, Leonardo FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-05-07 22:20:38	 Firmado digitalmente por CANO URIBE Daniel Adolfo FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-05-07 09:22:21
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 2 de 7

Método de Calibración

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud, por el método de comparación, utilizando bloques patrón de longitud de mejor grado y un comparador de bloques patrón. Se tomó como referencia la Norma ISO 3650:1998

Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Angulo
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,0 °C ± 0,5 °C
-------------	------------------

Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología (CEM)	Bloques patrón de longitud LA 01 021 Grado K	170439001 2017-11-15
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Comparador de bloques patrón LA 05 019 con incertidumbre del orden de 0,032 µm	INACAL DM/LLA-125-2020 2020-06-05

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) Datos dados en la caja que los contiene.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 3 de 7

Resultados de Medición

Longitud Nominal (mm.)	Número de Serie	CARA IZQUIERDA / CARA SIN MARCAR					CARA DERECHA / CARA MARCADA					DESMEG		
		AR	LR	R	SR	C	AD	AR	LR	R	SR		C	AD
1	146299			X			NO			X			NO	NO
2	147782			X			NO			X			NO	NO
3	142411			X			NO			X			NO	NO
4	146963			X			NO			X			NO	NO
5	149402		X				SI		X				SI	NO
6	143587		X				SI		X				SI	NO
7	147130		X				NO		X				NO	NO
8	140420		X				NO		X				NO	NO
9	146827		X				NO		X				NO	NO
10	144104			X			NO			X			NO	NO
20	148861			X			NO			X			NO	NO

Un casillero marcado con X significa que el instrumento de medición entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Un casillero sin marca alguna significa que el instrumento de medición no entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Las clasificaciones se describen en la siguiente página.

MEGALABORATORIO DEL SUR



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

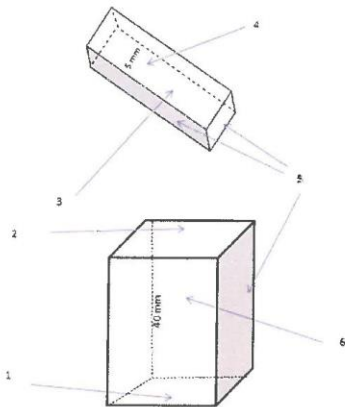
Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 4 de 7

Denominación de las caras de los bloques patrón de longitud



a) para longitudes $L_n < 6\text{ mm}$

b) para longitudes nominales $L_n \ge 6\text{ mm}$

Leyenda

- 1 cara de medición izquierda
- 2 cara de medición derecha
- 3 cara de medida sin marcar
- 4 cara de medida marcada
- 5 cara laterales
- 6 cara lateral marcada

Considerar las clasificaciones siguientes:

AR	Ausencia de rayas. No debe observarse rayas en la totalidad de la cara.
LR	Levemente rayado. Se observa una pequeña cantidad de rayas, no mayor de veinte.
R	Rayado. Se observa una cantidad de rayas considerablemente mayor a las del caso anterior, precisamente es imposible de determinar su número.
SR	Severamente rayado. No existe sector alguno libre de rayas sobre la cara observada, o bien ésta presenta al menos una raya de gran longitud y profundidad.
C	Corrosión. Se observa corrosión de cualquier tipo sobre la cara observada.
AD	Resultado de la prueba de adherencia (SINO)
DESMG	Fue necesario desmagnetizar el bloque (SINO)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 5 de 7

LONGITUD NOMINAL l_n (mm)	NÚMERO DE SERIE DEL BLOQUE PATRÓN DE LONGITUD	DESVIACIÓN A LA LONGITUD NOMINAL $(l_c - l_n)$ (μm)	LONGITUD CENTRAL MEDIDA (l_c) (mm)	VARIACIÓN DE LONGITUD $(v = l_{\text{max}} - l_{\text{min}})$ (μm)	GRADO 0	
					MÁXIMA DESVIACIÓN DE LONGITUD PERMITIDA EN CUALQUIER PUNTO RESPECTO A LA LONGITUD NOMINAL $\pm l_s$ (μm)	ERROR MÁXIMO PERMITIDO DE LA VARIACIÓN DE LONGITUD l_v (μm)
1	146299	0,05	1,00005	0,03	0,12	0,10
2	147782	0,04	2,00004	0,04	0,12	0,10
3	142411	0,11	3,00011	0,07	0,12	0,10
4	146863	0,09	4,00009	0,02	0,12	0,10
5	149402	-0,03	4,99997	0,09	0,12	0,10
6	143587	0,07	6,00007	0,05	0,12	0,10
7	147130	-0,01	8,99999	0,06	0,12	0,10
8	140420	0,04	8,00004	0,04	0,12	0,10
9	146827	-0,06	8,99994	0,03	0,12	0,10
10	144104	0,06	10,00006	0,01	0,12	0,10
20	148861	-0,01	19,99999	0,13	0,14	0,10

(**)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

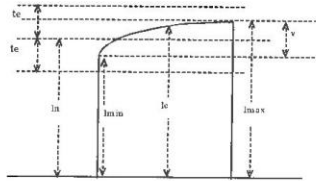
Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 6 de 7

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud del bloque patrón de longitud



$$\text{Incertidumbre Expandida de Medición: } U = \sqrt{(75 \text{ nm})^2 + (1,38 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2}$$

L : Longitud nominal expresado en milímetros.

(**) La variación de longitud encontrada para este bloque patrón de longitud es mejor al error máximo permitido de la variación de longitud para bloques patrón de longitud Grado 0, de acuerdo a la Norma ISO 3650.

Nota :

El coeficiente de dilatación térmica del bloque patrón de longitud grado K es $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, dato dado por el fabricante.

El coeficiente de dilatación térmica del bloque patrón de longitud grado 0 utilizado es $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ y los errores máximos permitidos, datos tomados de la Norma ISO 3650:1998.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 170 – 2021



Página 7 de 7

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM, JCGM 100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPÍ mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



Registro N° LC-038



Certificado de Calibración LT21-0363

ORDEN DE TRABAJO	: OT21-0451	<p>El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p> <p>Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.</p>
CLIENTE	: CALIBRATEC S.A.C.	
DIRECCIÓN	: AV. CHILLON LOTE 50B URB. CHACRACERRO - COMAS	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE M.S.G.	
INSTRUMENTO CALIBRADO	: TERMÓMETRO DIGITAL MULTICANAL	
MARCA	: ANBAI	
MODELO	: AT4516	
NÚMERO DE SERIE	: 451602107001	
IDENTIFICACIÓN	: LT-002	
PROCEDENCIA	: CHINA	
INTERVALO DE INDICACIÓN	: (-200 a 1800)°C	
RESOLUCIÓN	: 0,1 °C	
TIPO DE SENSOR	: TERMOCUPLA TIPO K	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-08-14	
FECHA DE EMISIÓN	: 2021-08-16	

SELLO



DIRECTOR DE LABORATORIO
DANTE ABELINO PEREZ

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



Registro N° LC - 038



Certificado de Calibración
LT121-0363

TRAZABILIDAD

FUENTE DE LA TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO PATRÓN	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°
INACAL-DM	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DELTA OHM TDP-01	LT-051-2021
INACAL-DM	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DELTA OHM TDP-02	LT-052-2021

METODO / PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Calibración por comparación según el procedimiento - INDECOPI SNM PC-017 "Procedimiento de Calibración de Termómetros Digitales" (Segunda Edición Diciembre 2012).

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

TEMPERATURA	22,9	°C	±	0,8	°C
HUMEDAD RELATIVA	52,5	%	±	2,5	%

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

TCV (°C)	Corrección °C										Incertidumbre °C
	CH01	CH02	CH03	CH04	CH05	CH06	CH07	CH08	CH09	CH10	
0,02	0,52	0,62	0,72	0,62	0,52	0,52	0,62	0,62	-0,08	0,12	0,10
30,02	0,42	0,52	0,62	0,62	0,42	0,42	0,62	0,52	-0,08	0,02	0,10
60,00	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-0,20	0,00	0,11
89,99	0,19	0,29	0,29	0,29	0,19	0,39	0,29	0,29	-0,41	-0,31	0,11
120,02	0,12	0,12	0,12	0,12	0,02	0,22	0,22	0,12	-0,46	-0,28	0,12

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
TCV = Indicación del termómetro + corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado un sticker de calibración.
La profundidad de inmersión del sensor fue 7,55 cm.
Tiempo de estabilización no menor a 20 min.
El instrumento tiene 10 termopares, 100 K.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com