

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis sísmico comparativo entre un edificio de gran altura con sistema convencional y disipadores de energía**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Mario Oblitas Gonzales**

**ASESOR**

**Segundo Guillermo Carranza Cieza**

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

**Chiclayo, 2024**

**Análisis sísmico comparativo entre un edificio de gran altura con sistema  
convencional y disipadores de energía**

PRESENTADA POR  
**Mario Oblitas Gonzales**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Jorge Enrique Alvarez Ruffran  
PRESIDENTE

Jose Alberto Acero Martinez  
SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres Vidal Isauro Oblitas Collantes y Eufemia Gonzales Riojas por su apoyo incondicional, por su lucha y sacrificio. Mi admiración y gran respeto hacia ellos

## **Agradecimientos**

Al universo infinito y a las fuerzas superiores que mantienen el equilibrio, por darme el privilegio de existir y formar parte de este asombroso y extraordinario lugar

A mis familiares, amigos y a todas las personas que me acompañaron y acompañan en mi camino de realizar mis sueños

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, a la Facultad de Ingeniería Civil Ambiental y a sus docentes, quienes con su enseñanza y dedicación contribuyeron a mi formación profesional en la carrera de Ingeniería Civil Ambiental

Y finalmente a mi asesor Ing. Segundo Guillermo Carranza Cieza, por su tiempo dedicado en la guía y orientación durante el desarrollo de mi tesis

# Análisis sísmico comparativo entre un edificio de gran altura con sistema convencional y disipadores de energía

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	

## Índice

Resumen .....	11
Abstract .....	12
Introducción .....	13
Revisión de literatura .....	17
Materiales y métodos .....	26
Resultados y discusión .....	68
Conclusiones .....	93
Recomendaciones.....	95
Referencias .....	96
Anexos.....	98

## Lista de tablas

Tabla 1.	Operacionalizaciones variables.....	26
Tabla 2.	Coordenadas de ubicación del terreno .....	29
Tabla 3.	Tipo de edificación u obra .....	30
Tabla 4.	Número de puntos de exploración .....	30
Tabla 5.	Profundidad de exploración en función del ancho y números de pisos.....	31
Tabla 6.	Coordenadas de puntos de exploración.....	32
Tabla 7.	Parámetros sísmicos.....	39
Tabla 8.	Irregularidades en altura.....	39
Tabla 9.	Irregularidades en planta.....	40
Tabla 10.	Factor de escalamiento .....	42
Tabla 11.	Parámetros Sísmicos para análisis modal.....	45
Tabla 12.	Periodo y modos de vibración estructura SIN DFV (flexible).....	45
Tabla 13.	Derivas con $R=1$ .....	46
Tabla 14.	Registros sísmicos .....	47
Tabla 15.	Derivas de análisis TH lineal en dirección X-X.....	51
Tabla 16.	Derivas de análisis TH lineal en dirección X-X.....	51
Tabla 17.	Factor de reducción dirección X-X e Y-Y .....	54
Tabla 18.	Cálculos del coeficiente de amortiguamiento del DFVC X-X.....	57
Tabla 19.	Cálculos del coeficiente de amortiguamiento del DFVC Y-Y.....	57
Tabla 20.	Rigidez de brazo metálico .....	60
Tabla 21.	Resumen de las propiedades de los DVFC en X-X e Y-Y.....	60
Tabla 22.	Coefficientes de amortiguamiento con $\alpha$ 0.25, 0.5 y 0.75 .....	62
Tabla 23.	Tabla.24 Derivas con $\alpha$ : 0.25, 0.5 y 0.75 .....	62
Tabla 24.	Energía disipada con $\alpha$ : 0.25, 0.5 y 0.75 .....	64
Tabla 25.	Porcentaje de energía disipada con $\alpha$ 0.25, 0.5 y 0.75 .....	65
Tabla 26.	Parámetros sísmicos (ensayo SPT) .....	68

Tabla 27.	Parámetros sísmicos (MASW-1).....	69
Tabla 28.	Condiciones elásticas del suelo de estudio.....	70
Tabla 29.	Periodo y modos de vibración EC.....	71
Tabla 30.	Story Max Over Avg Drifts.....	71
Tabla 31.	Desplazamientos máximos por nivel (X-X e Y-Y).....	73
Tabla 32.	Periodo y modos de vibración estructura flexible.....	74
Tabla 33.	Desplazamientos máximos por nivel E. sin DFV.....	76
Tabla 34.	Periodo y modos de vibración estructura flexible.....	78
Tabla 35.	Derivas de la E. con DFVC.....	78
Tabla 36.	Desplazamientos máximos por nivel E. con DFVC.....	80
Tabla 37.	Comparación de ratios en X-X e Y-Y.....	84
Tabla 38.	Comparación de derivas en ambas direcciones X-X e Y-Y.....	85
Tabla 39.	Comparación de desplazamientos en ambas direcciones X-X e Y-Y.....	87
Tabla 40.	Energía disipada por la estructura y los DFVC en dirección X-X e Y-Y.....	89
Tabla 41.	Comparación del análisis sísmico general de las estructuras.....	92

## Lista de figuras

Figura 1.	Energía de la estructura sin DFV .....	21
Figura 2.	Energía de la estructura con DFV .....	21
Figura 3.	Sistemas de protección sísmica .....	22
Figura 4.	Tipos de disipadores de energía .....	23
Figura 5.	Partes del DFV .....	23
Figura 6.	Mecanismo de amortiguamiento del DFV .....	24
Figura 7.	Tipos de disposición de DFV .....	25
Figura 8.	Tipos de disposición de DFV Taylor .....	25
Figura 9.	Esquema general del desarrollo de tesis .....	27
Figura 10.	Normas empleadas .....	28
Figura 11.	Planta arquitectónica .....	28
Figura 12.	Ubicación del área de estudio.....	29
Figura 13.	Ubicación de los sondeos de exploración.....	32
Figura 14.	Ubicación de los ensayos geofísicos .....	34
Figura 15.	Planta de estructura dividida en bloques .....	35
Figura 16.	Isométrico de estructura dividida en bloques .....	35
Figura 17.	Modelado de la estructura convencional .....	37
Figura 18.	Espectro de aceleraciones R=6.....	41
Figura 19.	Sismo en dirección Y-Y moviendo la Masa (+).....	42
Figura 20.	Perspectiva y planta estructura flexible.....	44
Figura 21.	Espectro de aceleración con R=1 .....	45
Figura 22.	Derivas con R=1 .....	46
Figura 23.	Registros sísmicos .....	48
Figura 24.	Corrección a línea base y filtrado de señales sísmicas.....	49
Figura 25.	Escalado y ajuste de señales sísmicas .....	50
Figura 26.	Derivas con sismo crítico de diseño X-X.....	52

Figura 27.	Derivas con sismo crítico de diseño Y-Y.....	52
Figura 28.	Disposición DFV Chevron mejorado.....	59
Figura 29.	Sección de brazo metálico.....	60
Figura 30.	Vista en planta y perspectiva de la ubicación de DFVC.....	61
Figura 31.	Vista en elevación y perspectiva de la ubicación de DFVC.....	61
Figura 32.	Derivas con $\alpha$ 0.25,0.5 ,0.75 dirección X-X.....	63
Figura 33.	Derivas con $\alpha$ 0.25,0.5 ,0.75 dirección Y-Y.....	63
Figura 34.	Energía disipada con $\alpha$ =0.25 en dirección X-X e Y-Y.....	64
Figura 35.	Energía disipada con $\alpha$ =0.50 en dirección X-X e Y-Y.....	65
Figura 36.	Energía disipada con $\alpha$ =0.75 en dirección X-X e Y-Y.....	65
Figura 37.	Energía disipada con $\alpha$ =0.25 en dirección X-X e Y-Y.....	66
Figura 38.	Energía disipada con $\alpha$ =0.50 en dirección X-X e Y-Y.....	66
Figura 39.	Energía disipada con $\alpha$ =0.75 en dirección X-X e Y-Y.....	66
Figura 40.	Histéresis con $\alpha$ =0.25 de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y.....	67
Figura 41.	Histéresis con $\alpha$ =0.50 de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y.....	67
Figura 42.	Histéresis con $\alpha$ =0.75 de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y.....	67
Figura 43.	Clasificación del sitio MASW-1.....	68
Figura 44.	Clasificación del sitio RS-1.....	69
Figura 45.	Deriva en dirección X-X de la estructura convencional.....	72
Figura 46.	Deriva en dirección Y-Y de la estructura convencional.....	72
Figura 47.	Desplazamientos máximos por nivel en dirección X-X e Y-Y.....	73
Figura 48.	Cortantes SisEX - SDX E. CONV por nivel.....	74
Figura 49.	Cortantes SEY - SDY E. CONV por nivel.....	74
Figura 50.	Deriva en dirección X-X de la E SIN DFV.....	75
Figura 51.	Deriva en dirección Y-Y de la E. SIN DFV.....	75
Figura 52.	Desplazamientos máximos por nivel E. SIN DFV en dirección X-X e Y-Y.....	77
Figura 53.	Cortantes E. sin DFV por nivel en dirección X-X.....	77

Figura 54.	Cortantes E. sin DFV por nivel en dirección Y-Y .....	78
Figura 55.	Derivas E. con DFVC en dirección E-O .....	79
Figura 56.	Derivas E. con DFVC en dirección N-S.....	80
Figura 57.	Desplazamientos máximos por nivel E. con DFV en dirección X-X e Y-Y.....	81
Figura 58.	Cortantes E. CON DFVC por nivel en dirección E-O .....	82
Figura 59.	Cortantes máximas E. CON DFVC por nivel en dirección N-S .....	82
Figura 60.	Comparación del periodo fundamental X-X .....	83
Figura 61.	Comparación del periodo fundamental Y-Y .....	83
Figura 62.	Comparación de las derivas de la E. CONV, SIN DFV y CON DFVC X-X.....	86
Figura 63.	Comparación de las derivas de la E. CONV, SIN DFV y CON DFVC X-X.....	86
Figura 64.	Comparación de los desplazamientos E. CONV, SIN DFV Y CON DFVC X-X ...	88
Figura 65.	Comparación de los desplazamientos E. CONV, SIN DFV Y CON DFVC Y-Y ...	88
Figura 66.	Energía disipada con $\alpha = 0.50$ seleccionada en dirección X-X.....	89
Figura 67.	Energía disipada con $\alpha = 0.50$ seleccionada en dirección X-X.....	90
Figura 68.	Energía que absorbe la estructura y los DFVC X-X .....	90
Figura 69.	Energía que absorbe la estructura y los DFVC Y-Y .....	91
Figura 70.	Volumen de concreto de la E. CONV y la E. CON DFVC.....	91

## Resumen

El Perú está ubicado en la franja del cinturón de fuego donde han sucedido más del 80% de sismos de gran magnitud. Entre los sismos más relevantes se tuvo en abril del 2016 en Manta Ecuador y el de Concepción Chile en febrero del 2010 donde colapsaron edificaciones de varios niveles ocasionando 602 y 525 muertes respectivamente. Por lo tanto, es de mucha importancia implementar sistemas de protección sísmica a las edificaciones para disipar la energía ante un evento sísmico severo y salvaguardar la vida de sus ocupantes. Teniendo en cuenta ello en la presente investigación se hace una comparación entre un sistema convencional y otro implementado con disipadores de fluido viscoso Chevron (DFVC) en un edificio de gran altura en la ciudad de Chiclayo. Como primer paso de la metodología se hizo la caracterización del sitio a través del ensayo de penetración estándar (SPT), estudios geofísicos de refracción sísmica (RS) y análisis multicanal de ondas superficiales (MASW). Posteriormente se realizó el modelado y análisis dinámico modal espectral (ADME) según la norma E.030 para la estructura convencional y el análisis tiempo historia no lineal (ATHNL) para la estructura implementada con DFVC con la Norma ASCE7-16. Como resultados se determinó un suelo  $S_2$  a través de los ensayos geofísicos, los desplazamientos de la estructura con DFVC se redujeron en un 66.66 % y 56.46 % estos disipadores absorben un 60.38 % y 61.26 % de la energía del sismo en dirección X-X e Y-Y respectivamente.

**Palabras clave:** SPT, ensayos geofísicos, análisis sísmico, modal espectral, tiempo historia, disipador Chevron

### Abstract

Abstract: Peru is located in the belt of fire where more than 80% of large earthquakes have occurred. Among the most relevant earthquakes were in April 2016 in Manta Ecuador and Concepción Chile in February 2010 where multi-level buildings collapsed, causing 602 and 525 deaths respectively. Therefore, it is very important to implement seismic protection systems in buildings to dissipate energy in the event of to severe seismic event and save the lives of its occupants. Taking this into account, in the present investigation, a comparison is made between a conventional system and another implementation with Chevron viscous fluid dissipators (DFVC) in a high-rise building in the city of Chiclayo. As the first step of the methodology, the characterization of the site was carried out through the standard (SPT) penetration test, geophysical studies of seismic refraction (RS) and multichannel analysis of surface waves (MASW). Subsequently, spectral modal dynamic modeling and analysis (ADME) was carried out according to the E.030 standard for the conventional structure and the nonlinear time history analysis (ATHNL) for the structure implemented with DFVC with the ASCE7-16 Standard. As a result, a floor  $S_2$  is calculated, the displacements of the structure with DFVC were reduced by 66.66% and 56.46% these dissipators absorbed 60.38% and 61.26% of the earthquake energy in the X-X and Y-Y direction respectively.

**Keywords:** SPT, geophysical tests, seismic analysis, modal spectral, time history, Chevron heatsink

## Introducción

El planeta se encuentra cubierto por un conjunto de placas o placas tectónicas donde se asientan los continentes y océanos, estas representan la capa superficial fragmentada y rígida de la tierra llamada litosfera conformada por la corteza terrestre y la parte externa del manto. Las placas flotan sobre la parte superior de la capa blanda denominada astenosfera y es en esta zona donde se produce la tectónica de placas.

Los movimientos de las placas tectónicas debido al incremento de calor interno de la tierra provocan el fenómeno de convección que se da cuando las placas chocan, el material se hunde, calienta luego emerge, se enfría se hunde, se calienta y vuelve a emerger estableciendo así un ciclo. Este proceso hace que las placas se aparten unos centímetros al año, pero con grandes consecuencias como deformaciones de la corteza terrestre, erupciones volcánicas y terremotos [1]. Se han identificado y estudiado tres tipos de límites de placas que relacionan el movimiento con la actividad sísmica, En límites divergentes las placas se separan lo que genera una nueva corteza por ascenso y el enfriamiento de magmas basálticos, estos se hallan en los dorsales oceánicos, un ejemplo tenemos la Cordillera del Atlántico Medio; En límites de transformantes no se crea ni destruye la corteza, las placas se deslizan horizontalmente una respecto a la otra, lo encontramos entre las placas euroasiática y africana; En los límites convergentes una placa se sumerge debajo de la otra originando destrucción de la corteza, este comportamiento de convergencia se da entre dos placas oceánicas, continentales y una oceánica y una continental, un ejemplo de convergencia océano continental se da entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana, la placa oceánica por ser mayor densidad se sumerge bajo la continental en un proceso llamado subducción en este caso se trata de un límite destructivo la corteza que se hundido se funde para formar magma desencadenado erupciones volcánicas y terremotos [2].

El cinturón de fuego es una franja que presenta una alta actividad de movimientos sísmicos, cerca del 90 % de los terremotos que ocurren en la tierra y el 80 % de los terremotos de gran escala han sucedido en esta zona. La Placa de sudamericana y la Placa de Nazca pertenecen a esta franja y producto de proceso de subducción anteriormente explicado es que se genera grandes terremotos como los que se mencionan a continuación en el país de Chile el 22 de mayo de 1960 con una magnitud de 9.5 considerado como el terremoto más grande de la historia dejando dos mil fallecidos y dos millones de damnificados, otro terremoto más reciente de magnitud 8.8 también sucedido en el país sureño de Chile el 27 de febrero de 2010 con una duración de hasta cerca de 4 minutos en áreas cercanas al epicentro donde se

registraron quinientas víctimas, más de dos millones de damnificados e infraestructura dañada con valor estimado de 6.401 millones de dólares el mayor porcentaje en edificaciones representado por un 41.9 % [3].

El territorio peruano también se ubica en la zona de del cinturón de fuego convirtiéndole en un país altamente sísmico. El proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca y la Sudamericana alcanza de siete a ocho centímetros de velocidades promedio al año, dando origen a sismos de diferentes magnitudes de momento ( $MW > 8.0$ ), por la fricción que existe entre dichas placas. Las ciudades costeras de todo el país han sufrido movimientos telúricos de menor a mayor grado de intensidad durante los últimos siglos. En el Perú a lo largo de su historia ha registrado numerosos movimientos telúricos, en mayo de 1970 se registró el terremoto más destructor y mortífero de la historia que acabo con la vida de más de 66 000 personas tuvo una magnitud de 7.8 extinguiendo la ciudad de Yungay de la región Ancash, El 3 octubre de 1974 terremoto de magnitud 8,0 se registró en la capital Lima, el movimiento se sintió también en la costa sur por más de un minuto, fallecieron 252 personas y 3600 heridos, Los más recientes sismos de gran magnitud 8.4 y 8.0 de escala que produjeron grandes pérdidas económicas y de infraestructura sucedieron en la región Arequipa del 2001 y Pisco 2007, ocasionaron vibraciones en suelo con aceleraciones 0.4 g, lo suficiente para producir daños en edificaciones situadas en suelos inestables [1].

Conocer las características del suelo para el diseño de edificios de gran altura en gran reto para los ingenieros geotecnia y estructurales. Estos edificios al transmitir grandes cargas de gravedad sobre el suelo, estos tienen que estar apoyados sobre suelos con una capacidad suficiente para resistir las cargas de servicio de la estructura. En edificios de gran altura la exploración del suelo generalmente se realiza a profundidades considerables y para llegar a conocer las características elásticas del suelo se necesitan ensayos geofísicos, estos nos permiten conocer el perfil del suelo a grandes profundidades no obstante se tiene que correlacionar con estudios geotécnicos como SPT para obtener mejores resultados. Es sabido por los ingenieros las ventajas que provee utilizar los métodos de exploración Geofísica esencialmente por lo económico y rápido que resulta ejecutar estos ensayos[4].

Las características del suelo en la ciudad de Chiclayo tienen bajas capacidades portantes [5] para la presente investigación se decidió analizar la estructura en una de las zonas donde tiene menor capacidades de carga según el estudio de microzonificación del suelo en el distrito de Chiclayo [6], ha analizado los esfuerzos y deformaciones del suelo en la ciudad de

Chiclayo y alrededores. Se identificó cuatro sectores y se elaboró un mapa geotécnico el sector I posee una capacidad portante de 1 a 2 kg/cm<sup>2</sup> el tipo predominante de suelo son las arcillas CL y CH, En el sector II de 1 a 2 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte del suelo y se requiere una profundidad de 1.5 m de cimentación, el sector III se diferencia de los anteriores porque posee un estrato blando a una profundidad de 2 a 5 m y capacidad portante de entre 0.5 a 1 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el sector IV que presenta una capacidad portante de 0.05 a 0.5 kg/cm<sup>2</sup> estratigrafía muy blanda.

Otro principal problema en los últimos años ha sido crecimiento demográfico que se ha incrementado provocando el aumento del precio de los terrenos. Lo que lleva a las empresas inmobiliarias y constructoras a buscar crecer en altura de los edificios para sacar el máximo provecho de espacio y económico teniendo cada vez edificios más altos por lo que se debe tener en cuenta la seguridad de la edificación frente a acciones sísmicas incorporando sistemas de disipación sísmica para salvaguardar las vidas humanas. Frente al mencionado contexto es de mucha importancia incorporar sistemas de disipación de energía a las edificaciones en altura. Es por ello ante esta situación problemática narrada, el investigador plantea la interrogante ¿Cómo influye la incorporación de disipadores de energía de fluido viscoso en disposición Chevron en el comportamiento sísmico de un edificio de gran altura? En consecuencia, se formuló la hipótesis con la incorporación de DFV en un edificio de gran altura mejorará el comportamiento sísmico ante un sismo severo y en efecto evitará daños en la estructura. Las variables del estudio con las siguientes: variable independiente incorporación de disipadores de energía y como variable dependiente la mejora del comportamiento sísmico

Por ello se justifica que la presente investigación es importante ya que existe escasa información sobre sistemas de disipación sísmica en edificios de gran altura. En el mercado nacional cada vez se está incorporando esta tecnología y es de suma importancia que se siga investigando en la incorporación de disipadores de energía de fluido viscoso. Así de este modo se tenga más información para desarrollar proyectos en altura con la incorporación de dichos sistemas de disipación de energía en la estructura. También sirve como guía para próximos estudiantes que deseen investigar sobre esta línea de investigación.

Los beneficiados con esta tecnología de construcción moderna serían los ocupantes del edificio porque al momento de una acción sísmica severa este no llegaría a colapsar y de esta manera se estaría protegiendo la vida de las personas y evitando daños en la estructura. A

corto plazo es cierto que la edificación incrementa su costo, pero a largo plazo al ser sometida a un sismo severo la edificación seguirá en funcionamiento. Otros beneficiarios serían los inversionistas y las empresas inmobiliarias que construyen edificios cada día más altos tengan información sobre un sistema estructural implementado con DFVC que cuide y garantice su inversión[7].

El colapso de estructuras genera graves daños al medio ambiente con los escombros de las edificaciones colapsadas, Las nuevas edificaciones que incorporan sistemas de disipación de energía no llegan a colapsar ante un sismo severo. Y de esta manera contribuyen con la conservación medio ambiental del planeta. En cuanto a los objetivos planteados para la presente investigación se presenta los siguientes:

#### Objetivo General

- Analizar y comparar el comportamiento sísmico entre un edificio de gran altura con sistema convencional y disipadores de fluido viscoso

#### Objetivos Específicos

- Realizar un EMS con equipo SPT y los ensayos geofísicos de refracción sísmica y MASW en la zona de estudio con la finalidad de obtener la capacidad portante, el tipo de perfil y profundidad de cimentación
- Estructurar y modelar el edificio convencional y con la incorporación de disipadores de fluido viscoso
- Realizar el análisis dinámico modal espectral y dinámico no lineal tiempo historia de la estructura convencional y con la incorporación de disipadores de fluido viscoso
- Comparar las fuerzas y desplazamientos obtenidos al realizar el análisis dinámico modal espectral y dinámico no lineal tiempo historia
- Determinar el porcentaje de energía disipada por los disipadores de fluido viscoso incorporados en la estructura
- Elaborar y comparar los costos entre la estructura del edificio convencional y con la incorporación disipadores de fluido viscoso

## Revisión de literatura

### Antecedentes

La investigación realizada por Condo y Luque [8]; proponen diseñar y analizar un edificio convencional de 11 pisos con y sin disipadores sísmicos fluido viscoso en arreglo chebrón, en un tipo S2-suelo intermedio según estudio de suelos realizado con factor 1.15, incluyen el análisis de costo y tiempo de ejecución de la estructura. Apoyados en las normas de cargas (E.020), diseño sismorresistente (E. 030), concreto armado (E. 060) y la normativa ASCE/SEI 7-16 de disipadores de fluido viscoso capítulo 18, esta última indica que la estructura debe ser implementada con al menos dos dispositivos de amortiguación por piso para que tenga resistencia a la torsión y el amortiguamiento efectivo total en el sentido y dirección de interés debe ser menor al 35% de amortiguamiento crítico. Se incorporaron dispositivos en la fachada X-X ya que en esa dirección ya que no se llegó a la deriva objetivo ayudado software estructural, En el siguiente paso los investigadores realizaron el análisis espectral a la estructura, verificando que los desplazamientos laterales en la edificación cumplan con los valores permisibles según la norma (E-030), las derivas fueron calculadas  $0.75 \cdot R$  y los resultados serán  $<0.007$ . En la edificación convencional el análisis dinámico de tiempo historia con sismos (Tacna, Arequipa y Lomas-Arequipa) las derivas resultaron mayores a las permisibles en la norma (E.030).

Cevasco y Condo [9] han planteado el análisis de una edificación multifamiliar de 37 niveles con disipadores de fluido viscoso cuyo objetivo analizar su comportamiento sísmico adicionando este sistema de disipación de energía. Sus limitaciones es la carencia de antecedentes de estudios sobre edificaciones en altura. En cuanto a sus variables tienen como dependiente el comportamiento sísmico dinámico e independiente implementación de disipadores de fluido viscoso. Se siguió el procedimiento de análisis estático y dinámico según la norma nacional E.030 – 2019 y las normas internacionales como FEMA-273 y ASCE 7-16. La disposición de los disipadores fue en diagonal en sentido X e Y en todos los niveles reduciendo el promedio de la deriva en 26.22% y 20.84 % respectivamente que representa una disipación de energía promedio de 36.27%. La importancia de esta investigación según los autores es de implementar disipadores de energía en edificaciones multifamiliares para aumentar la capacidad de disipación de energía ante sismos para minimizar daños en la estructura y sobre todo salvaguardar la vida de las personas ocupantes de esta edificación.

Narváez [10], en su investigación expone las ventajas de emplear dos tipos de sistemas de disipación sísmica amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histéricos incorporados en una edificación de 12 niveles ubicada en la ciudad de Lima. El suelo donde se ubica el edificio es rígido S1 con factor de zona 0.45, en sus objetivos propone el estudio técnico y económico de esta edificación incorporando estos dos sistemas de disipación sísmica. Desarrolla el análisis estático, modal, dinámico espectral y dinámico tiempo – Historia, Finalmente llega a las conclusiones que se no cumplió las derivas para los disipadores metálicos por lo que se aumentó las secciones de los elementos y arriostres llegando a 0.006 demostrando así que los disipadores de fluido viscoso tienen mejor eficiencia. En cuanto a aspecto económico se demostró que los dispositivos de fluido viscoso son más económicos que los disipadores metálicos.

Chuquiragua [11] en su proyecto de investigación de tesis hace el análisis no lineal tanto estático como dinámico de una edificación de concreto armado implementando disipadores de energía SLB en la ciudad de Chiclayo. Realiza un EMS con equipo SPT y ensayo de modulo elástico de concreto con agregados de la zona de estudio todo esto como un estudio preliminar. El tipo de suelo es de capacidad portante de 0.69 Kg/cm<sup>2</sup> y se clasifico como un suelo S3. En sus objetivos destaca la comparación de las curvas de capacidad obtenidas del AENL Y ADNL, También propone criterios de ubicación de los dispositivos SLB para el desempeño eficiente de la estructura frente a una acción sísmica. en cuanto a los desplazamientos el análisis dinámico lineal fue 2 veces menor a los encontrados en AENL, y finalmente se comprobó que los disipadores de energía SLB disiparon energía de entre 40 y 45 % en X e Y respectivamente.

En la investigación realizada por Bishal Sapkota, Surumi RS y Jeyashree TM [12] de título Comparative study on seismic performance of high-rise building with energy dissipation and outrigger belt truss system. Se analiza el comportamiento sísmico de un edificio de gran altura con sistema de disipación de energía y sistema de vigas voladizas donde señala que el principal desafío es el control de derivas y deflexión lateral. Se compara rendimientos del edificio con diferentes números y disposiciones de amortiguadores como también el sistema de vigas correas voladizas de una edificación convencional. Emplean el análisis dinámico no lineal tiempo historia. Los resultados mostraron que el sistema de amortiguamiento disipa mayor cantidad de energía que el de armadura cinturón, en cuanto a la deriva en el sistema de disipación es más uniforme.

Los autores [13] Bozzo, Gonzales, Pantoja, Muñoz y Ramirez en su investigación de título **Modeling, Analysis And Seismic Design Of Structures Using Energy Dissipators** realizaron modelados de estructuras incorporando disipadores de energía, para el análisis sísmico no lineal tiempo historia se utilizaron con espectros peruanos con un tipo de suelo S1 en zona 4 cumpliendo con la normatividad actual (E. 030). Los resultados arrojaron derivas de 0.007 y 0.0038, en cuanto a las aceleraciones entre 0.3g y 0.5g.

## **Bases teóricas**

### **Edificios de gran altura**

Las estructuras de gran altura sufren efectos de fuerzas laterales ya sea fuerzas de viento o fuerzas causadas por un evento sísmico. Los edificios de gran altura se empezaron a construir a gracias a la invención del ascensor, el diseño de estas estructuras reta a los ingenieros geotécnicos y estructuralistas sobre todo los que están ubicados en una zona altamente sísmica. existen diversas organizaciones que definen edificio de gran altura como la empresa EMPORIS es una empresa alemana que compila datos de edificios en todo el mundo, establece que entre 30-100m (12 y 39 pisos) lo considera edificio de gran altura. El país de Norteamérica la Asociación Nacional de Protección contra Incendios define edificio de gran altura a 75 ft, más de 7 pisos. También el mercado de renta residencial multifamily de BDO del país vecino de Chile clasifica a los edificios altos (HIGH-RISE) a los que poseen más de diez pisos.

### **Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente**

La presente norma establece las condiciones generales, procedimientos, condiciones mínimas para el diseño y análisis sismorresistente en las edificaciones. El cumplimiento de esta es obligatorio a nivel nacional. En el artículo 23 nos menciona sobre el uso los sistemas de aislamiento y disipación sísmica de energía para las edificaciones siempre y cuando cumplan los aspectos mencionados de esta norma e incluye la ASCE/SEI 7 a medida que sea aplicable en el proyecto. La filosofía del diseño sismorresistente señala los siguientes aspectos fundamentales como la de evitar la muerte de las personas, el funcionamiento de los servicios básicos y mermar los daños en los edificios[14].

### **Sistemas de Diseño Sismorresistente**

Las estructuras deben tener un comportamiento correcto ante los terremotos, la primera forma en base a un diseño convencional con sistemas a porticados, duales y muros estructurales, este último busca diseñar estructuras rígidas y a la vez dúctiles con capacidad de entrar en el rango inelástico, esta estructura deberá resistir a diferentes demandas sísmicas, cabe resaltar la importancia del estudio de suelo ya que influye en el comportamiento dinámico de la estructura. Al trabajar en el rango inelástico la estructura sufre daños estructurales, lo que no se permite en la categoría de edificaciones esenciales.

El segundo es a través de sistemas de disipación de energía, estos son dispositivos que se incorporan a la edificación logrando un mayor amortiguamiento, merman los desplazamientos laterales, velocidades y aceleraciones[15].

### **Balance de energías**

El total de energía que ingresa a la estructura provocada por el sismo ( $E_L$ ) está dada por la ecuación de la energía siguiente:

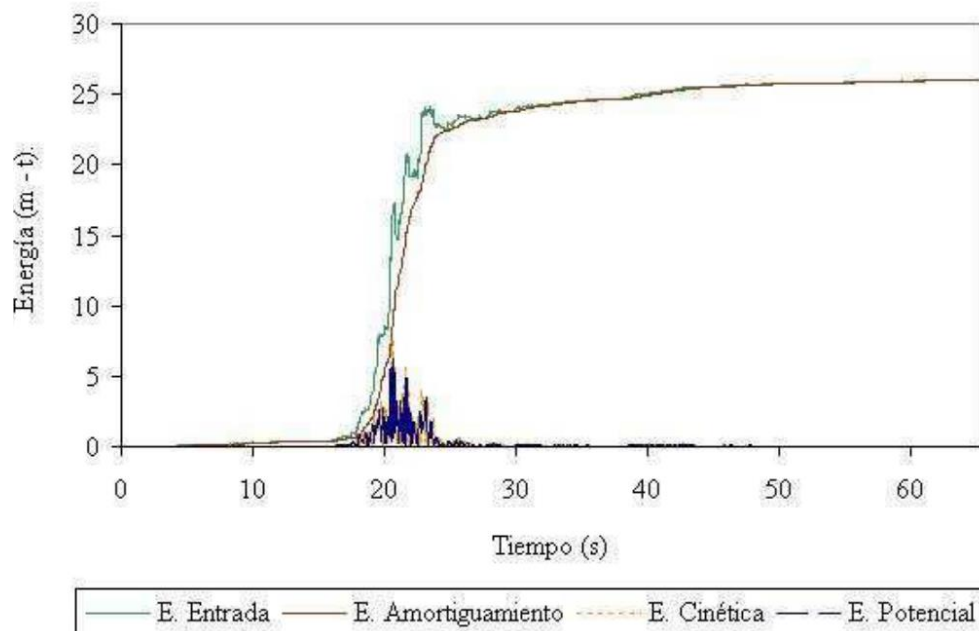
$$E_L = E_K + E_S + E_D + E_A$$

Para que la estructura pueda resistir las sollicitaciones sísmicas, la capacidad de respuesta de tendrá que ser mayor que la demanda sísmica. La ( $E_L$ ) debe ser disipada por la adición de las energías cinética ( $E_K$ ), elástica ( $E_S$ ), inelástica ( $E_D$ ) y la de amortiguamiento ( $E_A$ ).

Se asume el ingreso de energía es constante entonces se puede optimizar el desempeño estructural de las siguientes maneras, la primera con el método convencional incrementando la rigidez y ductilidad y a la vez la energía por deformación inelástica ( $E_D$ ). En los edificios de concreto armado el amortiguamiento de la estructura oscila (1% y 5%) lo que se permite que esta trabaje en el rango inelástico siempre y cuando no llegue a colapsar y la segunda manera incorporando de manera estratégica dispositivos de disipación sísmica incrementando el amortiguamiento interno ( $E_A$ ), el propósito es reducir la demanda de disipación de energía a través de la inelasticidad ( $E_D$ ) en columnas y muros de corte, consiguiendo evitar daños y fallas en la estructura [15].

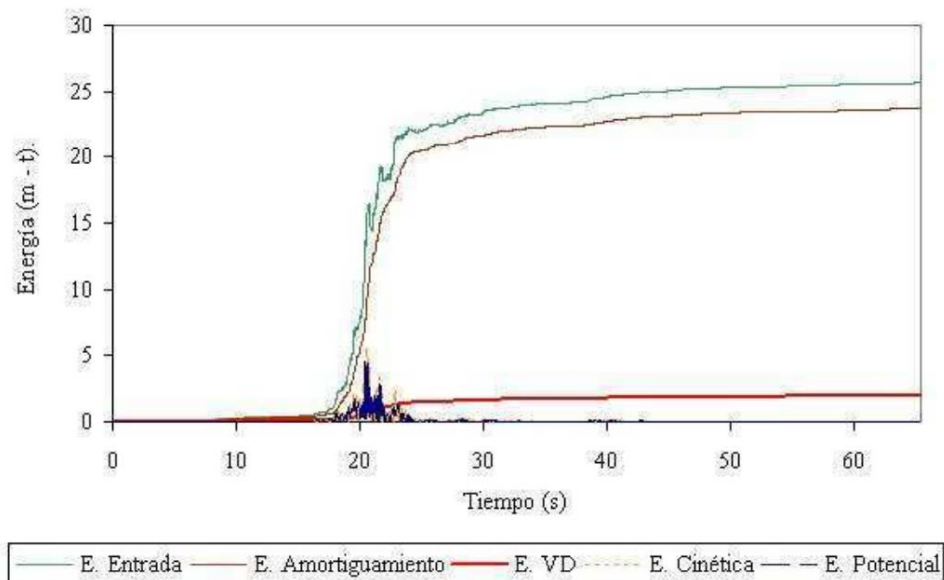
En las siguientes dos imágenes se muestra la comparación y energía distribuida de la estructura convencional y la implementada con disipadores de energía en la primera la energía

que ingresa es absorbida en su totalidad por la estructura lo que no sucede para la misma estructura con disipadores la energía ingresa en esta y es absorbida por estos dispositivos disminuyendo la demanda sísmica.



**Figura 1.** Energía de la estructura sin DFV

Fuente: Villarreal & Oviedo

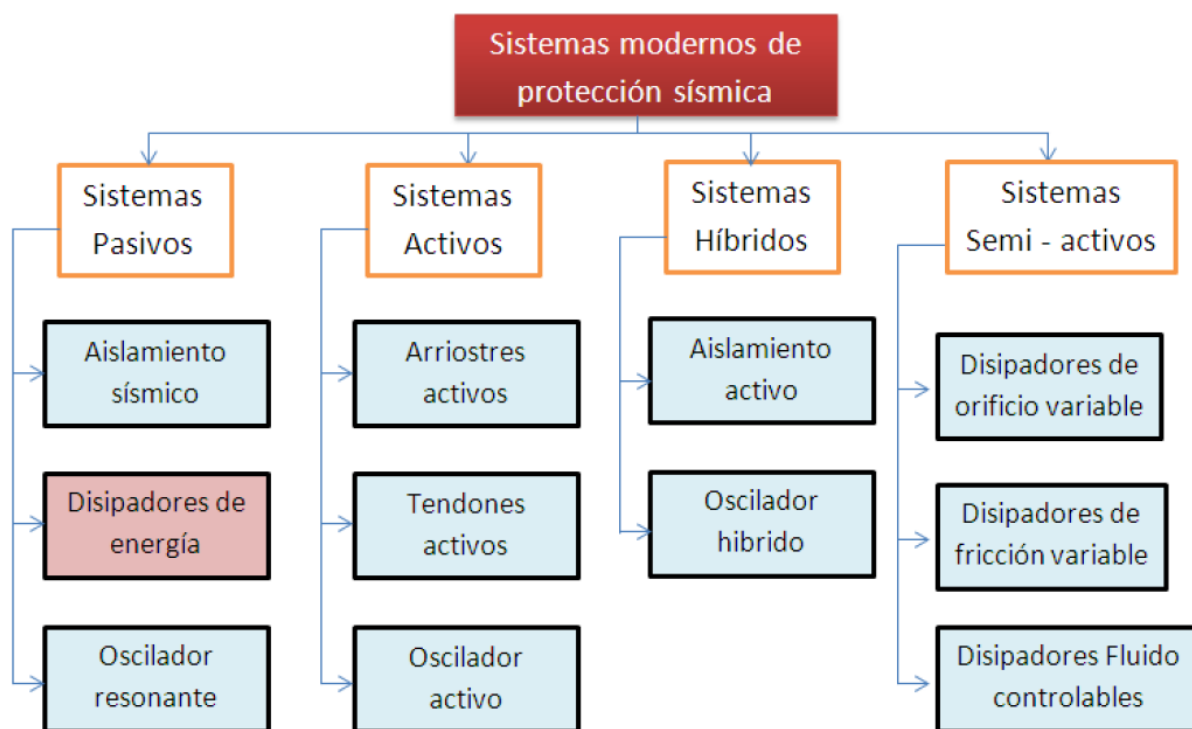


**Figura 2.** Energía de la estructura con DFV

Fuente: Villarreal & Oviedo

### Sistemas de protección sísmica

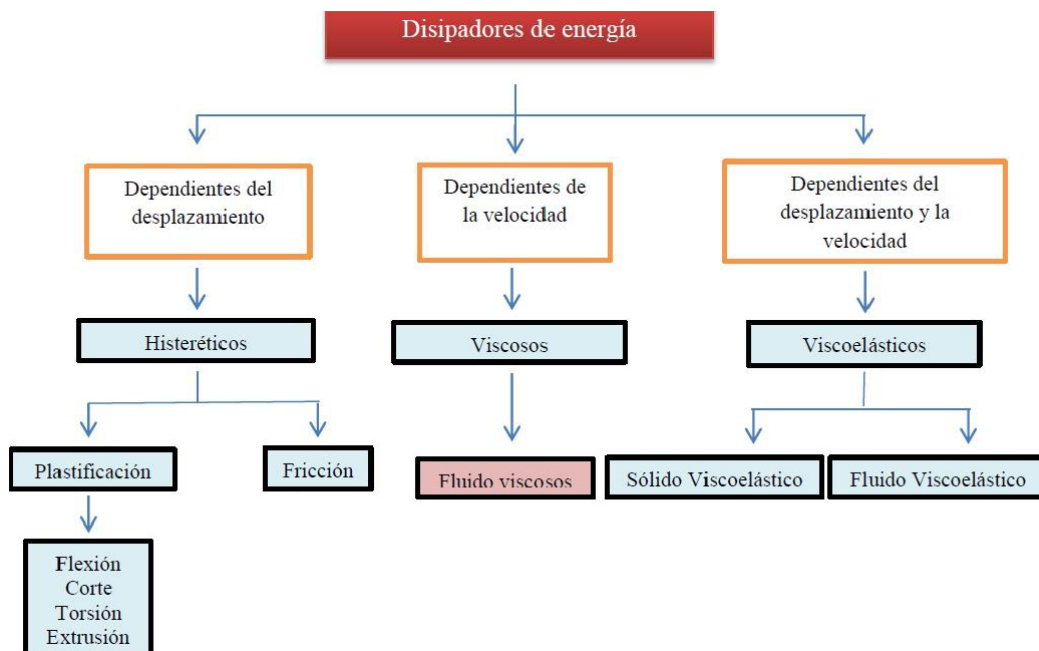
En la actualidad se han desarrollado modernos dispositivos protección sísmica cuyo fin es controlar los desplazamientos en las edificaciones provocados por una excitación sísmica, estos sistemas se incorporan a la estructura para disipar la energía de sismo que pueda ingresar controlando así el movimiento y evitando daños estructurales. Se tiene cuatro sistemas de control o protección sísmica como se presenta en el siguiente esquema, cada sistema tiene diferentes tipos de dispositivos lo que puede estudiarse y usarse de acuerdo con el mejor control sobre la estructura que puede darse.



**Figura 3.** Sistemas de protección sísmica

Fuente: Villarreal & Oviedo

También podemos agregar sobre estos dispositivos mencionados anteriormente que ayudan a la estructura a no forzar sus elementos estructurales, su funcionamiento básicamente consiste en absorber la energía de sismo y esta va circulando por fluidos viscosos perdiendo su fuerza, evitando daños y mermando deformaciones en la estructura, según el ASCE7-10 CAP 18 se clasifican por su comportamiento en tres clases como se presenta a continuación.

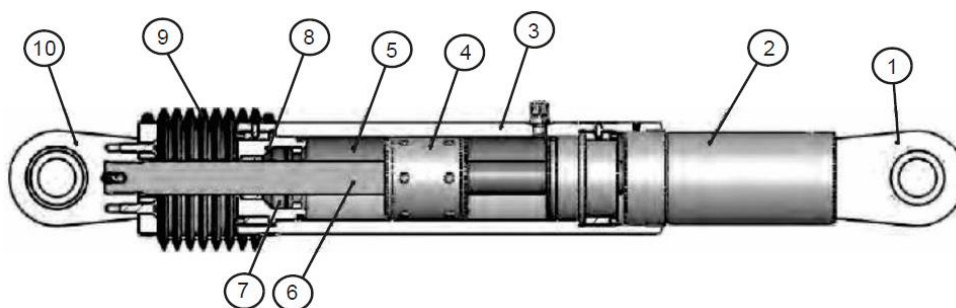


**Figura 4.** Tipos de disipadores de energía

Fuente: Villarreal & Oviedo

### Disipador de fluido viscoso

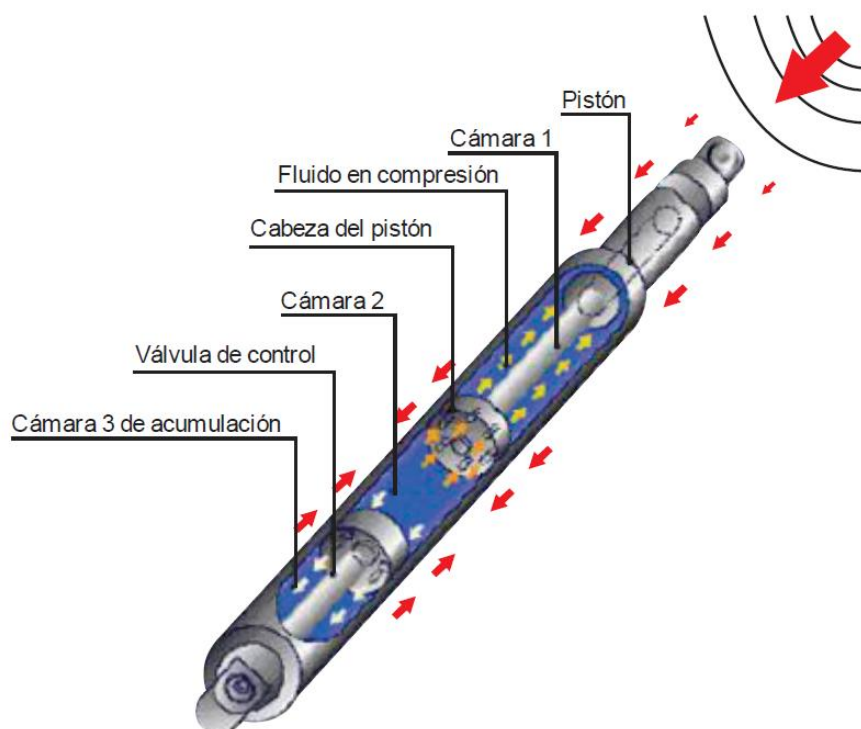
Estos dependen de su velocidad mas no de su desplazamiento, por consiguiente, no cambia la rigidez de la estructura por lo que tampoco sobre esfuerzan la estructura al no aumentar esfuerzos. En los últimos años han aumentado los fabricantes en EE. UU, Japón países de actividad sísmica constante y de magnitudes altas. La marca Taylor es una de las principales en el mundo y que ha llegado a nuestro mercado nacional. Estos han sido fabricados hace varias décadas atrás en equipos militares. Empresas tomaron y adaptan estos dispositivos a las edificaciones para mejorar y controlar los desplazamientos producidas por fuerzas sísmica. Taylor es una marca estadounidense de gran confiabilidad y garantía de hasta cincuenta años.



**Figura 5.** Partes del DFV

Describiendo cada parte del disipador tenemos la Horquilla de acero forjado anticorrosivo (1), acero de carbono anticorrosivo (2), cilindro fusión de acero (3), Pistón de acero (4),

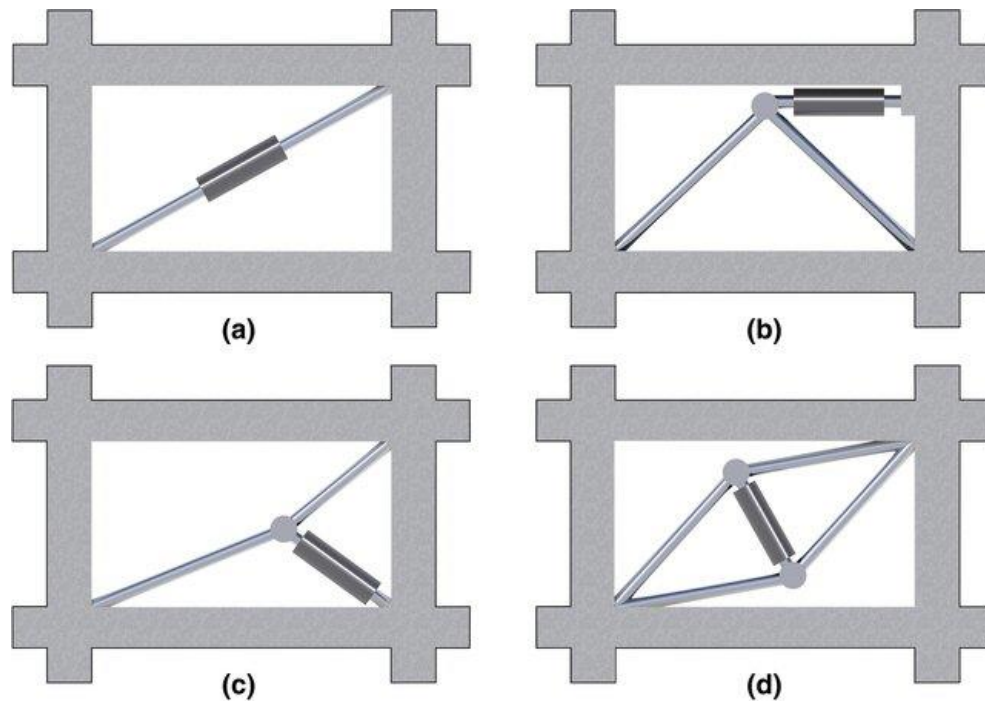
Silicona incompresible que actúa como un fluido incompresible (5), vástago (6), Juntas de movimiento y sellos (7), Tapa fusión de acero (8), Nylon reforzado de neopreno (9) y finalmente cojinete esférico (10). Básicamente el dissipador de energía de fluido viscoso está conformado por dos partes fundamentales para su desempeño adecuado el cilindro de gran resistencia y un pistón donde se contiene al fluido viscoso (4) que resiste a grandes temperaturas y el fuego. El funcionamiento de este comprende el movimiento del fluido dentro del pistón empujando al fluido de una cámara a otra generando una fuerza de amortiguamiento.



**Figura 6.** Mecanismo de amortiguamiento del DFV

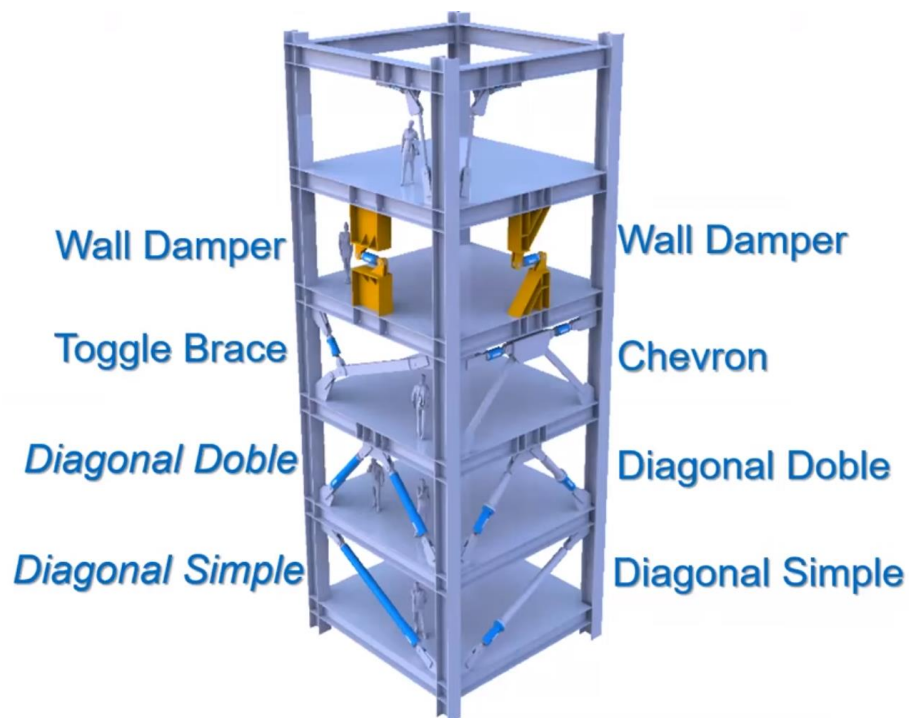
La implementación de DFV dentro de un marco estructural no solo este dado por este dispositivo sino también este sistema de disipación de energía incluye un brazo metálico y cartelas que serán diseñadas de acuerdo con los esfuerzos que se obtenga en el análisis sísmico y así tenga un correcto funcionamiento cuando este implementado en la estructura. Existen diferentes disposiciones para incorporar estos dispositivos, se tiene en diagonal simple, esta disposición es de rápida y de fácil instalación, es poco efectiva; pero disipa parte de la energía que entra a la estructura, otra forma de incorporar es en Chebrón tiene la forma de disposición de V invertida ( $\wedge$ ) tiene mayor eficiencia que la anterior y restringe al máximo los desplazamientos de entre pisos, también se tiene la disposición Chebrón mejorado que según estudios realizados es el que mejor comportamiento en cuanto a su eficacia ya

amortiguamiento aporta la estructura. Otra es la de Scissor Jack que se puede controlar el pistón con el fin de llegar a la deriva deseada [16].



**Figura 7.** Tipos de disposición de DFV

Fuente: Samvid Parajuli



**Figura 8.** Tipos de disposición de DFV Taylor

Fuente: Taylor devices inc.

## Materiales y métodos

### ▪ Tipo de investigación

En esta tesis se presenta un tipo de investigación aplicada ya que se aplicarán sistemas de disipación sísmica con normativas tanto nacionales e internacionales. Como diseño de investigación se clasifica en cuantitativo ya que las variables tienen indicadores cuantitativos

### Operacionalización de variables

**Tabla 1.** Operacionalizaciones variables

VARIABLE	DESCRIPCION	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD	MEDICIÓN
Dependiente	Análisis Sísmico	Análisis dinámico modal espectral	Cortante en la base	tn	La ecuación
			Porcentajes de reducción del periodo	%	Sotware ETABS
			Distorsión entre piso	%	E.030
		Análisis no lineal tiempo historia	Disipación de energía por el disipador	Joules	Hoja de cálculo
			Velocidad por piso	m/s	Sotware ETABS
		Aceleración por piso	m/s <sup>2</sup>	Sotware ETABS	
Independiente	Incorporación de DFVC	DFV (aceite de	>340°C	C°	Viscometro
		Fuerza del disipador	0.3-1	lbf	Hoja de cálculo
		Rigides del brazo metalico	muy elevada	Tn/m	Hoja de cálculo

VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	UNIDAD	METODO
Intermitente	EMS	Capacidad portante	Kg/m <sup>2</sup>	SPT
	Estudio Geofisicos	Tipo de suelo	m/s	RS, Masw

Fuente: Elaboración Propia

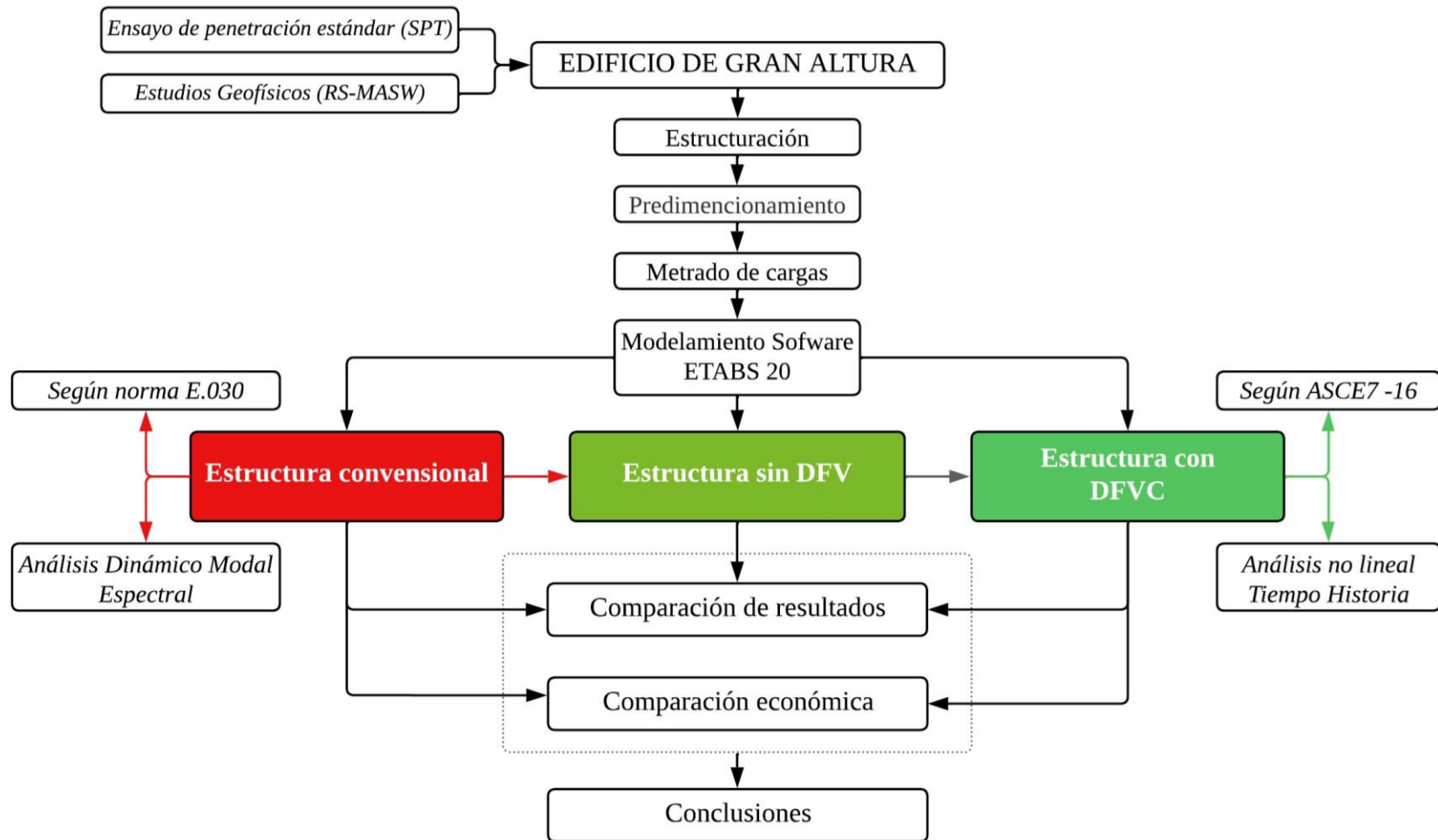
### • Población y Muestra

La población de estudio son las edificaciones de ocho a más niveles en la ciudad de Chiclayo. Para muestra se emplea el método no probabilístico (no aleatoria) de conveniencia; porque se basa exclusivamente en la selección de un caso que es el más convenientes para el propósito de la investigación, la muestras es una infraestructura destinada a edificio multifamiliar en la ciudad de Chiclayo. Que está conformada por modelo de edificio de uso común multifamiliar 16 pisos, 3 sótanos más azotea y de configuración en planta L.

### • Estrategias para demostrar hipótesis

Para la demostración de la hipótesis de esta investigación de tesis se realizará una revisión de normas nacionales e internacionales para cumplir con los parámetros establecidos y así analizar y diseñar correctamente la estructura convencional, así como la estructura implementada con DFVC. Para finalmente realizar un cuadro comparativo correcto

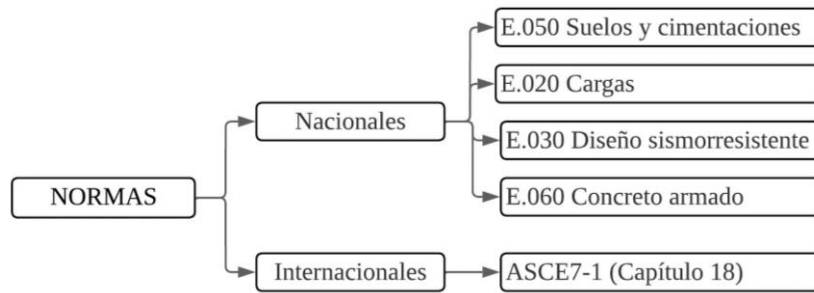
- Diagrama de flujo



**Figura 9.** Esquema general del desarrollo de tesis

Fuente: Elaboración Propia

- **Esquema con normas empleadas**

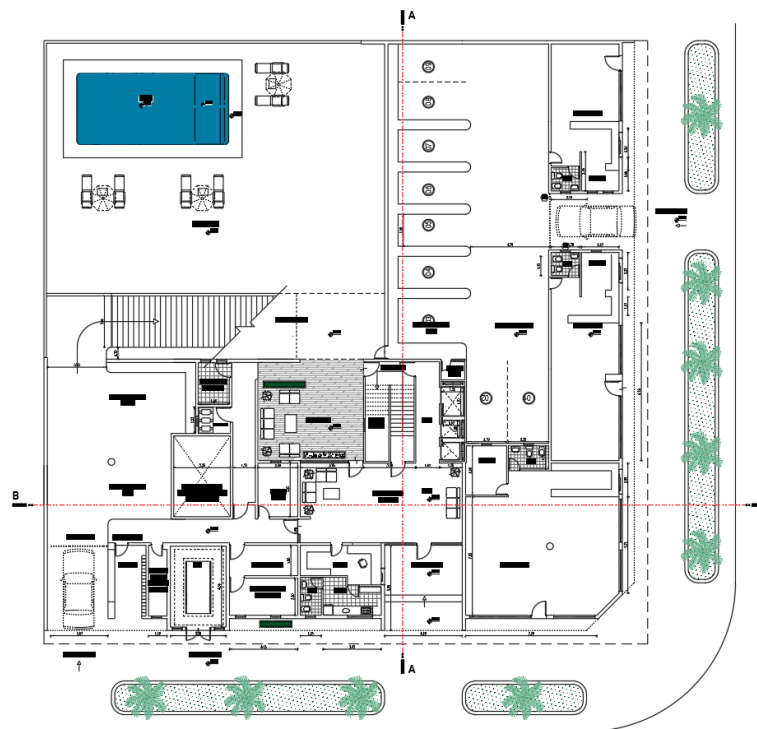


**Figura 10.** Normas empleadas

Fuente: Elaboración Propia

### Descripción del proyecto de arquitectura

El edificio consta de tres sótanos cada uno de 3 m de altura y dieciséis pisos con 48.1 m de altura, la configuración en planta es de forma L. El área del terreno es de 1296 m<sup>2</sup> y de área construida es de 838.31 m<sup>2</sup>. El primer piso tiene una altura de 3.50m con ambiente de recepción, local comercial, estacionamiento, el segundo y tercer piso estacionamientos y altura de 2.8 cada uno, El cuarto piso se encuentra el área social con 3 m de altura, Del piso 5 al 10 se tienen 7 departamentos por piso de 3m de altura por piso y finalmente del piso 12 al 16 se tienen 6 departamentos por piso de 3m de altura por piso.



**Figura 11.** Planta arquitectónica

Fuente: Adaptado de <https://www.bibliocad.com>

## Caracterización del sitio para el análisis sísmico

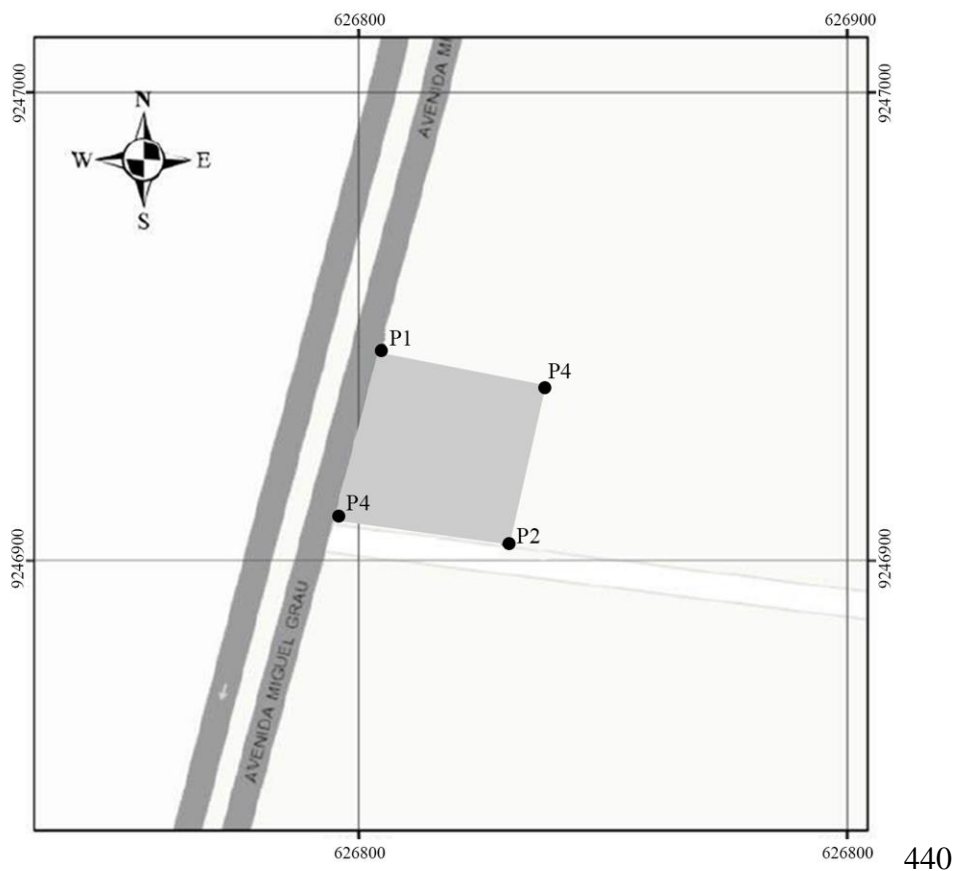
### a. Ubicación del terreno

El terreno donde se ha desarrollado la investigación de tesis se encuentra ubicado en la región de Lambayeque, provincia y distrito de Chiclayo específicamente en la prolongación de la AV. Grau. Sus coordenadas de ubicación se muestran en la siguiente Tabla 02

**Tabla 2.** Coordenadas de ubicación del terreno

Punto	Este	Norte
P1	626829	9246895
P2	626805	9246939
P3	626798	9246906
P4	626837	9246927

En la siguiente Figura 01 Mapa ubicación del área de estudio se observa los cuatro puntos que delimitan el terreno donde se implanto la estructura para el análisis sísmico



**Figura 12.** Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

### b. Número de puntos de exploración

Para determinar las características tanto físicas como mecánicas del suelo donde se va a cimentar el proyecto de investigación se siguió los procedimientos que nos da la norma E.050 de suelos y cimentaciones [17]. Según la Tabla 1 y 6 podemos determinar los puntos de exploración

**Tabla 3.** Tipo de edificación u obra

TABLA 1 TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN (TABLA 6)					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS • (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	--	--
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	--	--	--
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I

Fuente: Norma E.050

**Tabla 4.** Número de puntos de exploración

TABLA 6 NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACION	
Tipo de edificación u obra (Tabla 1)	Número de <i>puntos de exploración</i> (n)
I	uno por cada 225 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso*
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habitar

Fuente: Norma E.050

El área techada es de 838.31 m<sup>2</sup> y al tener un proyecto de 16 pisos corresponde un sistema de muros de concreto lo que clasifica como tipo I; por tanto, se tendría que realizar 4 punto de exploración

### c. Profundidad de exploración

Para la determinación de la profundidad de exploración del suelo en estudio, se tomó la profundidad de sondeo en función del número de pisos, este criterio está dado según el libro de fundamentos de cimentaciones de Braja Das [18]. Como se tiene un edificio de 16 niveles de ancho 29.5 m le corresponde una profundidad de 24.1 m según la tabla siguiente:

**Tabla 5.** Profundidad de exploración en función del ancho y números de pisos

ANCHO DEL EDIFICIO (m)	N° DE PISOS				
	1	2	4	8	16
	PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS (m)				
30.5	3.4	6.1	10.1	16.2	24.1
61	3.7	6.7	12.5	20.7	32.9
122	3.7	7.0	13.7	24.7	41.5

Fuente: Fundamentos de cimentaciones Braja M. Das

Ya conocidos los puntos y la profundidad de exploración de suelo de estudio se realizaron los ensayos de SPT y MASW y RS

- **Ensayo de penetración estándar (SPT) según norma ASTM D-1586.**

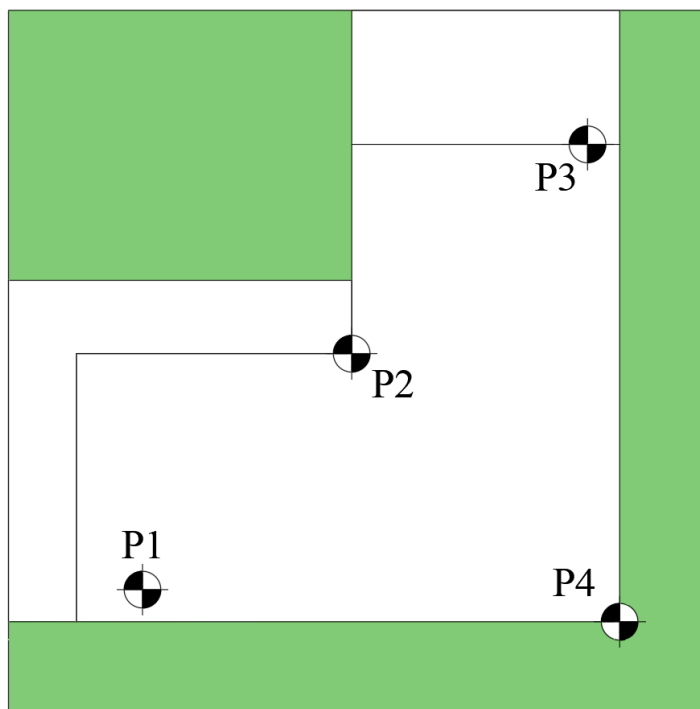
Este ensayo consiste en hincar en el terreno un “saca muestras” de caña partida, cuyo extremo inferior está unido a un anillo cortante (zapata) y el superior a una válvula y pieza de conexión a la línea (tubería) de perforación. La caña partida tiene un diámetro externo de 51.00 mm y un diámetro interno de 35.00 mm, para la penetración se utiliza la energía de un martillo de 63.50 Kg. de peso que cae desde una altura de 0.76 m. El registro de penetración e índice de penetración “N” se obtiene al considerar el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 30 cm. (12”), de un total de 45.00 cm. (18”) de la caña; los primeros 15.00 cm (6”), no se consideran, dado que el suelo podría estar alterado por efectos del procedimiento utilizado por la ejecución del sondaje de penetración. Para este ensayo se exploró cuatro puntos sobre el terreno ubicándolo estratégicamente, ya que sobre esos puntos van a estar las mayores cargas por peso propio de la estructura como es el ascensor y esquinas que tendrán muros de corte para evitar el aleteo de la estructura de planta en L.

A continuación, en la Tabla 6 se observa los cuatro sondeos realizados con sus respectivas coordenadas

**Tabla 6.** Coordenadas de puntos de exploración

EXPLORACIÓN	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
S – 01	0626811	9246932
S – 02	0626828	9246928
S – 03	0626815	9246908
S – 04	0626809	9246912

Como se muestra en la Figura 13 se realizó la exploración los cuatro puntos obteniendo en el primer punto 4.8 m de profundidad, a dicha profundidad se dio el rebote del ensayo encontrando un estrato de grava, en el segundo, tercer y cuarto punto se consiguieron las profundidades 5.45 m, 5.25 m y 5.35 m respectivamente (Ver anexo 01).



**Figura 13.** Ubicación de los sondeos de exploración

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, las muestras extraídas se guardan en bolsas Mab en forma debida, es decir, con su respectivo código y numeración de acuerdo con cada punto de exploración para luego ser llevada al laboratorio para sus respectivos ensayos.

- **Ensayo De Refracción**

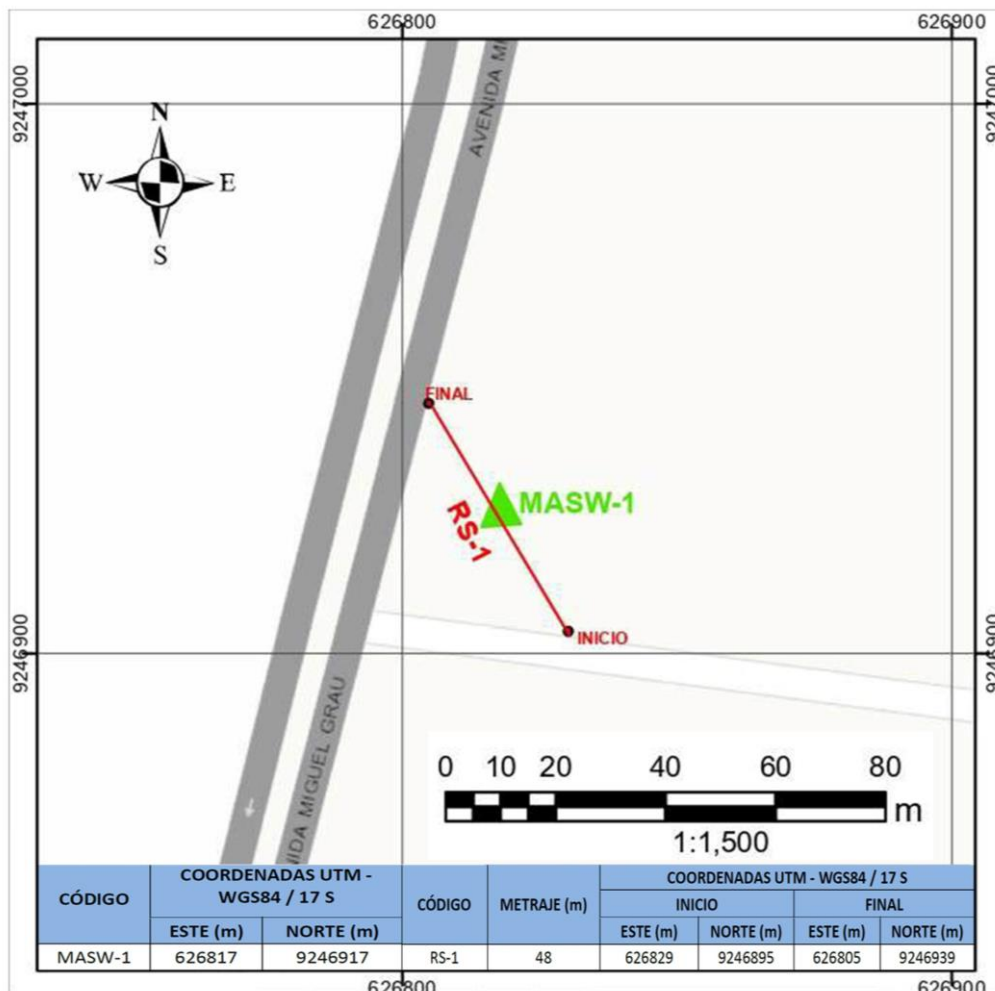
En cada ensayo de refracción sísmica, primero se define el eje de la línea sísmica, luego se procede a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos. El espaciamiento entre geófonos es definido en función de la profundidad de exploración requerida y del área libre disponible en la zona de trabajo. Por lo general, la profundidad de investigación para la refracción sísmica está en relación de un 1/3 a 1/4 de la longitud de la línea geofísica en superficie. Y la profundidad de investigación para el MASW es de 30 m de la longitud de la línea geofísica en superficie. Los SHOT para la refracción Sísmica son 5, 2 en cada extremo y 3 dentro de la línea. En caso del MASW se realizan 4 SHOT 2 en cada extremo fuera de la línea de investigación. El equipo utilizado cuenta con 24 geófonos con 5 m de espaciamiento máximo entre ellos, dando una longitud total máxima de 120 m. en casos donde la topografía lo permita y la fuente de impacto sea lo suficientemente fuerte para adquirir una buena señal. La fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas consistió en una comba de 20 lb para las líneas de refracción sísmica. Mediante el uso de estos implementos se lograron obtener registros de ondas con la adecuada nitidez para las longitudes de líneas ejecutadas.

A través de estos métodos de investigación sísmica se realizó el análisis de la propagación de las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) y se obtuvo los parámetros de las condiciones elásticas del suelo en estudio; para el procedimiento del ensayo de RS a una profundidad de 30m, primero se definió el eje de la línea de refracción de 96m de longitud, luego se ubicaron 24 geófonos a una equidistancia de 4m y se conectó a un equipo de cómputo para procesar los datos obtenidos a través de los softwares Pickwin y Plotrefa. Para generar las ondas sísmicas se manejó una comba de 20lb, Los SHOT realizados para RS son cinco, uno en cada extremo y tres en el interior de la línea y para MASW cuatro SHOT dos en cada extremo.

El promedio de velocidades de ondas de corte  $V_{si}$  (m/s) por cada capa y di espesor de capa de 0 m hasta 30 m de profundidad se determina a través de la siguiente formula que nos da la norma E.30 en su capítulo II, definición de los perfiles del suelo

$$V_{S\ 30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{V_{si}}\right)}$$

En la Figura 2 se observa la ubicación de coordenadas UTM de la zona de estudio, para la línea de RS-1 626829-9246895 y MASW-1 626817-9246917 este y norte respectivamente.



**Figura 14.** Ubicación de los ensayos geofísicos

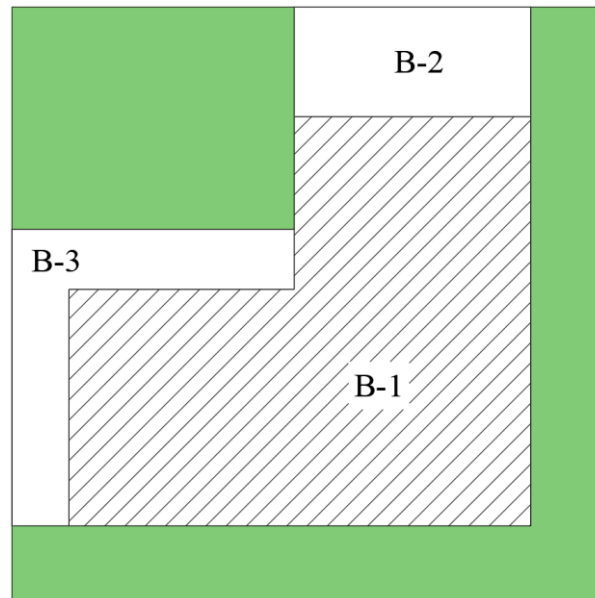
Fuente: Elaboración Propia

## Estructuración y Predimensionamiento

### a. Estructuración

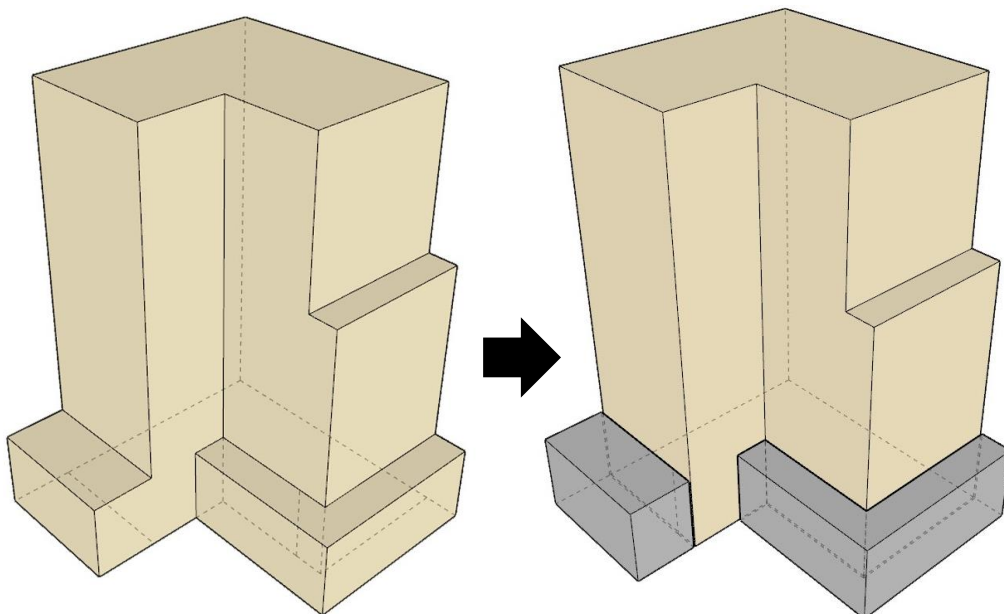
Para la estructuración como primero dividimos en tres bloques (B-1, B-2, B-3) la estructura como en la figura 15 ya que B-2 y B-3 solo son de dos niveles, así conseguimos tener resistencias de pisos semejantes a los pisos superiores. Segundo se definió los ejes en el B-1 que es donde se va a desarrollar el análisis de la presente tesis, tercero se delimitó el perímetro del B-1 para visualizar y ubicar las posibles irregularidades en planta y así reforzar zonas críticas con muros de corte, Las vigas fueron ubicadas en zonas donde existen tabiques que dividen los ambientes, de tal

forma que sirva también como dintel para los vanos, logrando de esta forma conservar los espacios de la arquitectura. Se planteó el uso de losas aligeradas en 2D y también losas macizas (estacionamiento) debido al mejor comportamiento en zonas críticas, ya que distribuye la carga en todos sus apoyos.



**Figura 15.** Planta de estructura dividida en bloques

Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.** Isométrico de estructura dividida en bloques

Fuente: Elaboración propia

## b. Predimensionamiento

Para el predimensionamiento de elementos estructurales se empleó la teoría de análisis y diseño de edificaciones de concreto reforzado del Ing. Muñoz; Ing. Morales Y Ing. Blanco Blasco [19] .

### • Predimensionamiento de columnas

#### Columna central

$$A_c = \frac{P_{servicio}}{(0.45 * f'_c)}$$

#### Columna en esquina y lateral

$$A_e = \frac{P_{servicio}}{(0.35 * f'_c)}$$

#### Donde:

$P_{servicio} = P * A * N$

$P = 1000-1200 \text{ Kg/cm}^2$ ; Categoría C

A=Área tributaria

N= Número de pisos

Consideraciones: para edificaciones  $>7$  se debe multiplicar por un factor de 1.1 a 1.2 el área predimensionada

### • Predimensionamiento de vigas

$$h = \left( \frac{1}{10} \text{ a } \frac{1}{12} \right) * \text{luz libre} ; b = \left( \frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3} \right) * \text{peralte}$$

El ancho mínimo (b) según norma E.0.60 será igual a 25 cm, tomar dimensiones múltiplos de 5

### • Predimensionamiento de Losas

#### - Losa aligerada en 2 direcciones

$$h \geq \left( \frac{Ln}{30} \right) \quad Ln: \text{Longitud más corta de paño}$$

#### - Losa maciza en 2 direcciones

$$h \geq \left( \frac{Ln}{40} \right) \quad Ln: \text{Longitud más corta de paño}$$

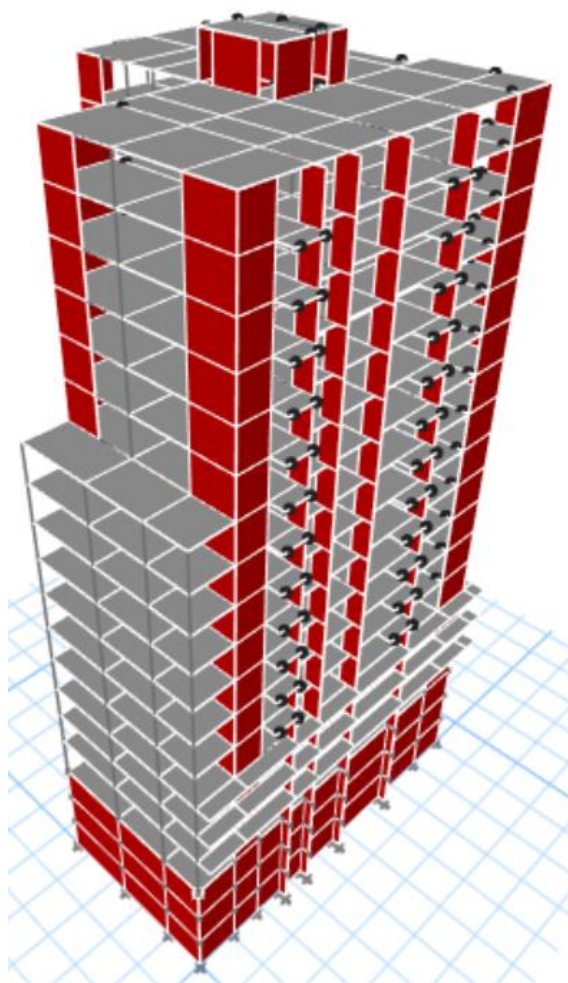
### • Predimensionamiento de muros de concreto armado

- La longitud mínima es de 1.2 m
- Ancho mínimo debe ser mayor de 15 cm
- Para edificios altos considerar ancho  $\geq 20$  cm

## Análisis Sísmico de la Estructura Convencional

### a. Modelamiento estructural

El modelo se realizó en el software ETABS 20; Se inicio dando las dimensiones tanto en planta como en altura en el sistema Grid de acuerdo con el plano predimensionado, el Df = -9 m respecto al NTN. Se definió los materiales con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ,  $\gamma_c=2400\text{ kg/m}^3$ , módulo de elasticidad  $E_c=15000*\text{sqr}(280)$ ,  $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$  y se procedió colocar los elementos estructurales con sus respectivas secciones y propiedades, con el modelo ya realizado se liberó los momentos en los elementos donde no logran una longitud de desarrollo; se asignó diafragma rígido a cada uno de los niveles; luego se asignó brazo rígido viga columna. Finalmente se empotro los apoyos restringiendo  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$  y para los muros de sótanos de restringió  $U_x$ , y  $U_y$  dejando libre  $U_z$ . En la siguiente figura 17 se observa el modelado de la estructura convencional en vista perspectiva con el software mencionado.



**Figura 17.** Modelado de la estructura convencional

Fuente: Elaboración Propia

## b. Aplicación de cargas

La aplicación de cargas se ha realizado de acuerdo con la norma técnica de edificaciones E.020 Cargas

- **Carga muerta (CM)**
  - ✓ Peso del aligerado (0.25 m) = 350 kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Tabiquería = 150 kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Acabados = 100 kg/cm<sup>2</sup>
- **Carga viva (CV)**
  - ✓ Garajes = 250 kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Departamentos = 200 kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Gimnasio = 400 kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ SUM = 400 kg/cm<sup>2</sup>

## c. Análisis dinámico modal espectral

Toda estructura responde dinámicamente ante una acción de cargas o deformaciones, generando fuerzas inerciales iguales al de masa por aceleración. Realizando este análisis obtendremos los esfuerzos por combinaciones de cargas que nos servirán para el diseño de los elementos estructurales. Para el ADME de la estructura las dimensiones en columnas fueron de 50x50 cm, el ancho de muros de concreto de 30 cm, el peralte de vigas 0.65 cm y losa aligerada de espesor de 0.25. Las propiedades de los materiales se definieron y mencionaron en la etapa de modelamiento de la estructura con Software ETBAS 20.0. Este análisis dinámico espectral se realizó de acuerdo con la norma E.030. Primero se estimó el peso o masa sísmica según el artículo 26 que nos dice que para edificaciones comunes se toma el 25% de la carga viva y 100% carga muerta. Los parámetros para el presente análisis son los obtenidos y clasificados de acuerdo con los ensayos geofísicos anteriormente descritos. Los cuales nos sirvió para obtener el espectro de aceleración en ambas direcciones mediante la siguiente fórmula

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Donde: Factor de zona (Z), Factor de uso U, Factor de amplificación del suelo (S), C Factor de amplificación sísmica y Coeficiente de reducción sísmica (R). Para un suelo intermedio S2 le corresponde un periodo corto y largo de 0.6 y 2.0 respectivamente como se muestra en la tabla 7 a continuación

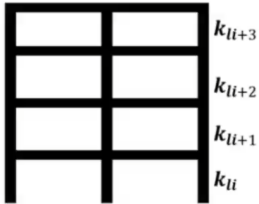
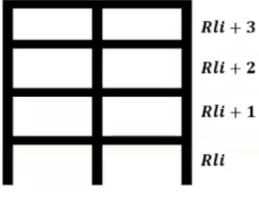
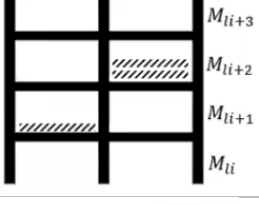
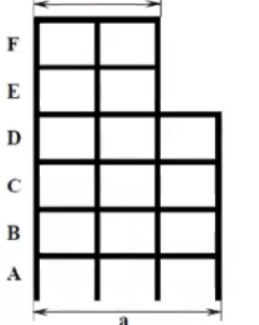
**Tabla 7.** Parámetros sísmicos

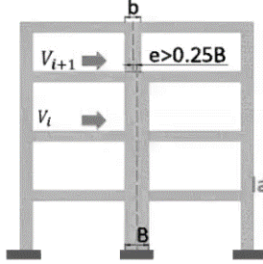
Parámetros	Valor
Z	0.45
U	1.00
S	1.05
TP	0.60
TL	2.00

Fuente: Norma E.030

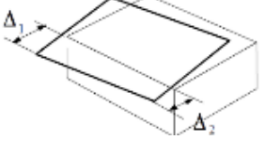
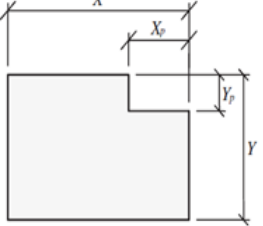
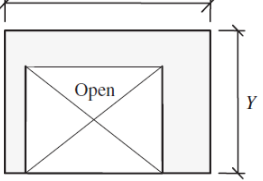
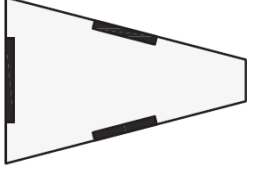
Se evaluó y analizo cada una de las irregularidades en planta como en altura según norma E.030. En su artículo 20 nos menciona que el factor de irregularidad en planta ( $I_p$ ) y en altura ( $I_a$ ) se toma el menor valor de las irregularidades para ambas direcciones, si no existiese irregularidad el factor sería igual a la unidad.

**Tabla 8.** Irregularidades en altura

IRREGULARIDADES EN ALTURA			
Irregularidad	Descripción	Condición	$I_a$
Rigidez – Piso Blando		$K_i < 70\% * K_{i+1}$ $K_i < 80\% \left( \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \right)$ Extrema $K_i < 60\% * K_{i+1}$ $K_i < 70\% \left( \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \right)$	No presenta
Resistencia – Piso Débil		$V_i < 80\% * V_{i+1}$ $I_a = 0.75$ Extrema $V_i < 65\% * V_{i+1}$ $I_a = 0.50$	No presenta
Masa o Peso		$M_{li} > 1.5 M_{li+1} \Rightarrow Irregular$	No presenta
Geométrica Vertical		$Si a / b > 1.3 \Rightarrow Irregular$	No presenta

Discontinuidad de los sistemas resistentes		<p>Velemento &gt; 10% * Vbasal</p> <p>Extrema</p> <p>Velemento &gt; 25% * Vbasal</p>	No presenta
--	---	--	-------------

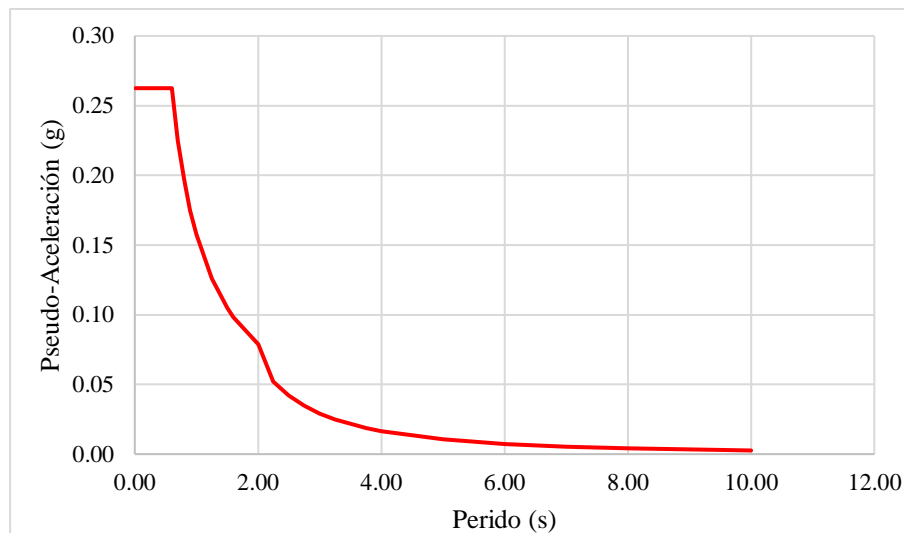
**Tabla 9.** Irregularidades en planta

IRREGULARIDADES EN PLANTA			
Irregularidad	Descripción	Condición	$I_a$
Torsional		$\Delta_{\text{máx}} > 1.3\Delta_{\text{prom}}$	Sí presenta
Esquinas entrantes		<p>Irregular:</p> $\frac{X_e}{X} > 0.20$ and $\frac{Y_e}{Y} > 0.20$	Sí presenta
Discontinuidad del diafragma		$A_{\text{open}} > \frac{1}{2}XY$	No presenta
Sistemas no paralelos			No presenta

La estructura convencional presentó dos irregularidades en planta de esquinas entrantes e irregularidad torsional con su factor de 0.9 y 0.75, para el análisis se tomó el menor factor. Cabe señalar que la norma E.030 dice que para la zona 4 si se permite irregularidad torsional mas no irregularidad torsional extrema en el tipo de edificación de categoría C. El coeficiente reducción de fuerzas sísmicas (R) se calculó con la formula siguiente

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Luego se verifico el sistema estructural y su coeficiente básico de reducción ( $R_0$ ) fue de muros estructurales ya que sobre estos muros actúa más del 86% y 87% de la fuerza cortante en la base en las direcciones X-X e Y-Y respectivamente. Por tanto, le corresponde un  $R_0$  igual a 6. Por tanto, se obtuvo el siguiente espectro según E.030



**Figura 18.** Espectro de aceleraciones  $R=6$

Fuente: Elaboración Propia

El  $R$  resulto 4.5 a este valor se multiplica 0.85 para determinar los desplazamientos laterales. Estos resultados inelásticos se obtienen multiplicando  $R$  por 0.85 lo que nos dio un valor 3.852 en ambas direcciones.

Estructuras Irregulares:

$$\Delta \text{ inelástico} = 0.85 * \Delta \text{ elástico}$$

La verificación de la cortante mínima según la norma E.0.30 señala que la cortante de diseño debe ser mayor al 90% de la cortante estática para estructura irregular

$$V_{dinamica} = 90\%VE$$

Si no cumple se tiene que multiplicar por un factor de escala en dirección X-X y Y-Y

$$F_e * V_{dinamica} = 90\%VE$$

$$F_e = \frac{90\% * VE}{V_{dinamica}}$$

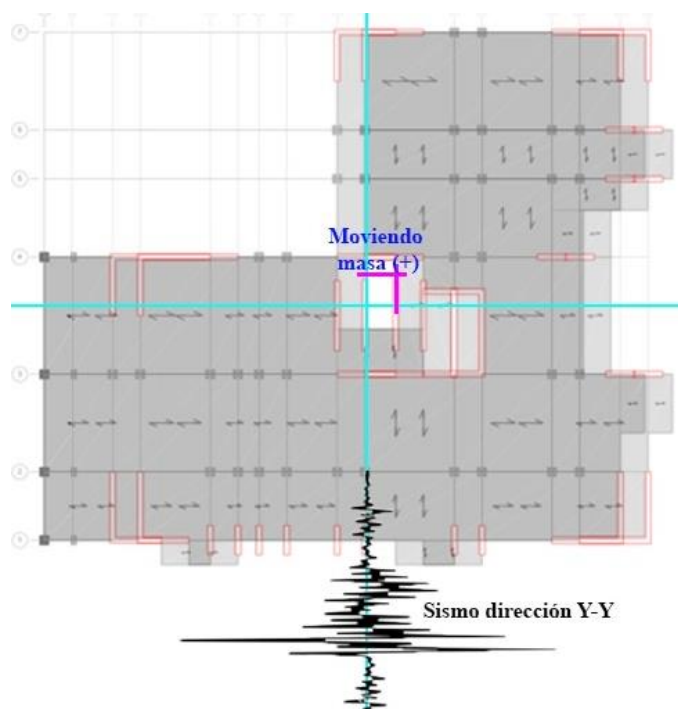
**Tabla 10.** Factor de escalamiento

DIRECCIÓN X-X	VALOR	DIRECCIÓN Y-Y	VALOR
Vestx (tonf)	1763.12	Vesty (tonf)	1618.08
Vdisx (tonf)	1586.810	Vdisy (tonf)	1456.268
Vdinx (tonf)	1273.185	Vdiny (tonf)	1193.536
Fex (tonf)	1.246	Fey (tonf)	1.220

Fuente: Elaboración propia

### El análisis de la deriva crítica

El análisis para hallar la deriva crítica se realizó moviendo las masas en 5% de excentricidad. Este consistió en analizar la estructura cuando el sismo esta aplicado en dirección X-X se movió la masa en +Y e -Y. Para el sismo en dirección Y-Y se movió la masa en +X y -X, se obtuvo la deriva critica cuando el sismo viene en dirección Y-Y y se mueve la masa en +X.

**Figura 19.** Sismo en dirección Y-Y moviendo la Masa (+)

Fuente: Elaboración Propia

### Diseño de estructura convencional

Las fuerzas para usar para el diseño de vigas se obtienen de la condición más desfavorable de las siguientes combinaciones de cargas dadas por la norma E.060

$$U = 1.4*CM+1.7*CV$$

$$U = 1.25*(CM+CV) \pm CS$$

$$U = 1.25*(CM+CV) \pm CS$$

$$U = 0.9*CM \pm CS$$

Donde: Carga última (U), Carga Muerta (CM) y Carga viva (CV). Con las combinaciones de carga asignadas al software ETABS realizamos la envolvente la cual nos da los esfuerzos para el diseño de los elementos estructurales

### Diseño de vigas por flexión

El objetivo de este diseño es dotar a los elementos estructurales, de tal forma que cumplan con la siguiente condición.

$$\phi * Mn \geq Mu$$

Esta ecuación nos indica que la resistencia de una sección de la viga no debe ser menor que el momento actuante en los elementos estructurales. Para el diseño por flexión, la norma E-060 indica que se debe usar un factor de reducción  $\phi = 0.9$ . Para calcular el acero de refuerzo se tiene en cuenta el momento flector actuante en la sección, la resistencia a la compresión del concreto, el esfuerzo de fluencia y las dimensiones de la sección, tal como se muestra a continuación.

$$As = \frac{0.85 * f'c * bw}{fy} * \left( d - \sqrt{d^2 - \frac{4 * Mu}{1.7 * \phi * f'c * bw}} \right)$$

Donde: Resistencia del concreto ( $f'c$ ), Ancho de viga ( $b_w$ ), Esfuerzo de fluencia del acero ( $fy$ ), Peralte efectivo de la sección ( $d$ ), Momento último actuante en la sección ( $Mu$ ) y Factor de reducción de capacidad ( $\phi$ )

### Diseño de vigas por fuerza cortante

Según la norma E.060 el diseño por fuerza cortante debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$\phi * Vn \geq Vu$$

$$Vn \geq Vc + Vs$$

Donde: Cortante resistente de la viga ( $Vn$ ), Cortante último amplificado ( $Vu$ ), Resistencia al cortante del concreto ( $Vc$ ), Resistencia al cortante del acero de refuerzo ( $Vs$ ) y Factor de reducción de capacidad ( $\phi$ ). La resistencia del concreto a la cortante se determina en función a la resistencia del concreto, el ancho de la sección y el peralte efectivo, de la siguiente manera:

$$V_c = 0.17 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

La resistencia cortante del acero se determina en función de:

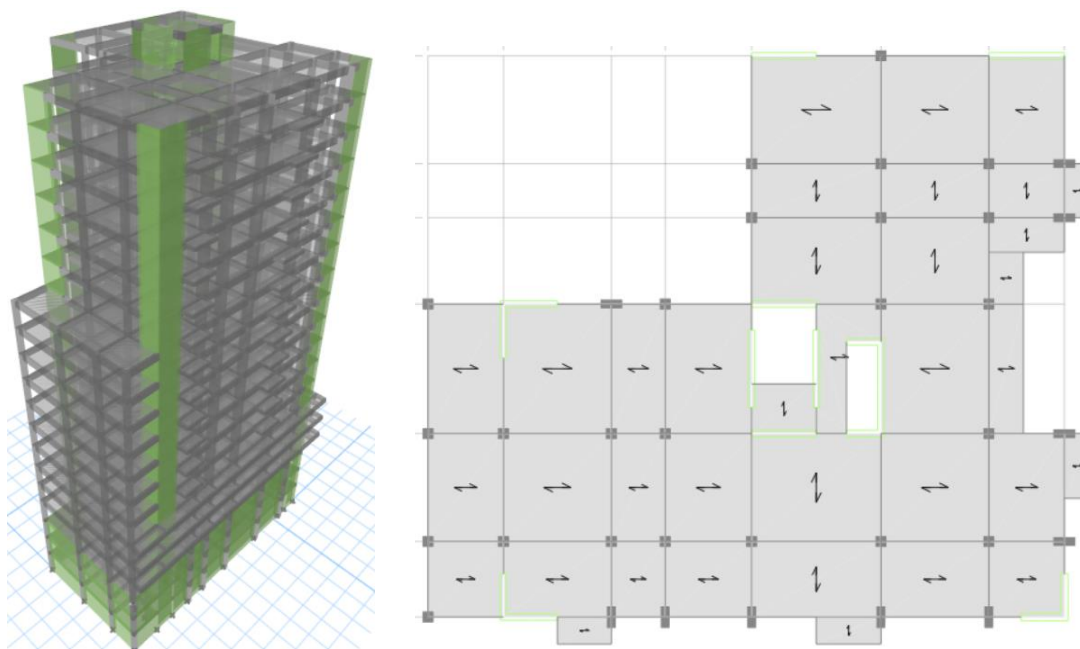
$$V_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s}$$

### Diseño de columnas y muros de concreto

Para el diseño de las columnas se debe asignar una determinada cantidad de acero de refuerzo a la sección de acuerdo con el criterio del diseñador, una recomendación para la determinación del acero de refuerzo preliminar es colocar el 1% de la sección transversal. Luego se tiene que elaborar un diagrama de interacción de la sección y verificar que los pares formados por las fuerzas axiales y momentos para todas las combinaciones de carga que se indicaron en las ecuaciones estén contenidos dentro del diagrama de iteración.

### Análisis dinámico modal espectral de la estructura sin disipadores (E. SIN DFV)

La estructura convencional se redujo su rigidez de sus elementos estructurales como vigas, columnas y muros de concreto. Los muros de 0.3x1.5 m se sustituyeron por las columnas de sección de 0.40x1.0 m y disminuyendo a un peralte de 0.65 m a 0.60 m y las placas de esquinas de disminuyeron sus longitudes. Para el ADME se realizó el mismo procedimiento de la estructura convencional. La estructura en análisis incremento las derivas sobrepasando el límite de la norma E.030



**Figura 20.** Perspectiva y planta estructura flexible

Fuente: Elaboración Propia

### Análisis dinámico tiempo historia

Para este análisis se flexibilizo el modelo estructural convencional reduciendo los muros de corte y sustituyendo algunos por columnas de sección de 1x.40 cm y disminuyendo a un peralte a 0.60 cm convenientemente para aumentar las derivas generando un segundo modelo de estructura, posteriormente se realizó un análisis dinámico espectral con los siguientes parámetros que se detallan en la tabla siguiente

**Tabla 11.** Parámetros Sísmicos para análisis modal

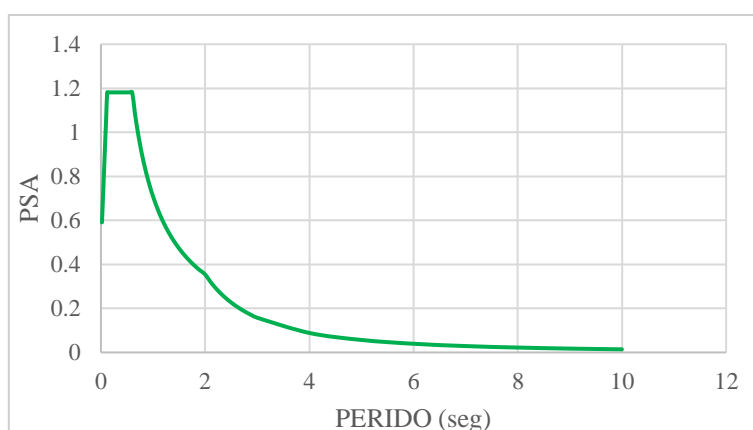
Parámetro	Valor
Z	0.45
U	1.00
S	1.05
TP	0.60
TL	2.00

Los resultados obtenidos del software ETABS 20.0 los periodos obtenidos y masas participativas según se presenta a continuación en tabla 25

**Tabla 12.** Periodo y modos de vibración estructura SIN DFV (flexible)

MODOS	T(seg)	UX	UY	RZ
1	1.173	2.46%	<b>66.29%</b>	4.20%
2	1.036	<b>63.68%</b>	4.39%	5.34%
3	0.941	7.62%	2.05%	<b>62.29%</b>

Podemos observar en la tabla anterior los dos primeros modos son de traslación tanto en dirección X-X y Y-Y, mientras el modo 3 es rotacional. El periodo fundamental es de 1.173 seg en la dirección Y-Y. En este segundo modelo se aprecia que aumentan los periodos comparados con la estructura convencional ya que se flexibilizo la estructura. Luego el factor de reducción se igualo a la unidad  $R=1$  obteniendo el siguiente espectro de aceleraciones



**Figura 21.** Espectro de aceleración con  $R=1$

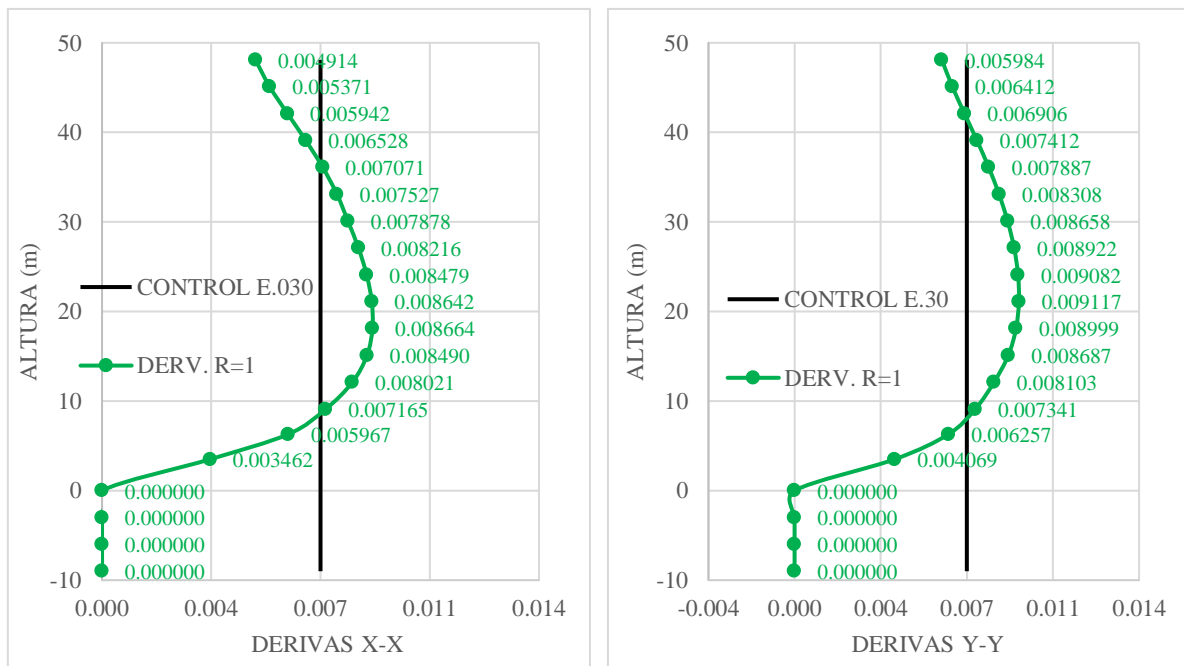
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando el espectro de aceleraciones de la figura 21 con  $R=1$ , Se obtiene las derivas en ambas direcciones X-X e Y-Y

**Tabla 13.** Derivas con  $R=1$

DERIVAS R=1		
NIVEL	X-X	Y-Y
T-16	0.004914	0.005984
T-15	0.005371	0.006412
T-14	0.005942	0.006906
T-13	0.006528	0.007412
T-12	0.007071	0.007887
T-11	0.007527	0.008308
T-10	0.007878	0.008658
T-09	0.008216	0.008922
T-08	0.008479	0.009082
T-07	0.008642	<b>0.009117</b>
T-06	<b>0.008664</b>	0.008999
T-05	0.00849	0.008687
T-04	0.008021	0.008103
T-03	0.007165	0.007341
T-02	0.005967	0.006257
T-01	0.003462	0.004069

Como se puede apreciar en la Tabla 13 la deriva máxima relativa en la dirección X-X se da en el nivel seis de 0.008664 y en la dirección Y-Y en el nivel siete de 0.009117



**Figura 22.** Derivas con  $R=1$

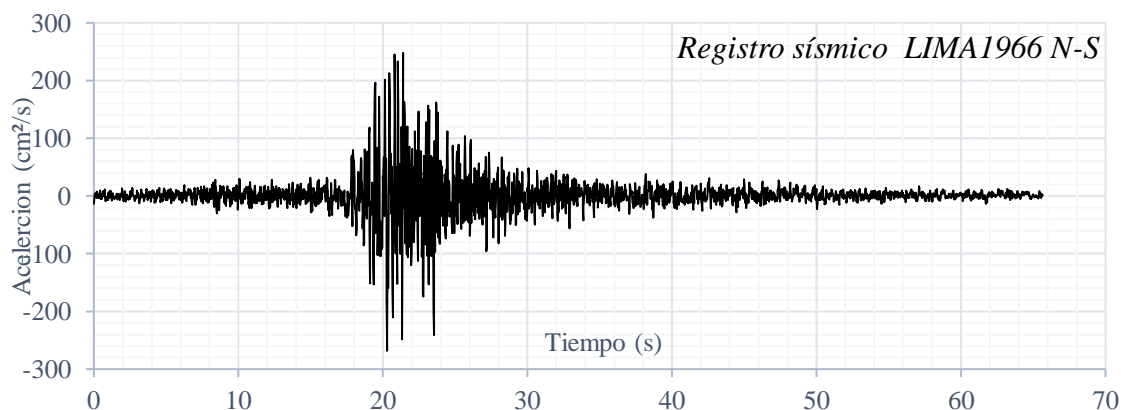
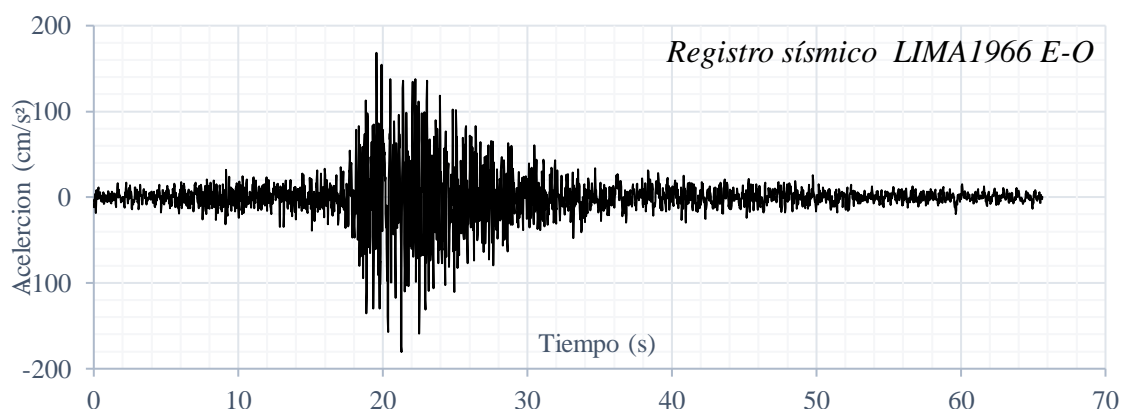
Fuente: Elaboración Propia

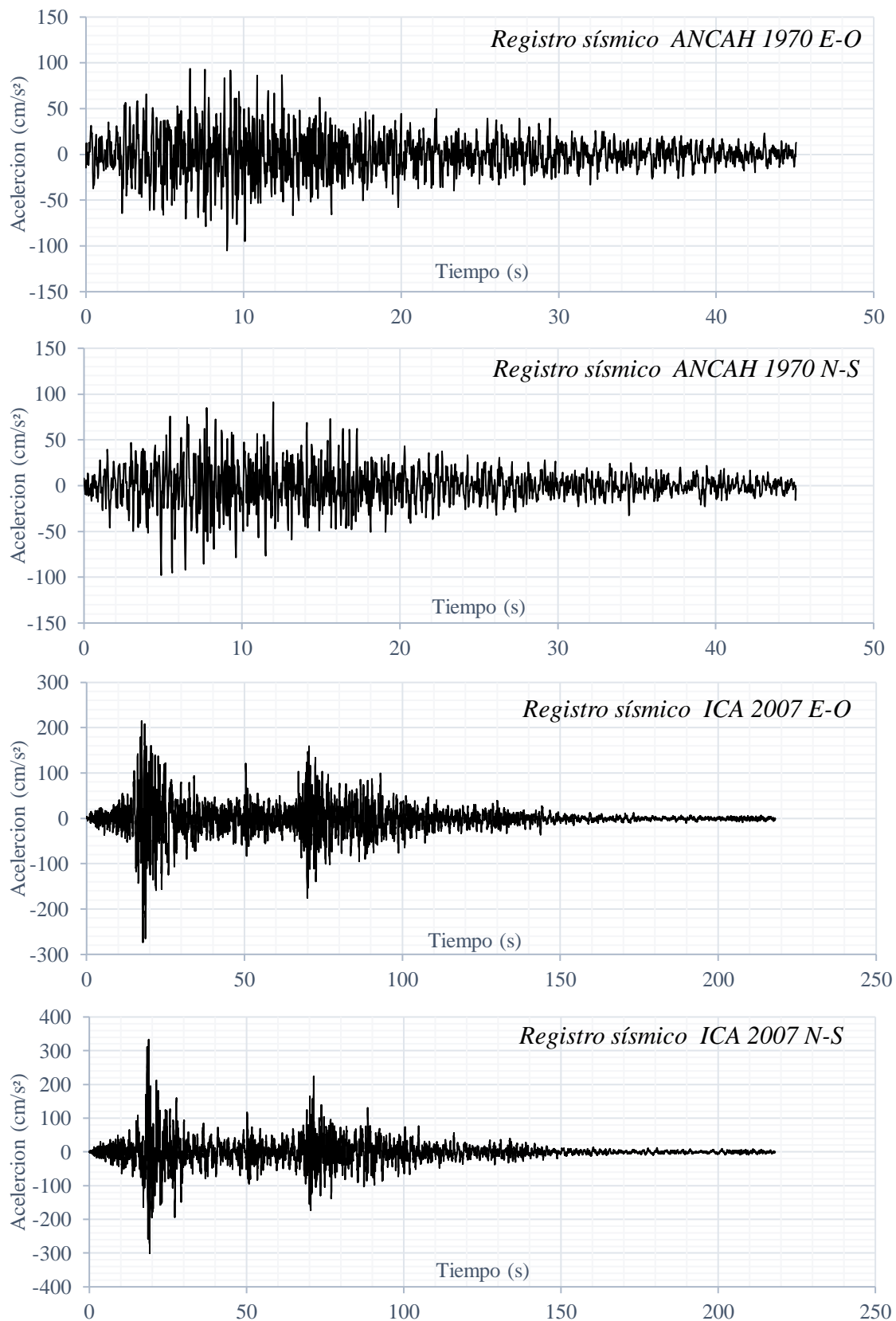
Como se puede apreciar en la Figura 22 las derivas en estructura superan con lo establecido en la norma E.0.30 del límite permisible de distorsión de entrepiso 0.007 por lo tanto, se toma la opción de implementar la estructura con DFV en disposición Chevron para mejorar su comportamiento estructural, procediendo a realizar un análisis tiempo historia. Los tres registros considerados para este análisis son los que ocurrieron en nuestro país y presentaron las siguientes características

**Tabla 14.** Registros sísmicos

Fecha	Estación	Duración (seg)	Magnitud	Aceleración máx. (cm/s <sup>2</sup> )	
				EO	NS
Lima 17 de octubre 1966	Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima	66	8.1	EO	-180.56
				NS	-268.24
Ancash 31 de mayo 1970	Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima	45	7.9	EO	-105.05
				NS	-97.81
Ica 15 de agosto 2007	San Luis Gonzaga National University, Ica	218	7	EO	-272.82
				NS	333.66

A continuación, se presentan los acelerogramas de los tres pares de registros sísmicos utilizados en la presente investigación



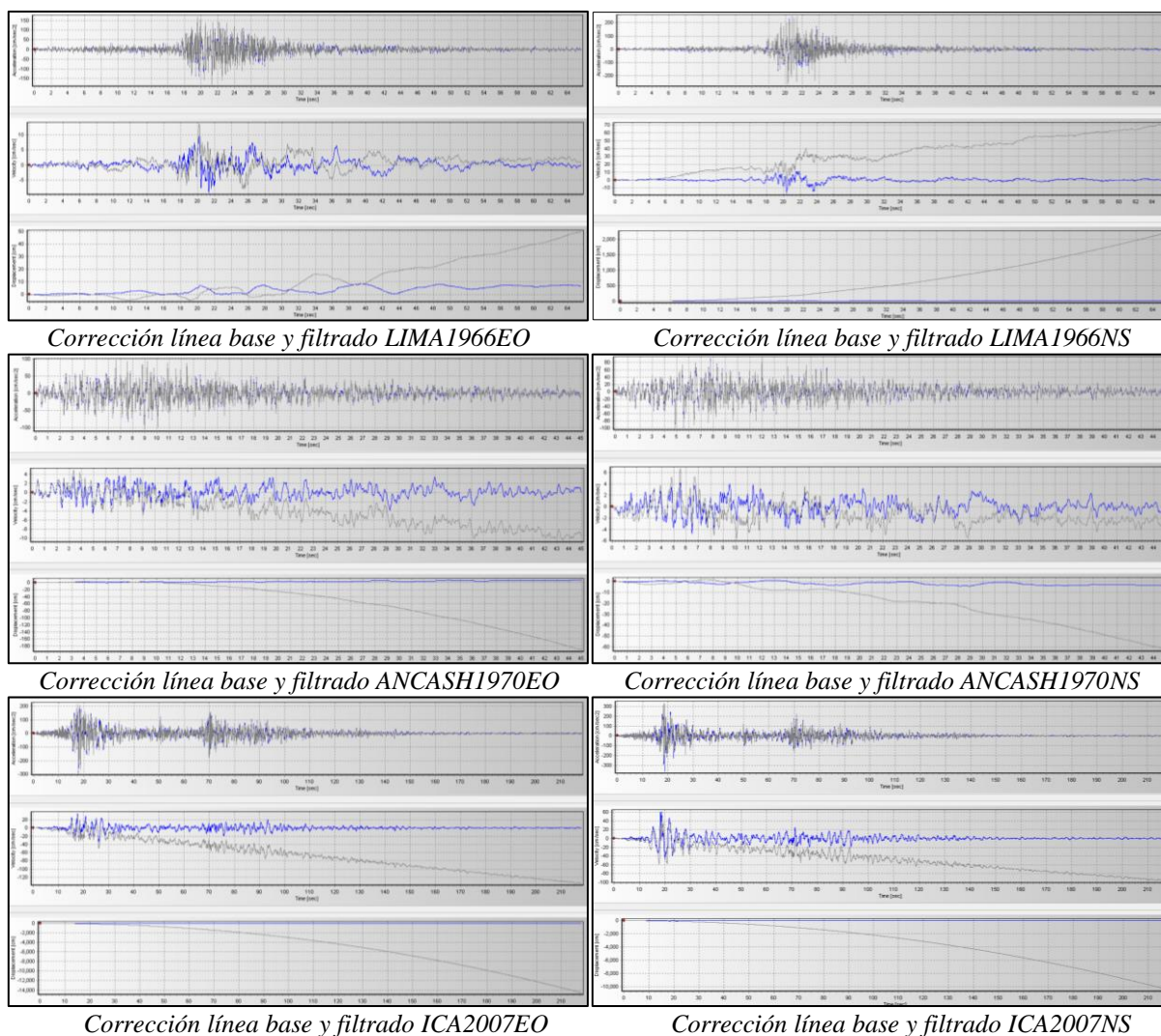


**Figura 23.**Registros sísmicos

Fuente: <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/red/#>

## Procesamiento de señales sísmicas

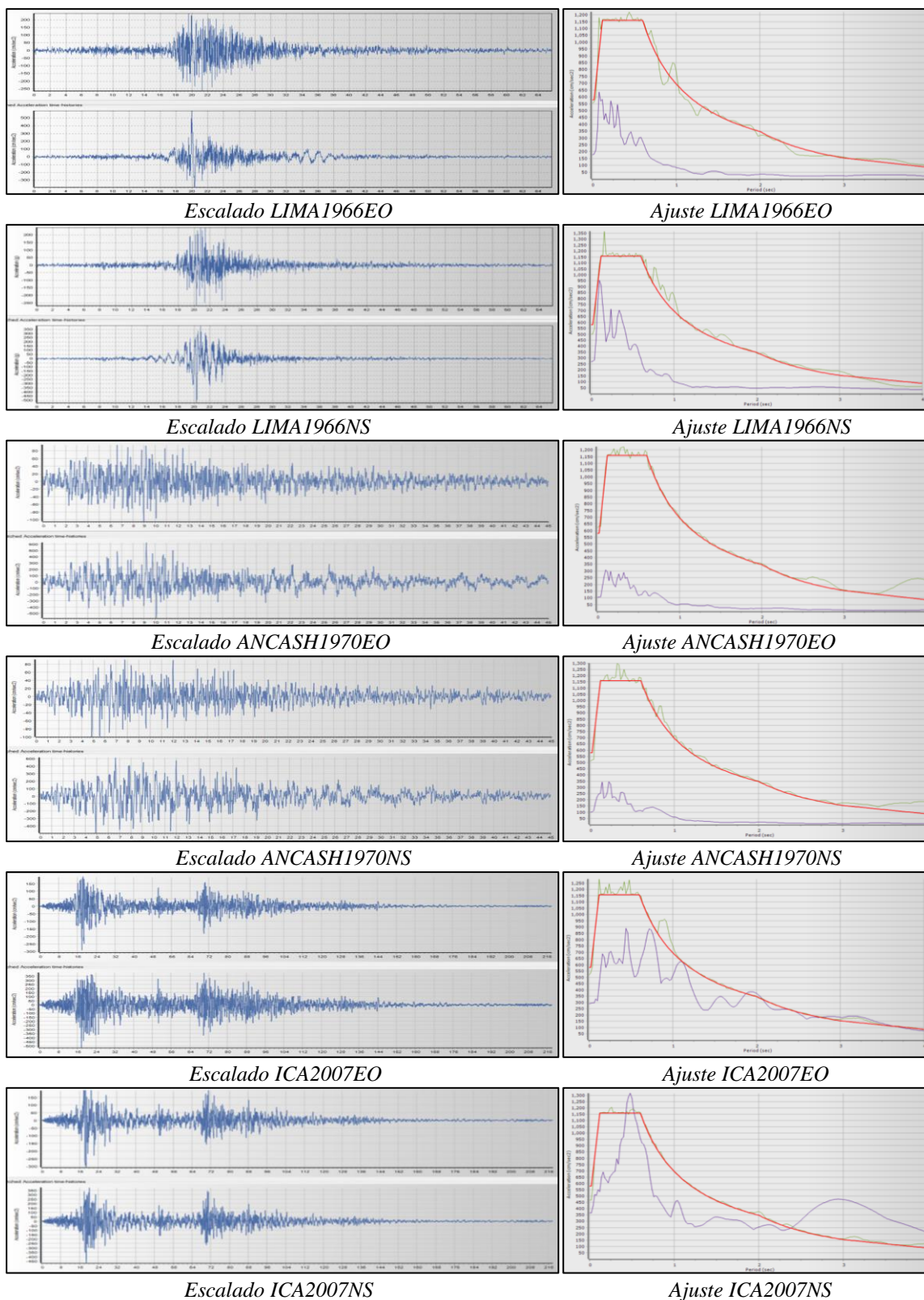
Para el procesamiento de las señales sísmicas utilizamos el software SeismoSignal 2023 que corrige la línea base y realiza el filtrado y para el ajuste y escalado de las señales sísmicas se utilizó el SeismoMatch 2023



**Figura 24.** Corrección a línea base y filtrado de señales sísmicas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 24 se presenta la corrección a línea base y filtrado de señales sísmicas con el programa SeismoSignal para los tres registros sísmos antes mencionados, se observa una línea gris que es el sísmo sin corrección y la línea azul se muestra alineado a la horizontal corregida. Luego realizamos el escalado y ajuste al espectro normalizado E.030 con  $R=1$  de las señales sísmicas a través del programa SeismoMatch 2023 como se observa a continuación en la siguiente Figura 25



**Figura 25.** Escalado y ajuste de señales sísmicas

Fuente: Elaboración propia

La Figura 25 muestra cada sismo corregido y escaldado (izquierda) y el espectro de la E.030 con R=1 de línea roja, la línea morada es el registro sísmico corregido y la línea

verde representa el sismo escalado y ajustado (derecha), Posteriormente se realizó el análisis tiempo historia lineal con estos sismos estudiados teniendo como resultados las derivas que se muestran en las siguientes Tablas 15 y 16

**Tabla 15.** Derivas de análisis TH lineal en dirección X-X

NIVEL	LIMA 1966		ANCASH 1970		ICA 2007	
	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S
T-16	0.004312	0.004066	0.004289	0.004633	0.005203	0.004193
T-15	0.00471	0.004443	0.004669	0.005052	0.005687	0.004577
T-14	0.005192	0.004906	0.005092	0.005561	0.006279	0.005082
T-13	0.005668	0.00537	0.00551	0.006069	0.006872	0.005624
T-12	0.006086	0.005786	0.005835	0.006526	0.007405	0.006148
T-11	0.006409	0.006118	0.006205	0.0069	0.007836	0.006606
T-10	0.006621	0.006356	0.006445	0.007183	0.008139	0.006972
T-09	0.006798	0.006578	0.006693	0.007482	0.008403	0.007316
T-08	0.006966	0.00677	0.006867	0.007694	0.008575	0.00758
T-07	0.007017	0.006871	0.007071	0.007802	<b>0.008631</b>	0.007736
T-06	0.006912	0.006858	0.007116	0.007783	0.008545	0.00775
T-05	0.00666	0.006665	0.006995	0.007566	0.008277	0.007575
T-04	0.006468	0.006225	0.006615	0.007202	0.007739	0.007131
T-03	0.005965	0.005481	0.005905	0.006473	0.006844	0.006344
T-02	0.005105	0.004484	0.004953	0.005401	0.005654	0.00527
T-01	0.003147	0.002585	0.003319	0.003122	0.003263	0.003048

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 16.** Derivas de análisis TH lineal en dirección X-X

NIVEL	LIMA 1966		ANCASH 1970		ICA 2007	
	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S
T-16	0.004972	0.005883	0.005828	0.006412	0.005262	0.005187
T-15	0.005357	0.006294	0.006228	0.006877	0.005629	0.005554
T-14	0.005768	0.006773	0.006672	0.007412	0.005998	0.005972
T-13	0.006128	0.007273	0.007119	0.007953	0.006361	0.006388
T-12	0.00638	0.007778	0.007537	0.008439	0.006747	0.006763
T-11	0.006487	0.008224	0.007887	0.008822	0.007074	0.007082
T-10	0.006583	0.008553	0.008154	0.009069	0.007328	0.007508
T-09	0.006865	0.008772	0.008313	0.009146	0.007555	0.007864
T-08	0.00703	0.008867	0.008365	0.009355	0.007867	0.008116
T-07	0.007073	0.008822	0.00829	<b>0.009539</b>	0.008037	0.008234
T-06	0.006978	0.008652	0.008062	0.009521	0.007994	0.008194
T-05	0.006718	0.008258	0.007666	0.009247	0.007702	0.007951
T-04	0.006258	0.007614	0.007052	0.008649	0.007111	0.007438
T-03	0.005675	0.006829	0.006316	0.007844	0.006331	0.006705
T-02	0.004813	0.005813	0.005372	0.006687	0.00531	0.005729
T-01	0.003092	0.003754	0.003442	0.004346	0.003506	0.003867

Fuente: Elaboración Propia

En las tablas anteriores se tiene las derivas máximas en dirección X-X y Y-Y las cuales fueron de 0.008631 y 0.009539 con el sismo de Ica 2007 y Ancash 1970 respectivamente

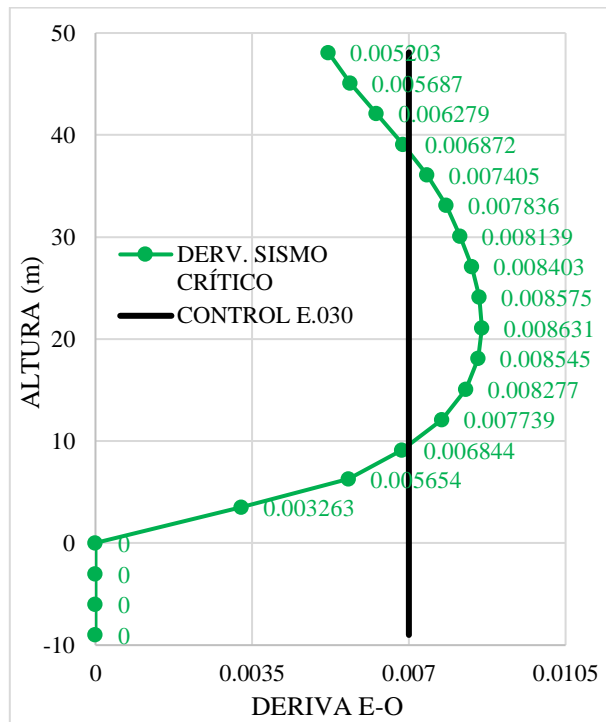


Figura 26. Derivas con sismo crítico de diseño X-X

Fuente: Elaboración propia

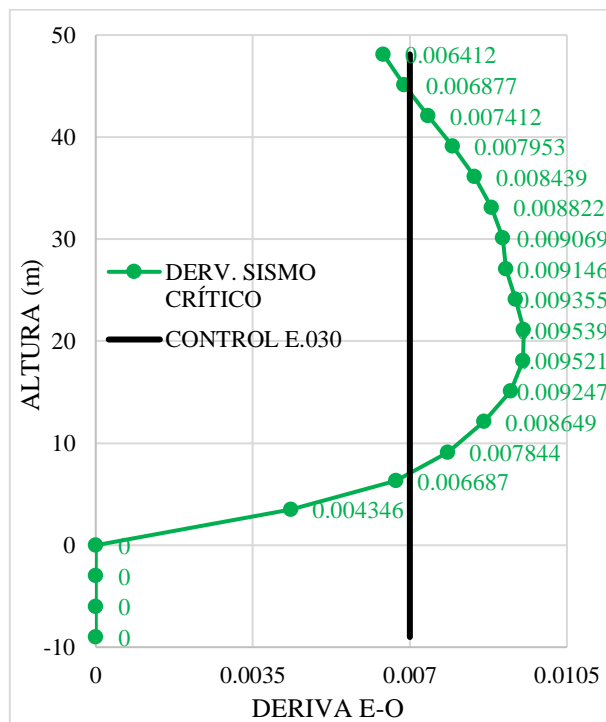


Figura 27. Derivas con sismo crítico de diseño Y-Y

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de las propiedades de los disipadores de fluido viscoso

Se comenzó definiendo la deriva objetivo con las tablas siguientes según FEMA capítulo 16 (Table 3.1 Building Structure (Model Building) Types)

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame (≤ 5,000 sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2	Wood, Commercial and Industrial (> 5,000 sq. ft.)		All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15

El sistema estructural de la estructura en estudio es de muros estructurales de concreto, para ello con la tabla anterior clasificamos como C2H edificio de gran altura mayor de ocho pisos (Table 5.9a Structural Fragility Curve Parameters – High-Code Seismic Design Level)

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.50	0.80	1.51	0.81	5.04	0.85	12.60	0.97
W2	288	216	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.86	0.81	2.59	0.88	8.64	0.90	21.60	0.83
S1L	288	216	0.0060	0.0120	0.0300	0.0800	1.30	0.80	2.59	0.76	6.48	0.69	17.28	0.72
S1M	720	540	0.0040	0.0080	0.0200	0.0533	2.16	0.65	4.32	0.66	10.80	0.67	28.80	0.74
S1H	1872	1123	0.0030	0.0060	0.0150	0.0400	3.37	0.64	6.74	0.64	16.85	0.65	44.93	0.67
S2L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	1.08	0.81	2.16	0.89	6.48	0.94	17.28	0.83
S2M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.80	0.67	3.60	0.67	10.80	0.68	28.80	0.79
S2H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.81	0.63	5.62	0.63	16.85	0.64	44.93	0.71
S3	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.81	1.08	0.82	3.24	0.91	9.45	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.86	0.89	1.73	0.89	5.18	0.98	15.12	0.87
S4M	720	540	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.44	0.77	2.88	0.72	8.64	0.70	25.20	0.89
S4H	1872	1123	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	2.25	0.64	4.49	0.66	13.48	0.69	39.31	0.77
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	0.90	0.81	1.80	0.84	5.40	0.86	14.40	0.81
C1M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.50	0.68	3.00	0.67	9.00	0.68	24.00	0.81
C1H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.16	0.66	4.32	0.64	12.96	0.67	34.56	0.78
C2L	240	180	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800	0.72	0.81	1.80	0.84	5.40	0.93	14.40	0.92
C2M	600	450	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533	1.20	0.74	3.00	0.77	9.00	0.68	24.00	0.77
C2H	1440	864	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400	1.73	0.68	4.32	0.65	12.96	0.66	34.56	0.75
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.76	1.08	0.86	3.24	0.88	9.45	0.99
PC2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.88	4.32	0.98	12.60	0.94
PC2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.77	2.40	0.81	7.20	0.70	21.00	0.82
PC2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.64	3.46	0.66	10.37	0.68	30.24	0.81
RM1L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.86	4.32	0.92	12.60	1.01
RM1M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.81	7.20	0.76	21.00	0.75
RM2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.80	1.44	0.81	4.32	0.91	12.60	0.98
RM2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.79	7.20	0.70	21.00	0.73
RM2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.66	3.46	0.65	10.37	0.66	30.24	0.72
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

En la intersección del C2H y el daño moderado de la estructura en la tabla 5.9a obtenemos una deriva objetivo de 0.005. Luego calculamos el factor de reducción sísmica se elige el mayor en cada dirección

**Tabla 17.** Factor de reducción dirección X-X e Y-Y

Nivel	Ica E-O	Bx	Ancash N-S	By
T-16	0.005203	1.0406	0.006412	1.2824
T-15	0.005687	1.1374	0.006877	1.3754
T-14	0.006279	1.2558	0.007412	1.4824
T-13	0.006872	1.3744	0.007953	1.5906
T-12	0.007405	1.481	0.008439	1.6878
T-11	0.007836	1.5672	0.008822	1.7644
T-10	0.008139	1.6278	0.009069	1.8138
T-09	0.008403	1.6806	0.009146	1.8292
T-08	0.008575	1.715	0.009355	1.871
T-07	0.008631	<b>1.7262</b>	0.009539	<b>1.9078</b>
T-06	0.008545	1.709	0.009521	1.9042
T-05	0.008277	1.6554	0.009247	1.8494
T-04	0.007739	1.5478	0.008649	1.7298
T-03	0.006844	1.3688	0.007844	1.5688
T-02	0.005654	1.1308	0.006687	1.3374
T-01	0.003263	0.6526	0.004346	0.8692

Fuente: Elaboración Propia

Conociendo la deriva objetivo, derivas máximas críticas del análisis lineal tiempo historia con los tres sismos combinados en ambas direcciones X-X e Y-Y y el factor de reducción de respuesta sísmica (B) como se presenta en la tabla 17 se continua la implementación de disipadores de energía de fluido viscoso para ello se eligió B el de mayor valor para obtener un mayor amortiguamiento por parte de estos DFV

$$B_{(x,y)} = \frac{D_{max}(x,y)}{D_{objetivo}}$$

$$B_{(x)} = 1.7262 \quad B_{(y)} = 1.9078$$

Posteriormente ya conocidos los factores de reducción  $B_x$  y  $B_y$  a través de proceso de cálculo iterativo, calculamos el amortiguamiento efectivo ( $B_{eff}$ ) a través de la siguiente ecuación matemática

$$B_{(x)} = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(\varepsilon_i)}{2.31 - 0.41 * \ln(B_{eff}x)}$$

$$B_{(y)} = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(\varepsilon_i)}{2.31 - 0.41 * \ln(B_{eff}y)}$$

Donde:

$\varepsilon_i$ : Amortiguamiento efectivo inherente de la estructura que es 5%

$$1.7262 = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(5)}{2.31 - 0.41 * \ln(B_{eff}x)} \quad 1.9078 = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(5)}{2.31 - 0.41 * \ln(B_{eff}y)}$$

$$B_{eff}x = 27.1833\%$$

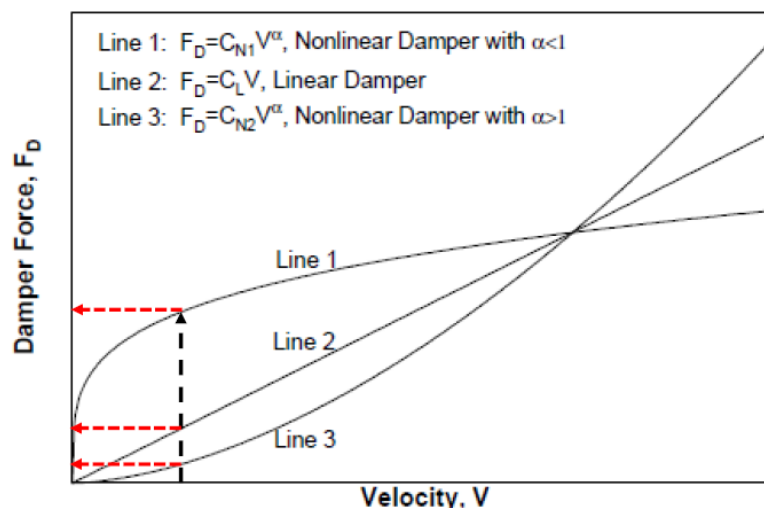
$$B_{eff}y = 33.9381\%$$

Al amortiguamiento efectivo lo restamos el 5% de amortiguamiento inherente de la estructura con lo que obtendremos el amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) de los disipadores

$$B_{Hx} = 28 - 5 = 23\%$$

$$B_{Hy} = 34 - 5 = 29\%$$

El amortiguamiento que va a aportar los disipadores en la dirección X-X es de 23% y en la dirección Y-Y es de 29%, lo que está en el rango de 20% y 40% recomendados para la implementación de DFV. Para el parámetro del exponente de velocidad ( $\alpha$ ) se debe tomar en cuenta que el comportamiento debe ser no lineal. Basándose en la norma FEMA 274 Según la Tabla C9-4 siguiente se optará por un valor de alfa de 0.5 y lambda de 3.5



<b>Table C9-4 Values of Parameter <math>\lambda</math></b>	
<b>Exponent <math>\alpha</math></b>	<b>Parameter <math>\lambda</math></b>
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

Tabla 26. C9-4  
Fuente: FEMA 274

Conociendo los valores de  $\alpha$  y  $\lambda$  se procede realizar el cálculo para el coeficiente de amortiguamiento no lineal con la formulación siguiente

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

$C_j$ : Coeficiente de amortiguamiento del disipador.

$\beta_H$ : Amortiguamiento viscoso de la estructura.

$A$ : Amplitud del desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal relativo desde el techo hasta la base).

$\omega$ : Frecuencia angular.

$m_i$ : Masa de cada nivel del edificio.

$\phi_i$ : Desplazamiento modal en cada nivel del edificio.

$\phi_{rj}$ : Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador.

$\theta_j$ : Angulo de inclinación del disipador.

$\lambda$ : Parámetro lambda en función de  $\alpha$  (Usaremos la tabla 2.2).

Posteriormente se realiza el cálculo del coeficiente de amortiguamiento en ambas direcciones como se puede observar en las siguientes tablas

**Tabla 18.** Cálculos del coeficiente de amortiguamiento del DFVC X-X

NIVEL	$\phi_i$	$\phi_{rj}$	MASA (Tn)	COS $\Theta$	$\text{COS}\Theta^{(1+\alpha)*}$ $\phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\phi^2$	$m*\phi_i$
T-16	<b>0.3301</b>	0.0152	661.22	1.0	0.0019	72.0367	218.2473
T-15	0.3148	0.0166	601.77	1.0	0.0021	59.6498	189.4608
T-14	0.2982	0.0184	601.77	1.0	0.0025	53.5115	179.4479
T-13	0.2798	0.0201	601.77	1.0	0.0028	47.1244	168.3983
T-12	0.2598	0.0216	601.77	1.0	0.0032	40.6039	156.3142
T-11	0.2381	0.0228	601.77	1.0	0.0034	34.1293	143.3105
T-10	0.2153	0.0237	652.90	1.0	0.0036	30.2727	140.5887
T-09	0.1917	0.0244	654.70	1.0	0.0038	24.0474	125.4748
T-08	0.1672	0.0250	654.70	1.0	0.0039	18.3050	109.4732
T-07	0.1422	0.0252	654.70	1.0	0.0040	13.2472	93.1291
T-06	0.1171	0.0250	653.82	1.0	0.0039	8.9609	76.5427
T-05	0.0921	0.0242	654.18	1.0	0.0038	5.5483	60.2460
T-04	0.0679	0.0226	654.70	1.0	0.0034	3.0174	44.4466
T-03	0.0453	0.0187	713.31	1.0	0.0026	1.4615	32.2880
T-02	0.0266	0.0154	729.81	1.0	0.0019	0.5157	19.3998
T-01	0.0111	0.0111	768.11	1.0	0.0012	0.0953	8.5544
<b>TOTAL</b>			<b>10461.011</b>		0.0482	412.5269	<b>1765.3224</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19.** Cálculos del coeficiente de amortiguamiento del DFVC Y-Y

NIVEL	$\phi_i$	$\phi_{rj}$	MASA (Tn)	COS $\Theta$	$\text{COS}\Theta^{(1+\alpha)*}$ $\phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\phi^2$	$m*\phi_i$
T-16	0.3432	0.0086	661.22	1.0	0.0008	77.8814	226.9285
T-15	0.3345	0.0166	601.77	1.0	0.0021	67.3517	201.3210
T-14	0.3179	0.0181	601.77	1.0	0.0024	60.8207	191.3112
T-13	0.2998	0.0199	601.77	1.0	0.0028	54.0801	180.3987
T-12	0.2799	0.0218	601.77	1.0	0.0032	47.1355	168.4181
T-11	0.2581	0.0235	601.77	1.0	0.0036	40.0903	155.3224
T-10	0.2346	0.0244	652.90	1.0	0.0038	35.9417	153.1878
T-09	0.2103	0.0257	654.70	1.0	0.0041	28.9448	137.6602
T-08	0.1845	0.0268	654.70	1.0	0.0044	22.2897	120.8022
T-07	0.1577	0.0273	654.70	1.0	0.0045	16.2922	103.2790
T-06	0.1305	0.0272	653.82	1.0	0.0045	11.1291	85.3019
T-05	0.1033	0.0264	654.18	1.0	0.0043	6.9791	67.5689
T-04	0.0769	0.0246	654.70	1.0	0.0039	3.8748	50.3671
T-03	0.0523	0.0204	713.31	1.0	0.0029	1.9517	37.3119
T-02	0.0320	0.0174	729.81	1.0	0.0023	0.7452	23.3211
T-01	0.0146	0.0146	768.11	1.0	0.0018	0.1629	11.1859
<b>TOTAL</b>			10461.011		0.0514	475.6709	1913.6860

Fuente: Elaboración Propia

Encontramos la participación modal ( $r$ ) en la dirección X-X, dividiendo la masa total entre  $m \cdot \phi_i$  por tanto tenemos  $r=5.9258$  y en dirección Y-Y obtenemos  $r=5.4664$

El cálculo de amortiguamiento viscoso en dirección X-X con el exponente de velocidad  $\alpha=0.50$

$\alpha$	0.50	
beff	27.183	%
binh	5	%
BH	22.183	%
T	1.174	seg
$\omega^{(2-\alpha)}$	12.3813	
$A^{(1-\alpha)}$	0.8425	
$\lambda$	3.7	

Z	0.45	
U	1.00	
C	1.45	
S	1.05	
g	9.81	
<b>Sa</b>	<b>5.92</b>	m/s <sup>2</sup>
$\omega = f \cdot 2\pi$ ( )	5.3519	
$\omega = 1/T$	0.85	
A(Amplitud)	0.71	m

$\Sigma C =$	3629.08583
DFVC	6
C	604.847639

EL cálculo de amortiguamiento viscoso en dirección Y-Y con el exponente de velocidad  $\alpha=0.50$

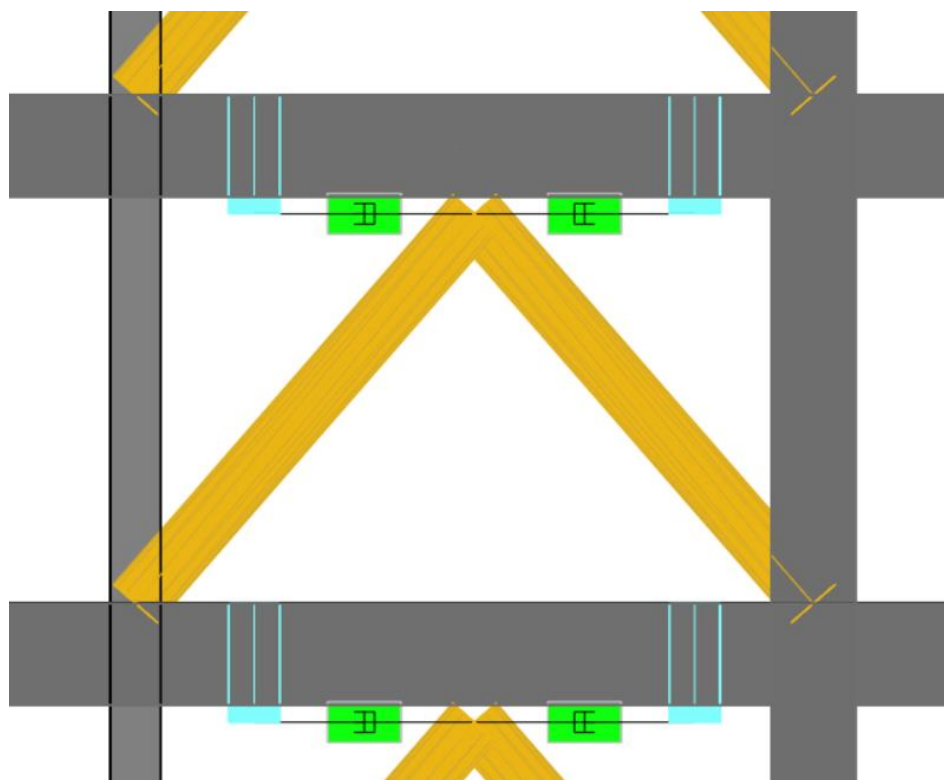
$\alpha$	0.50	
beff	33.938	%
binh	5	%
BH	28.938	%
T	1.033	seg
$\omega^{(2-\alpha)}$	15.0010	
$A^{(1-\alpha)}$	0.7220	
$\lambda$	3.5	

Z	0.45	
U	1.00	
C	1.45	
S	1.05	
g	9.81	
<b>Sa</b>	<b>6.73</b>	m/s <sup>2</sup>

$\omega = f \cdot 2\pi$ ( )	6.0825	
$\omega = 1/T$	0.97	
A(Amplitud)	0.52	m

$\Sigma C =$	5308.80646
DFVC	8
C	663.600807

El análisis tiempo historia no lineal del edificio de gran altura en estudio se realizó con el tipo de disipador de fluido viscoso en disposición Chevron mejorado

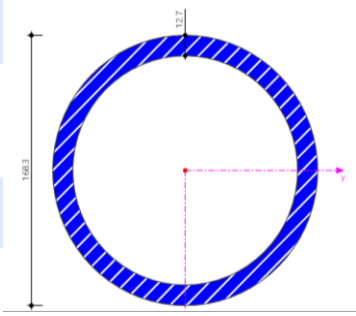


**Figura 28.** Disposición DFV Chevron mejorado

Fuente: Elaboración propia

La rigidez del brazo metálico se calculó para la disposición de Chevron Brace mejorado con un perfil con las siguientes características: HSS6.625x0.500 de AISC Contruction manual 13th: HSS6.625x0.500

Geometry			
Diameter	d	167.6	mm
Thickness	t	12.7	mm
Sectional Area			
Sectional area	A	61.82	cm <sup>2</sup>



**Figura 29.** Sección de brazo metálico

Fuente: [Round HSS 6.625x0.500 / AISC 14 / Cross-Section Properties & Analysis / Dlubal Software](#)

Luego calculamos la rigidez del brazo metálico

$$K = \frac{EA}{L} = \frac{20400000 * 0.006182}{\sqrt{2.5^2 + 2.8^2}}$$

$$K = 33597.25 \frac{tnf}{m}$$

En la tabla 20 se ha calculado la rigidez del brazo metálico que será la misma para ambas direcciones X-X e Y-Y

**Tabla 20.** Rigidez de brazo metálico

E=	20400000	Tn/m <sup>2</sup>
A=	0.006182	m <sup>2</sup>
L=	3.7536649	m
K=	33597.245	Tn/m

Fuente: Elaboración propia

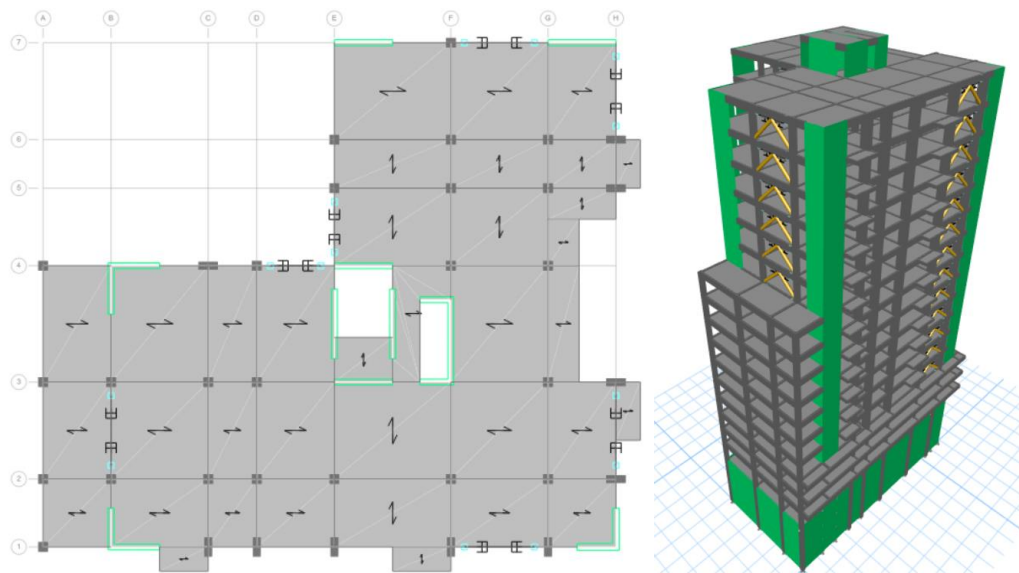
Finalmente tenemos una tabla resumen de las propiedades del DFV en disposición Chevron mejorado que se introducirán en el Software ETABS 20.0

**Tabla 21.** Resumen de las propiedades de los DVFC en X-X e Y-Y

	X-X	Y-Y
$\alpha$	0.5	0.5
K (Tnf/m)	33597.2454	33597.2454
C	604.847639	663.600807

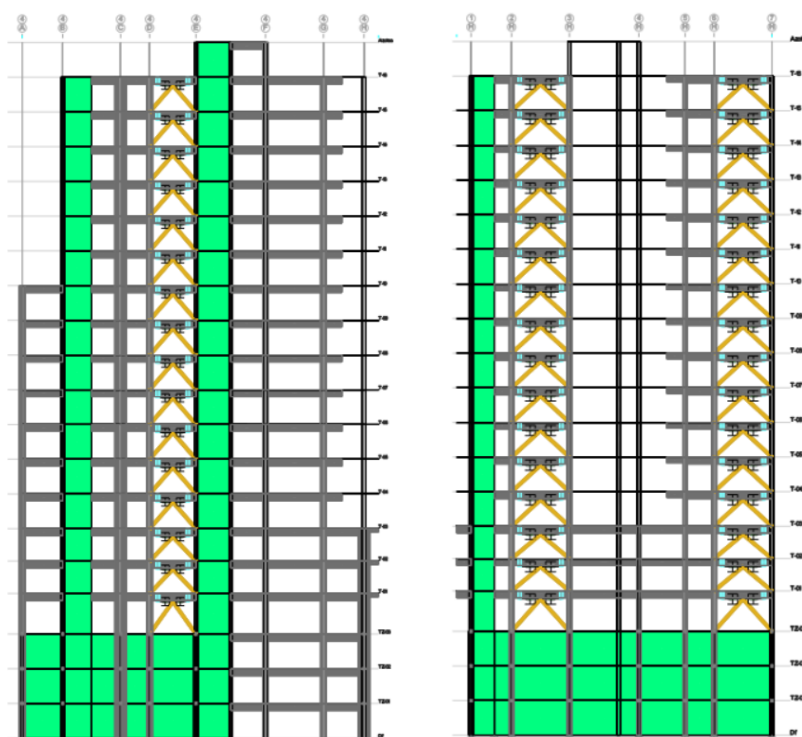
Fuente: Elaboración propia

Para la implementación de los DFVC la norma ASCE 7-10 nos dice que como mínimo debe haber dos dispositivos por cada dirección, la estructura en análisis se consideró tres disipadores por nivel en la dirección X-X y cuatro en dirección Y-Y



**Figura 30.** Vista en planta y perspectiva de la ubicación de DFVC

Fuente: Elaboración propia



**Figura 31.** Vista en elevación y perspectiva de la ubicación de DFVC

Fuente: Elaboración propia

El criterio para su ubicación se da fundamentalmente en los lados laterales de la estructura para controlar mejor las fuerzas laterales que se pueda dar frente a un sismo, también controlar las zonas donde se producen mayores daños frente a una excitación sísmica como en esquinas entrantes. Además, se tuvo en cuenta para su ubicación en las caras de edificación y de esta manera no perjudicar la funcionalidad espacial de la Arquitectura. Posteriormente se realizó un análisis THNL con exponentes de velocidad  $\alpha=0.25$ ,  $\alpha=0.50$  y  $\alpha=0.75$  con su  $\lambda$  correspondiente 3.7, 3.5 y 3.3 en la siguiente tabla se presenta el resumen

**Tabla 22.** Coeficientes de amortiguamiento con  $\alpha$  0.25, 0.5 y 0.75

	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
$\alpha$	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75	0.75
K	33597.2454	33597.2454	33597.2454	33597.2454	33597.2454	33597.2454
C	305.43862	324.69634	604.847639	663.600807	1199.0986	1356.8732

Fuente: Elaboración propia

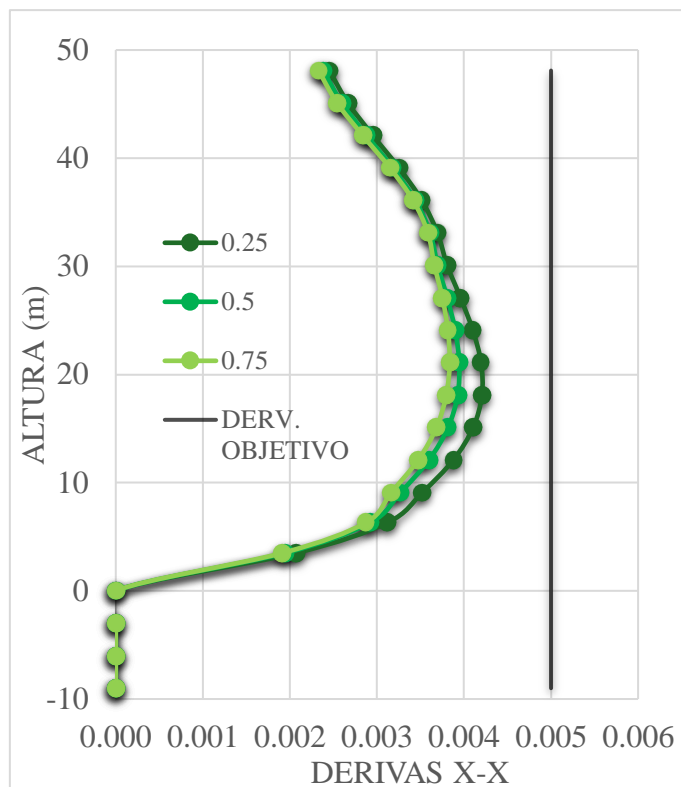
En la tabla anterior podemos observar que a menor coeficiente de velocidad se obtiene un menor amortiguamiento. A continuación, se evaluó la respuesta de la estructura con los coeficientes de velocidad 0.25, 0.50, 0.75

**Tabla 23.** Tabla.24 Derivas con  $\alpha$ : 0.25, 0.5 y 0.75

NIVEL	$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.75$	
	X	Y	X	Y	X	Y
T-16	0.002453	0.002978	0.002384	0.002535	0.002329	0.002328
T-15	0.002668	0.003102	0.002598	0.002635	0.002542	0.002434
T-14	0.002953	0.003215	0.002882	0.002725	0.002837	0.002581
T-13	0.003254	0.003308	0.003182	0.002799	0.003149	0.002742
T-12	0.003515	0.003373	0.003441	0.002925	0.003415	0.002888
T-11	0.003695	0.003406	0.003611	0.003055	0.003585	0.002994
T-10	0.003807	0.003485	0.003698	0.003166	0.00366	0.003101
T-09	0.00396	0.003657	0.003807	0.003336	0.003752	0.003245
T-08	0.004101	0.003846	0.003899	0.003464	0.003815	0.003365
T-07	0.004196	0.003986	0.003945	0.003547	0.003836	0.003437
T-06	0.004206	0.004066	0.003927	0.003603	0.003796	0.003478
T-05	0.004105	0.004067	0.003816	0.003616	0.003684	0.003461
T-04	0.003878	0.003948	0.003598	0.003545	0.003474	0.003371
T-03	0.003522	0.003652	0.003271	0.003313	0.003165	0.003154
T-02	0.00312	0.00327	0.002922	0.002999	0.002872	0.002845
T-01	0.002071	0.002325	0.001951	0.002133	0.001914	0.002021
Max.	<b>0.004206</b>	<b>0.004067</b>	<b>0.003945</b>	<b>0.003616</b>	<b>0.003836</b>	<b>0.003478</b>

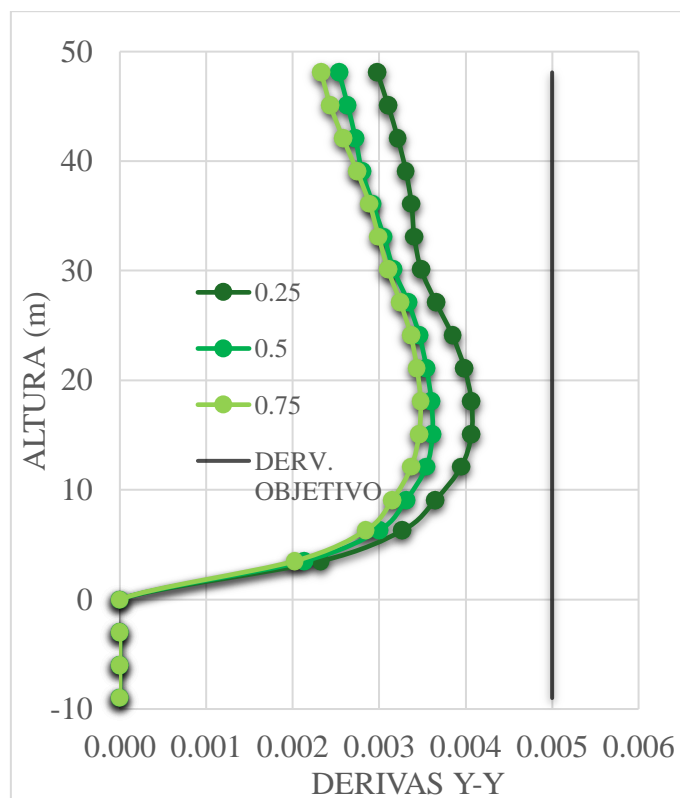
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23 observamos que a mayor  $\alpha$  se obtiene menores derivas



**Figura 32.** Derivas con  $\alpha$  0.25, 0.5, 0.75 dirección X-X

Fuente: Elaboración propia



**Figura 33.** Derivas con  $\alpha$  0.25, 0.5, 0.75 dirección Y-Y

Fuente: Elaboración propia

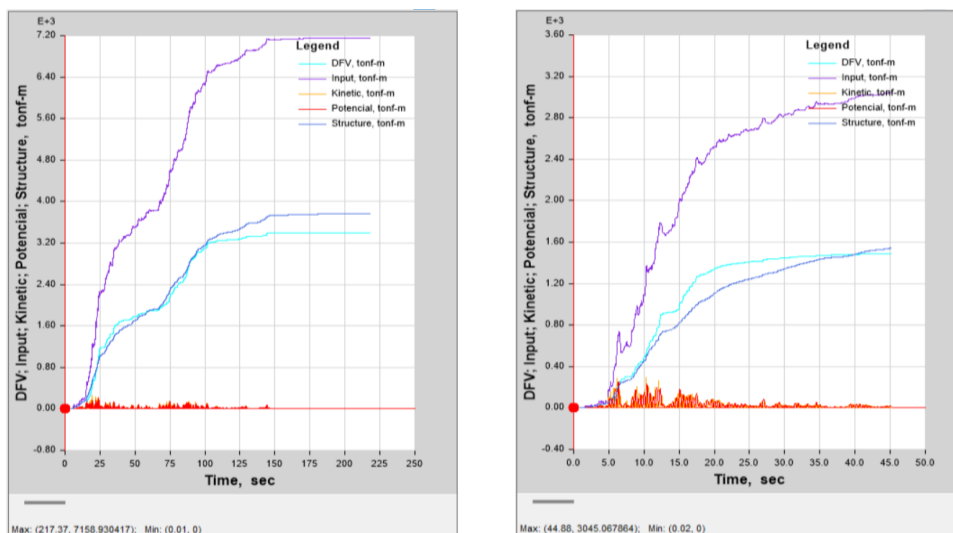
En las Figuras 31 y 32 se evaluó la estructura con coeficiente de velocidad 0.25, 0.5 y 0.75 obteniendo derivas inferiores a la deriva objetivo 0.005 en ambas direcciones. Luego se analizó la estructura con los  $\alpha$  obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 24

**Tabla 24.** Energía disipada con  $\alpha$ : 0.25, 0.5 y 0.75

	$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.50$		$\alpha = 0.75$	
	X	Y	X	Y	X	Y
Impt	7158.93	3045.07	7146.47	2977.85	7167.34	2973.70
DFVC	3392.11	1487.28	4315.35	1824.28	4784.47	2010.67
Estructura	3766.82	1557.78	2831.13	1153.58	2382.86	963.04

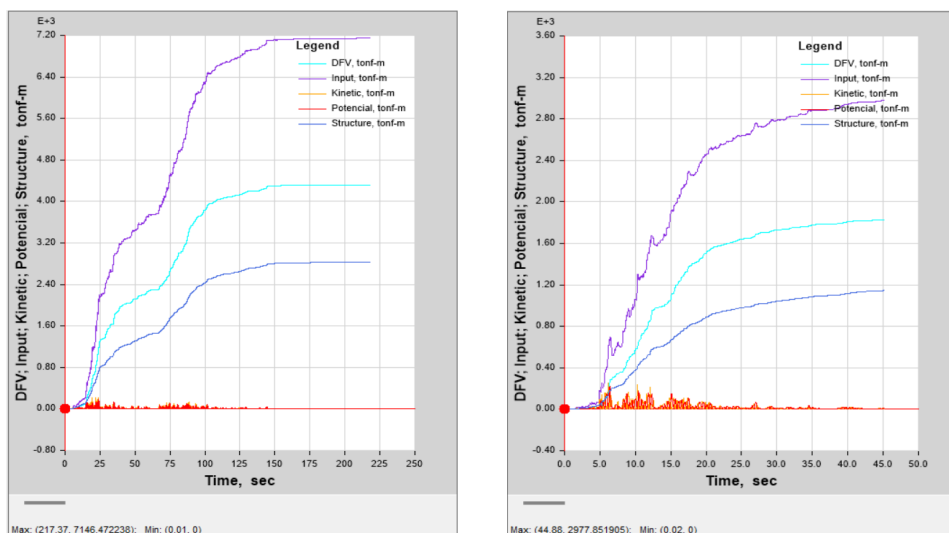
Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 33, 34 y 35 que a continuación se presentan se observa la evaluación de la energía disipada por la estructura y los DFVC que se realizó con cada uno de los  $\alpha$



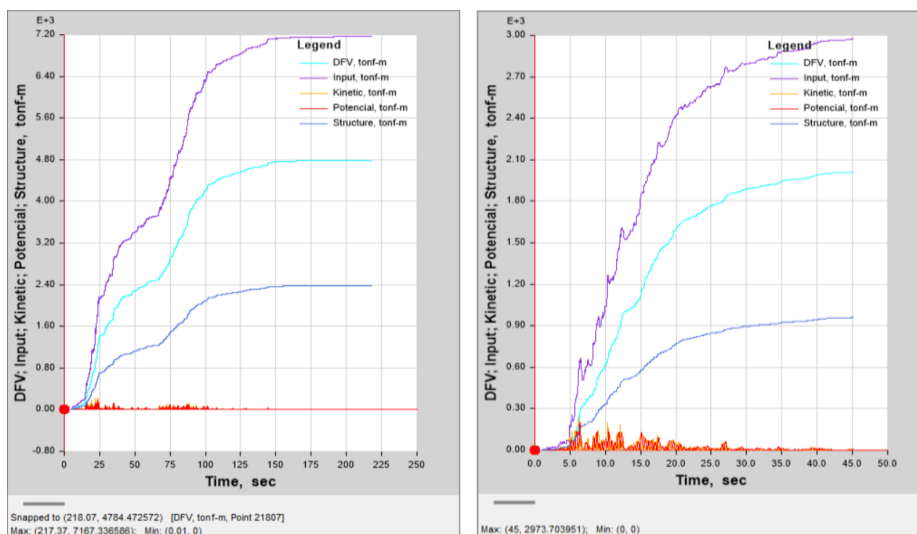
**Figura 34.** Energía disipada con  $\alpha = 0.25$  en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 35.** Energía disipada con  $\alpha = 0.50$  en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36.** Energía disipada con  $\alpha = 0.75$  en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en las figuras de energía disipada, cuando el coeficiente de velocidad es menor disipa menor energía en este caso tomaremos  $\alpha = 0.50$ , donde la energía que disipa los DFVC es mayor al de la estructura y sus derivas son más próximas a la deriva objetivo de 0.005. Posteriormente se calculó el porcentaje de energía que absorbe los DFVC y la estructura con la siguiente relación

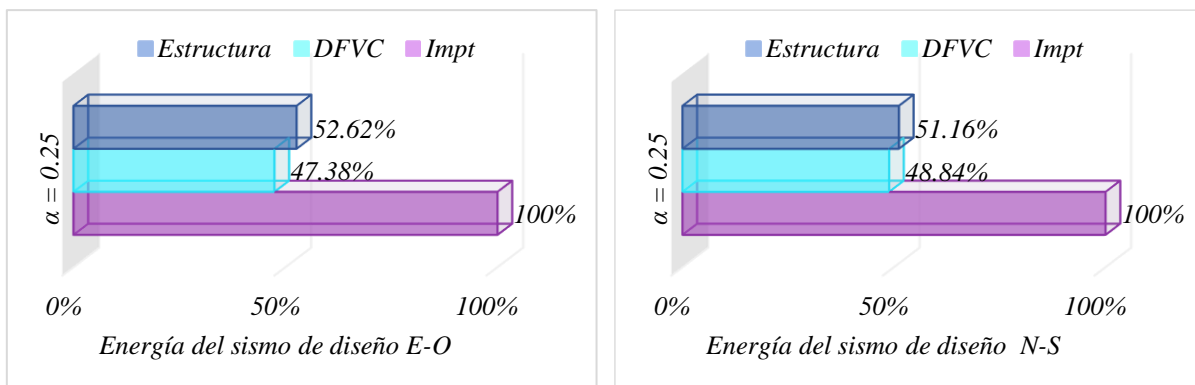
$$\% \text{ energía disipada} = \frac{\text{Energía del sistema estructural}}{\text{Energía de que ingresa}}$$

**Tabla 25.** Porcentaje de energía disipada con  $\alpha$  0.25, 0.5 y 0.75

	$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.50$		$\alpha = 0.75$	
	X	Y	X	Y	X	Y
Impt	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DFVC	47.38%	48.84%	60.38%	61.26%	66.75%	67.61%
Estructura	52.62%	51.16%	39.62%	38.74%	33.25%	32.39%

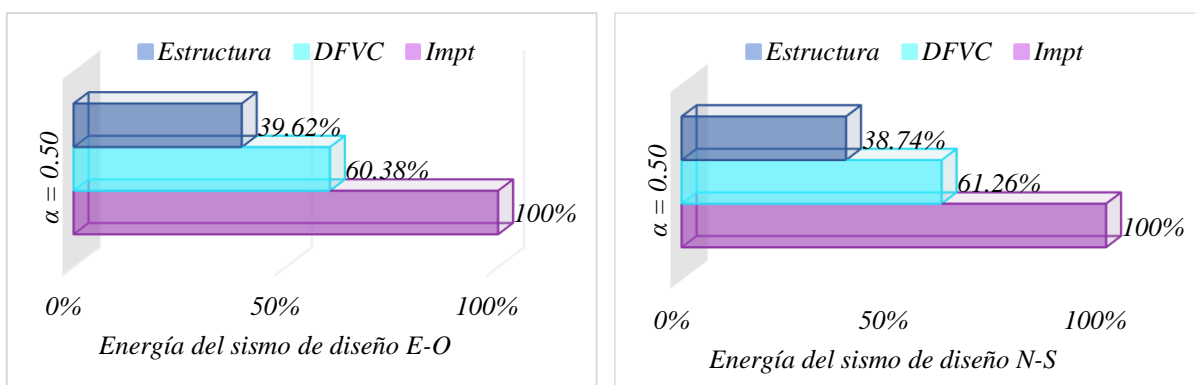
Fuente: Elaboración propia

Los gráficos de las barras que a continuación se muestran se observan los porcentajes de energía disipada por cada sistema de la estructura con coeficientes de velocidad 0.25, 0.50 y 0.75 respectivamente en dirección X-X e Y-Y



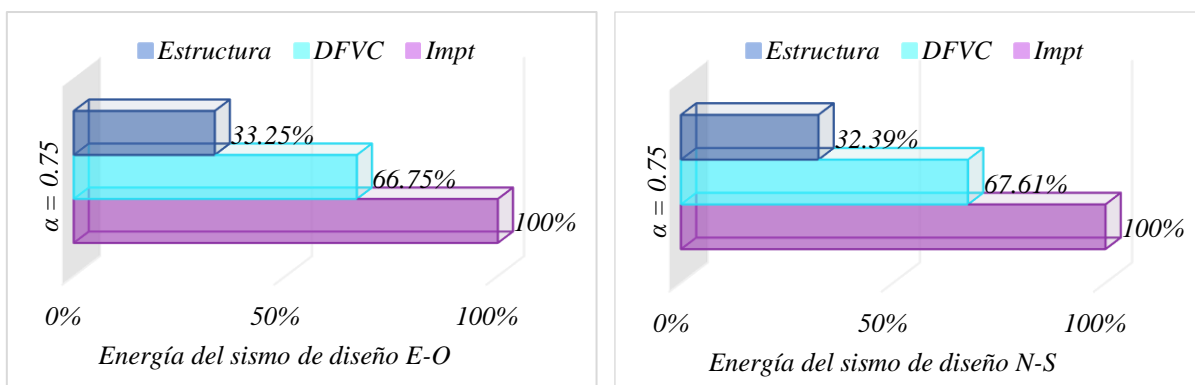
**Figura 37.** Energía disipada con  $\alpha = 0.25$  en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 38.** Energía disipada con  $\alpha = 0.50$  en dirección X-X e Y-Y

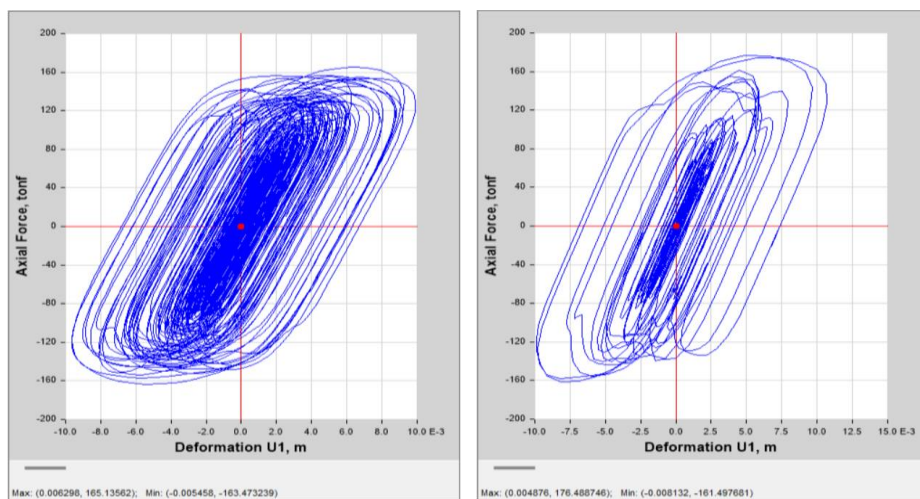
Fuente: Elaboración propia



**Figura 39.** Energía disipada con  $\alpha = 0.75$  en dirección X-X e Y-Y

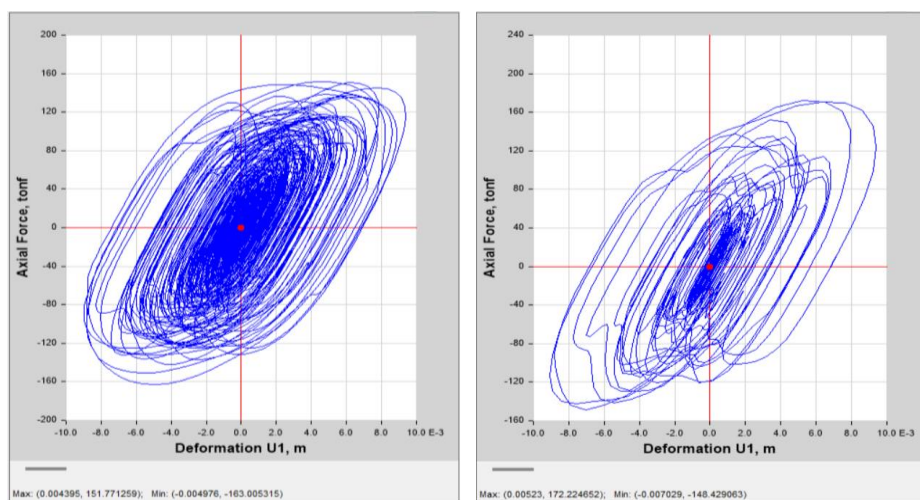
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes Figuras 39, 40 y 41 podemos observar el comportamiento histerético de los DFVC con los  $\alpha$ : 0.25, 0.50 y 0.75 en el nivel T-04, K60 en dirección X-X y K124 en dirección Y-Y



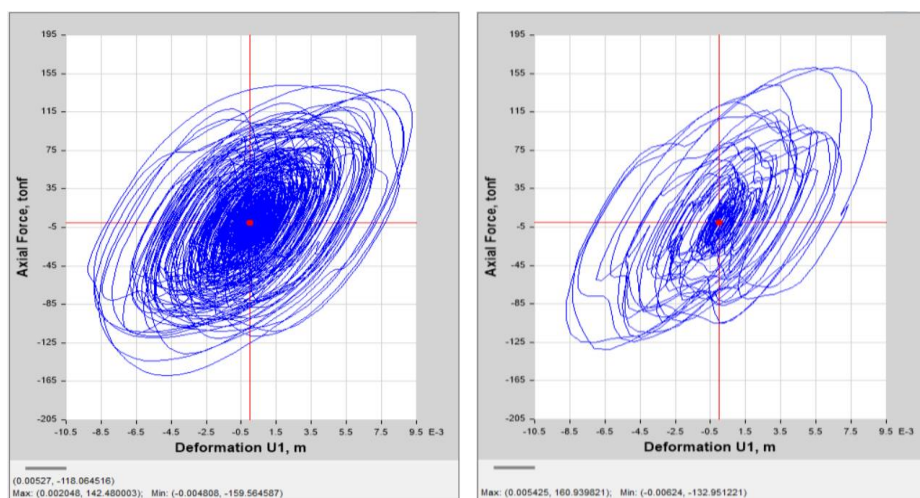
**Figura 40.** Histéresis con  $\alpha = 0.25$  de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 41.** Histéresis con  $\alpha = 0.50$  de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 42.** Histéresis con  $\alpha = 0.75$  de K-60 -K124 en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia

## Resultados y discusión

### Resultados de estudio de suelos

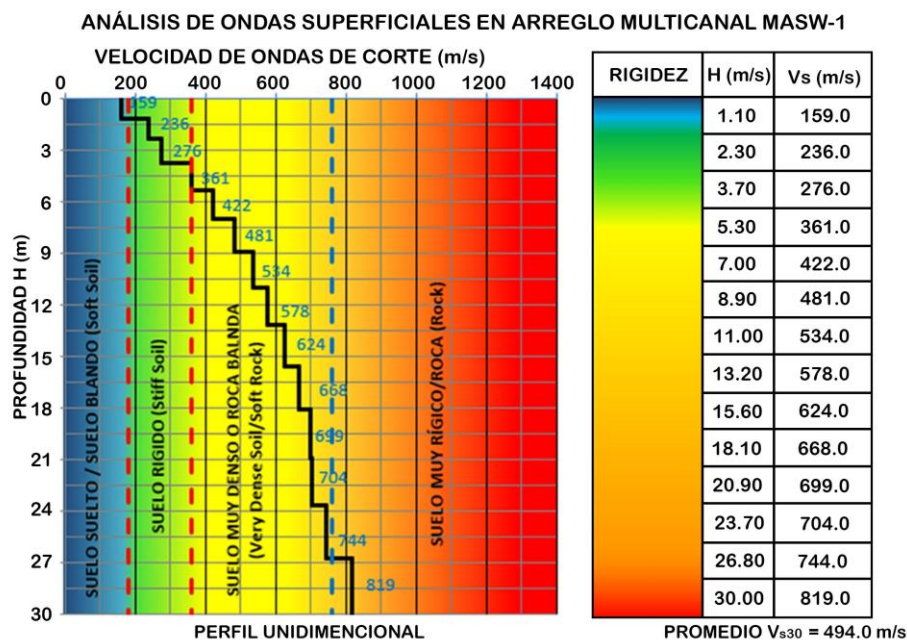
Según el EMS a través del ensayo SPT se exploró 4 puntos a una profundidad de 4.8 m, 5.45 m, 5.35 m, 5.00 m. La clasificación SUCS del suelo en estudio fue de SC, ML y CL. Durante el trabajo de campo se encontró el nivel freático a una profundidad de 2.60 m. Las capacidades portantes por cada punto de exploración se pueden ver en el anexo de estudio de suelos SPT. El área de estudio está ubicada dentro de una zona de alta sismicidad. La clasificación fue un tipo de suelo S3 (suelo blanco) según la norma E.030

**Tabla 26.** Parámetros sísmicos (ensayo SPT)

FACTOR	VALOR	DESCRIPCIÓN
Z	0.45	Zona 4
U	1.00	Cat. Edif. C
S	1.10	S3
$T_p$	1.00	E.030
$T_L$	1.60	E.030

Fuente: Norma E.030

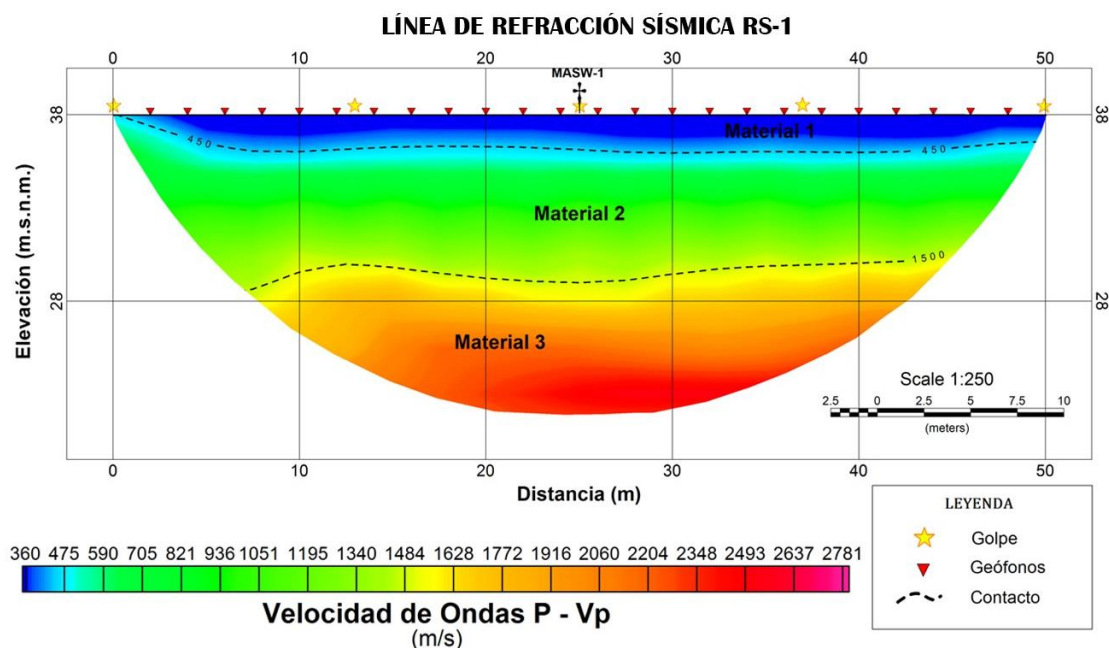
A través de los ensayos geofísicos MASW-1 y RS-1 se hizo la caracterización sísmica del tipo suelo en función de los perfiles unidimensionales de ondas de corte y sus velocidades promedio a una profundidad de 30 m. Los resultados obtenidos con MASW-1 una velocidad  $V_s$  igual a 494.0 m/s que corresponde a un S2 (suelo intermedio).



**Figura 43.** Clasificación del sitio MASW-1

Fuente: Ensayo de MASW-1

Los resultados del ensayo para la línea RS-1 el perfil del suelo presenta un espesor variable de 17 m. a 30 m, El primer estrato podría estar asociado a Suelo Blando a medianamente denso, compuesto por material orgánico, arenas y limos, con velocidades de onda P ( $V_p$ ) de 300 m/s a 450 m/s, El segundo estrato podría corresponder a Suelo granular denso, compuesto por arcillas y arenas más compactas, con velocidades de onda P de 450 m/s a 1500 m/s y este estrato posee un espesor variable de 5.6 m a 7.8 m. El tercer estrato podría corresponder a Suelo granular muy denso o Roca blanda, con velocidades de onda P de 1500 m/s a 2500 m/s y este estrato posee un espesor variable de 7.1 m a indeterminado.



**Figura 44.** Clasificación del sitio RS-1

Fuente: Ensayo de RS-1

Como se ha obtenido un promedio de ondas de corte de 494.00 a una profundidad de 30 m por lo tanto, para el análisis sísmico del edificio de gran altura se tomarán los parámetros de los ensayos geofísicos obtenidos del área de estudio siguientes

**Tabla 27.** Parámetros sísmicos (MASW-1)

FACTOR	VALOR	DESCRIPCIÓN
Z	0.45	Zona 4
U	1.00	Cat. Edif. C
S	1.05	S2
$T_p$	0.6	E.030
$T_L$	2.5	E.030

Fuente: Norma E.030

En la siguiente tabla se muestran las condiciones elásticas del suelo por cada metro de profundidad que nos servirán para realizar el diseño de la cimentación del edificio en estudio

**Tabla 28.** Condiciones elásticas del suelo de estudio

Prof (m) De- Hasta		Vs	Vp	$\rho$	Poisson ( $\mu$ )	Módulo Corte (Gmax)	Módulo Young (E)	Módulo Bulk (K)	Carga Portante
		(m/s)	(m/s)	(Tn/m <sup>3</sup> )	(Poisson)	(Tn/m <sup>2</sup> )	(Tn/m <sup>2</sup> )	(Tn/m <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	1.0	159	384	1.31	0.40	3388	9463	15243	0.73
1.0	2.0	236	500	1.40	0.36	7973	21633	25157	1.10
2.0	3.0	244	630	1.49	0.41	9029	25495	48156	1.15
3.0	4.0	276	757	1.56	0.42	12096	34433	74866	1.32
4.0	5.0	361	1050	1.69	0.43	22457	64362	160044	1.79
5.0	6.0	391	1173	1.74	0.44	27085	77869	207650	1.96
6.0	7.0	422	1295	1.78	0.44	32340	93178	261427	2.14
7.0	8.0	452	1390	1.81	0.44	37764	108827	306782	2.32
8.0	9.0	481	1485	1.84	0.44	43478	125338	356441	2.49
9.0	10.0	507	1655	1.89	0.45	49632	143756	462687	2.67
10.0	11.0	534	1825	1.94	0.45	56422	163982	583776	2.86
11.0	12.0	556	2047	2.00	0.46	62947	183828	769293	3.04
12.0	13.0	578	2270	2.05	0.47	69809	204586	983649	3.22
13.0	14.0	593	2363	2.07	0.47	74220	217673	1079570	3.34
14.0	15.0	608	2456	2.09	0.47	78779	231195	1180429	3.45
15.0	16.0	624	2550	2.11	0.47	83763	245953	1287139	3.57
16.0	17.0	646	2587	2.12	0.47	90097	264300	1324776	3.71
17.0	18.0	668	2620	2.12	0.47	96644	283213	1357848	3.85
18.0	19.0	679	2645	2.13	0.46	100091	293211	1385362	3.92
19.0	20.0	690	2670	2.13	0.46	103603	303396	1413169	3.99
20.0	21.0	699	2694	2.14	0.46	106562	311993	1440776	4.05
21.0	22.0	701	2707	2.14	0.46	107301	314192	1457027	4.07
22.0	23.0	703	2720	2.14	0.46	108044	316398	1473379	4.09
23.0	24.0	704	2734	2.15	0.46	108491	317768	1491575	4.10
24.0	25.0	744	2799	2.16	0.46	121883	356383	1562548	4.35
25.0	26.0	819	2863	2.17	0.46	148532	432359	1617036	4.82

Fuente: Elaboración Propia

### Resultados del Análisis dinámico modal espectral estructura convencional

Los periodos y modos de vibración se muestran en la siguiente tabla. Para el ADME se consideraron tres modos de vibración por nivel dando un total de 48 modos. La norma E.030 establece estos tengan un mínimo de 90% de masa participativa

**Tabla 29.** Periodo y modos de vibración EC

<b>MODOS</b>	<b>T(seg)</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>RZ</b>
1	1.046	5.68%	<b>64.33%</b>	2.66%
2	0.96	<b>63.19%</b>	3.52%	5.78%
3	0.837	3.76%	4.67%	<b>62.12%</b>

Fuente: Elaboración Propia

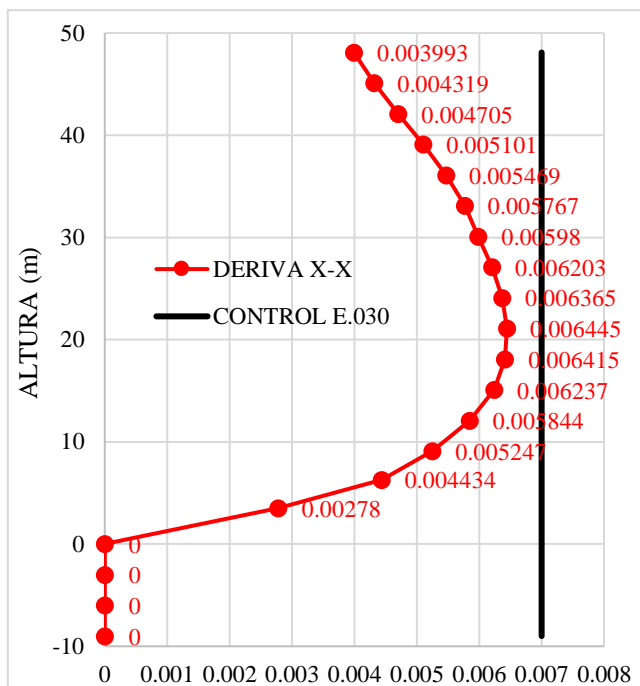
En las siguientes tablas se presentan las ratios tanto en dirección X-X e Y-Y

**Tabla 30.** Story Max Over Avg Drifts

<b>NIVEL</b>	<b>DIR. X-X</b>	<b>DIR. Y-Y</b>
T-16	1.258	<b>1.304</b>
T-15	1.26	<b>1.302</b>
T-14	1.263	1.299
T-13	1.265	1.298
T-12	1.265	1.298
T-11	1.265	<b>1.3</b>
T-10	1.262	<b>1.304</b>
T-09	1.263	<b>1.303</b>
T-08	1.265	<b>1.301</b>
T-07	1.267	1.298
T-06	1.27	1.293
T-05	1.273	1.287
T-04	1.278	1.279
T-03	1.291	1.274
T-02	1.293	1.262
T-01	<b>1.301</b>	1.246

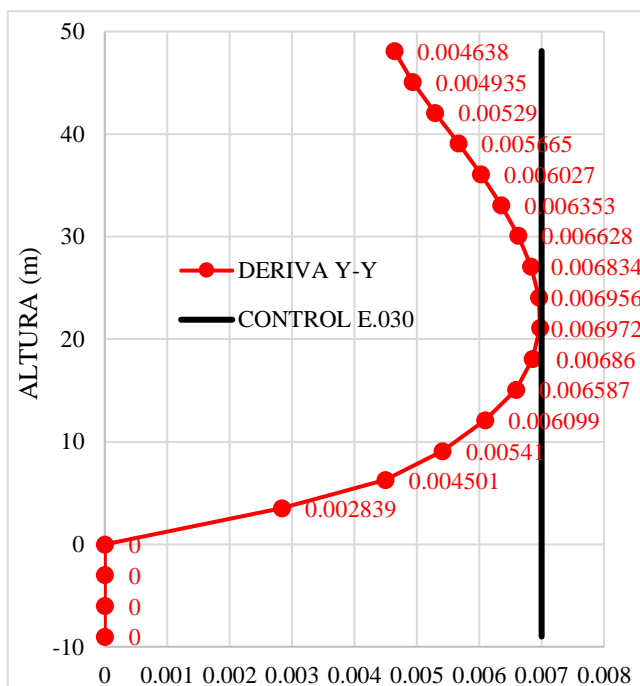
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 30 anterior se verifico la irregularidad en planta por torsión, se obtuvo una ratio mayor a 1.3 pero menor a 1.5 en ambas direcciones X-X como en Y-Y por lo cual la estructura presento una irregularidad torsional y se castigó por un factor de 0.75.



**Figura 45.** Deriva en dirección X-X de la estructura convencional

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 46.** Deriva en dirección Y-Y de la estructura convencional

Fuente: Elaboración Propia

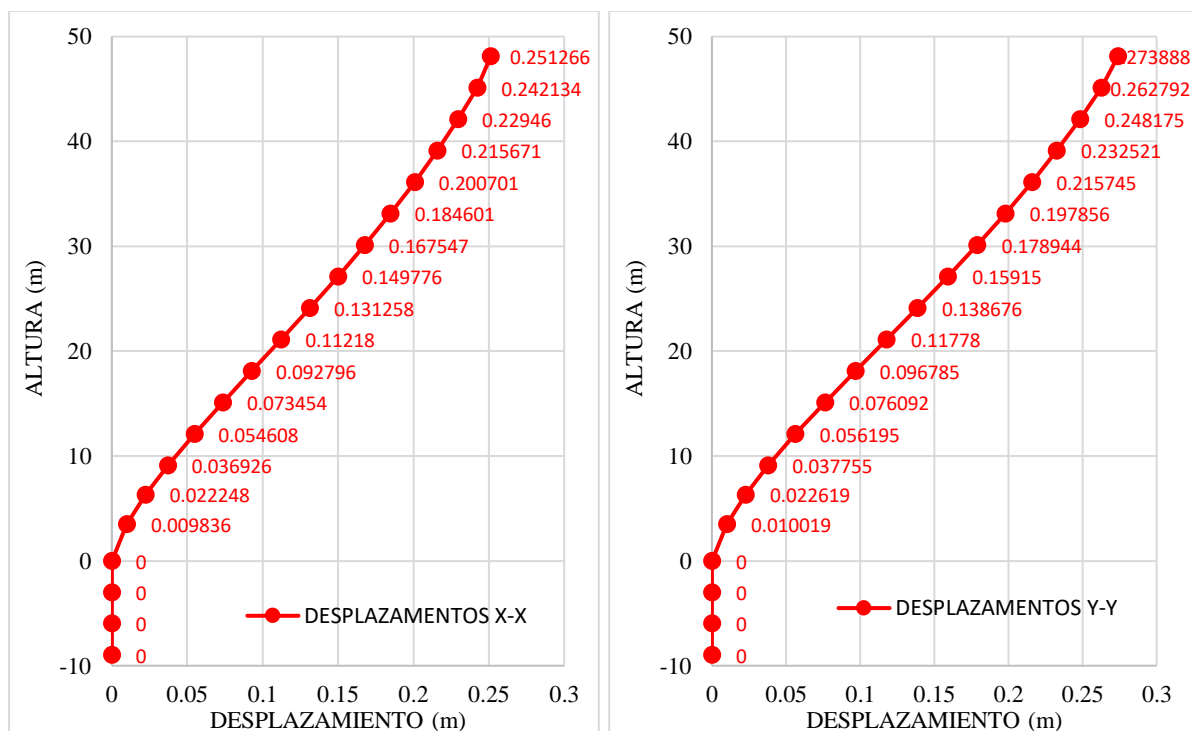
Observamos en las Figuras 45 y 46 los resultados de las derivas máximas en la dirección X-X de 0.006445 y para la dirección Y-Y de 0.006972. Por tanto, se verifica que es menor de 0.007 a lo establecido por la norma E.030

**Tabla 31.** Desplazamientos máximos por nivel (X-X e Y-Y)

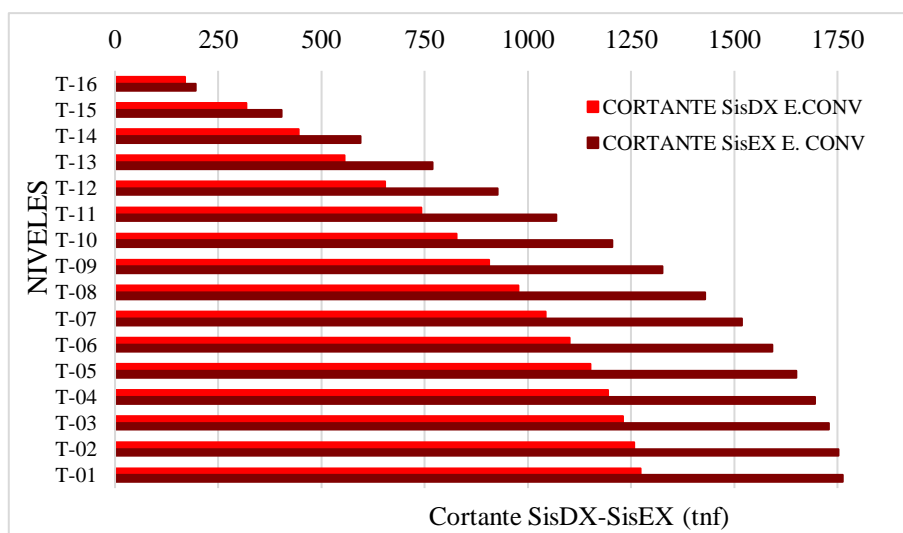
NIVEL	ALTURA	DIR. X-X	DIR. Y-Y
T-16	48.1	0.251266	0.273888
T-15	45.1	0.242134	0.262792
T-14	42.1	0.22946	0.248175
T-13	39.1	0.215671	0.232521
T-12	36.1	0.200701	0.215745
T-11	33.1	0.184601	0.197856
T-10	30.1	0.167547	0.178944
T-09	27.1	0.149776	0.15915
T-08	24.1	0.131258	0.138676
T-07	21.1	0.11218	0.11778
T-06	18.1	0.092796	0.096785
T-05	15.1	0.073454	0.076092
T-04	12.1	0.054608	0.056195
T-03	9.1	0.036926	0.037755
T-02	6.3	0.022248	0.022619
T-01	3.5	0.009836	0.010019
TZ-03	0	0	0
TZ-02	-3	0	0
TZ-01	-6	0	0
Df	-9	0	0

Fuente: Elaboración Propia

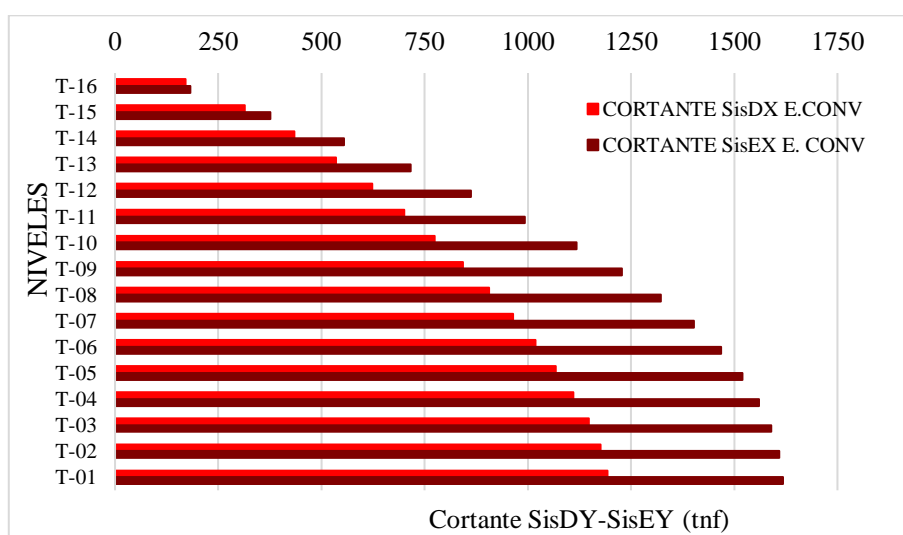
En Tabla 31 se observa los desplazamientos por nivel, el máximo en dirección X-X es de 0.251266 m y en la dirección Y-Y es de 0.273888 m ambos en el nivel 16

**Figura 47.** Desplazamientos máximos por nivel en dirección X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 48.** Cortantes SisEX - SDX E. CONV por nivel  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 49.** Cortantes SEY - SDY E. CONV por nivel  
Fuente: Elaboración Propia

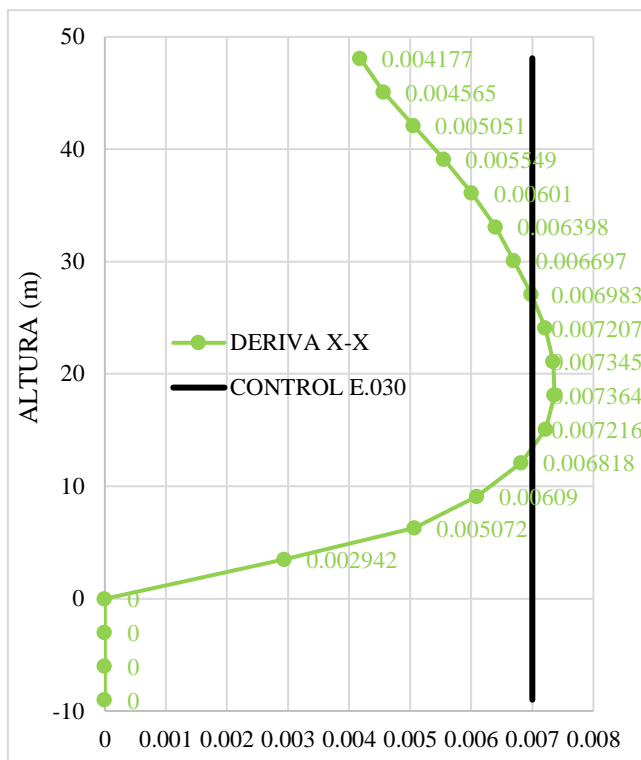
### Resultados del ADME estructura convencional (flexible)

Los periodos y modos de vibración se muestran en la siguiente tabla. Para el ADME se consideraron tres modos de vibración por nivel dando un total de 48 modos. La norma E.030 establece estos tengan un mínimo de 90% de masa participativa

**Tabla 32.** Periodo y modos de vibración estructura flexible

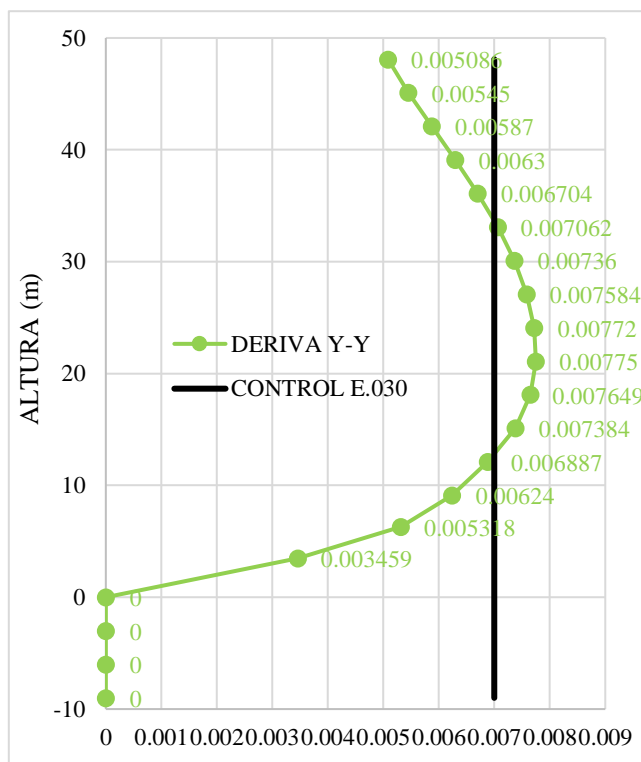
MODOS	T(seg)	UX	UY	RZ
1	1.173	2.46%	<b>66.29%</b>	4.20%
2	1.036	<b>63.68%</b>	4.39%	5.34%
3	0.941	7.62%	2.05%	<b>62.29%</b>

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 50.** Deriva en dirección X-X de la E SIN DFV

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 51.** Deriva en dirección Y-Y de la E. SIN DFV

Fuente: Elaboración Propia

Observamos en las Figuras 49 y 50 los resultados de las derivas máximas en la dirección X-X de 0.007364 y para la dirección Y-Y de 0.00775. Por tanto, se verifica que es mayor de 0.007 a lo establecido por la norma E.030. Siendo una opción la implantación de DFVC para que cumpla con los parámetros establecidos por la norma mencionada

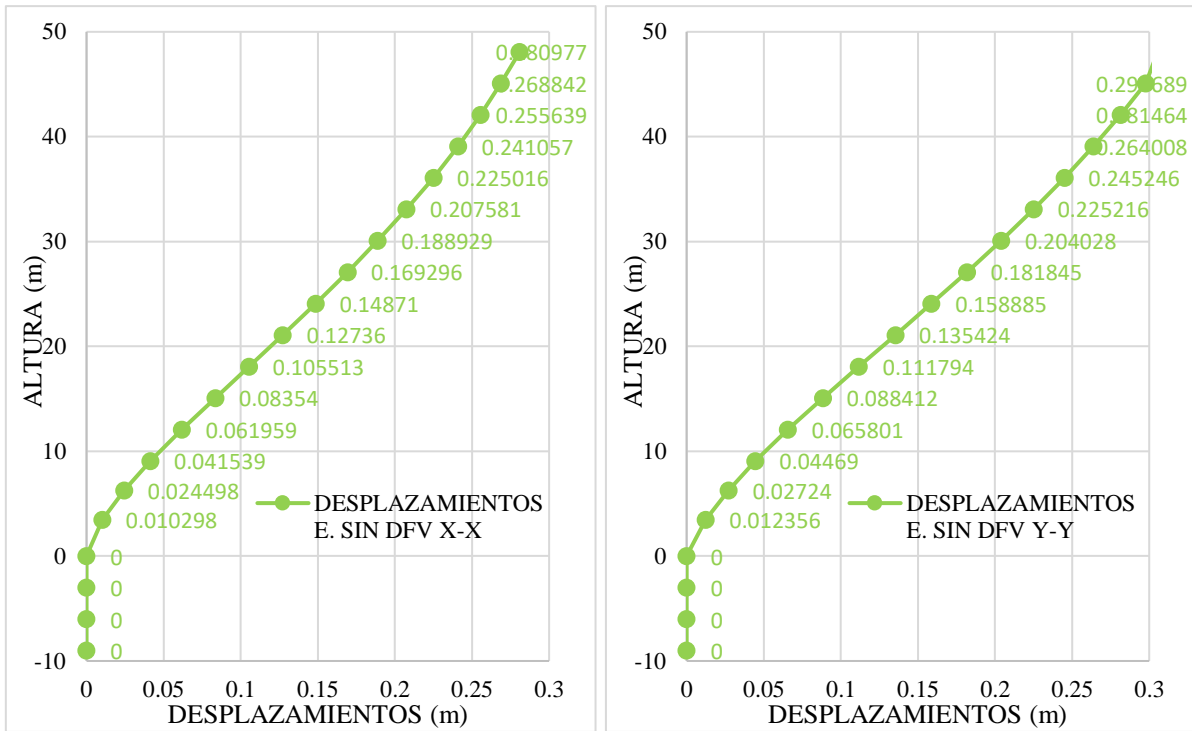
**Tabla 33.** Desplazamientos máximos por nivel E. sin DFV

NIVEL	ALTURA	DIR. X-X	DIR. Y-Y
T-16	48.1	0.280977	0.305558
T-15	45.1	0.268842	0.297689
T-14	42.1	0.255639	0.281464
T-13	39.1	0.241057	0.264008
T-12	36.1	0.225016	0.245246
T-11	33.1	0.207581	0.225216
T-10	30.1	0.188929	0.204028
T-09	27.1	0.169296	0.181845
T-08	24.1	0.14871	0.158885
T-07	21.1	0.12736	0.135424
T-06	18.1	0.105513	0.111794
T-05	15.1	0.08354	0.088412
T-04	12.1	0.061959	0.065801
T-03	9.1	0.041539	0.04469
T-02	6.3	0.024498	0.02724
T-01	3.5	0.010298	0.012356
TZ-03	0	0	0
TZ-02	-3	0	0
TZ-01	-6	0	0
Df	-9	0	0

Fuente: Elaboración Propia

En Tabla 33 se observa los desplazamientos por nivel de la estructura sin disipadores de fluido viscoso, el máximo desplazamiento en la dirección X-X es de 0.280977 m y en la dirección Y-Y es de 0.305558 m ambos en el nivel 16

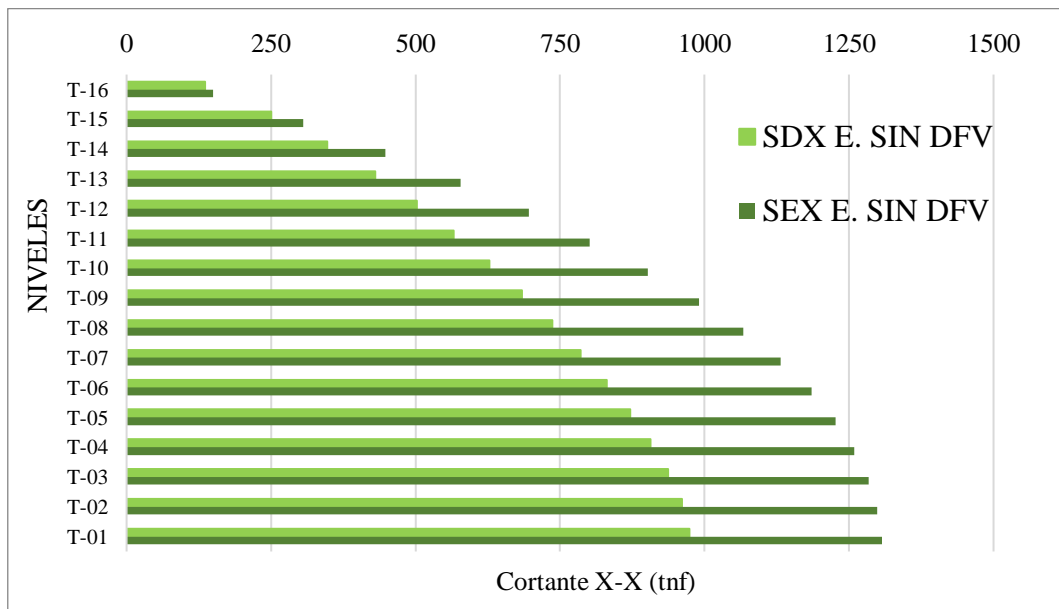
En las siguientes Figuras 51 y 52 se muestran los desplazamientos por cada nivel de la E. SIN DFV



**Figura 52.**Desplazamientos máximos por nivel E. SIN DFV en dirección X-X e Y-Y

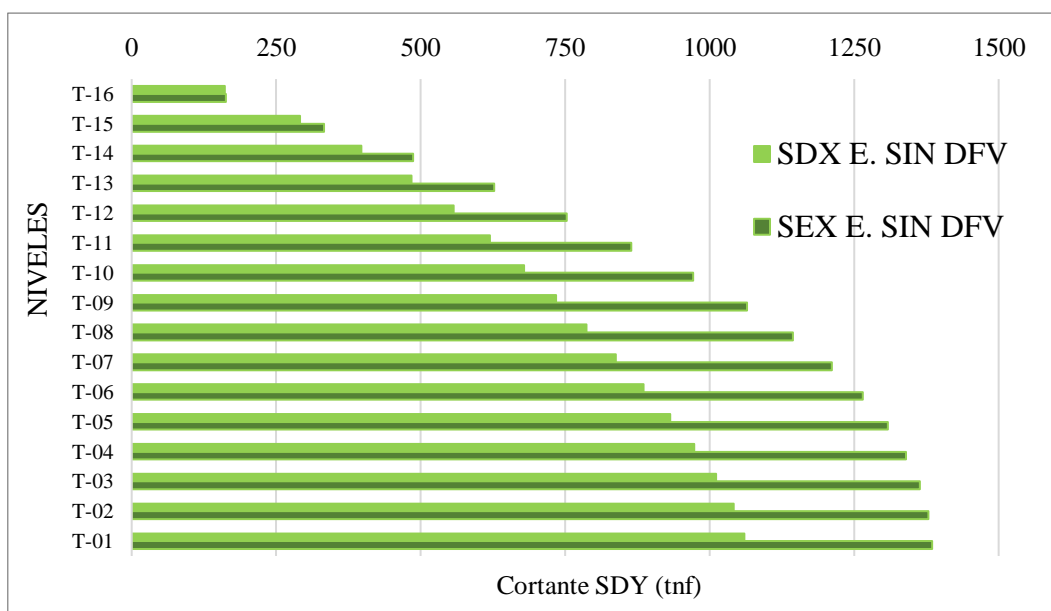
Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras 53 y 54 se presentan las cortantes estática y dinámica de la E. SIN DFV por cada nivel



**Figura 53.** Cortantes E. sin DFV por nivel en dirección X-X

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 54.** Cortantes E. sin DFV por nivel en dirección Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

### Resultados la estructura implementada con DFVC

Los periodos y modos de vibración se muestran en la siguiente tabla. Se observa que los periodos no varían significativamente en comparación con la estructura sin disipadores, por lo que los DFVC no agregan rigidez a la estructura sino amortiguamiento

**Tabla 34.** Periodo y modos de vibración estructura flexible

MODOS	T(seg)	UX	UY	RZ
1	1.171	2.13%	<b>66.90%</b>	3.81%
2	1.034	<b>65.37%</b>	3.66%	4.35%
3	0.938	6.13%	2.05%	<b>63.69%</b>

Fuente: Elaboración Propia

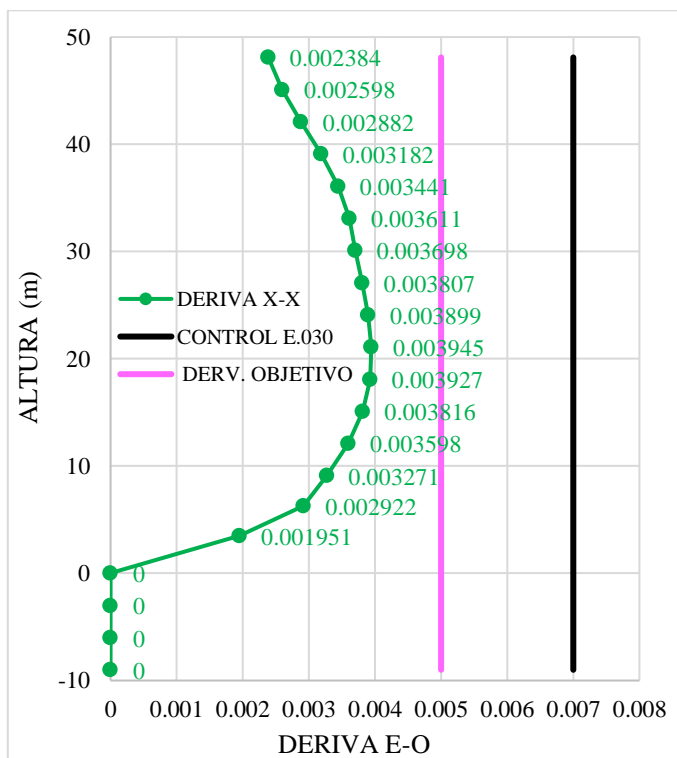
**Tabla 35.** Derivas de la E. con DFVC

NIVEL	ALTURA	DIR. X-X	DIR. Y-Y
T-16	48.1	0.002384	0.002535
T-15	45.1	0.002598	0.002635
T-14	42.1	0.002882	0.002725
T-13	39.1	0.003182	0.002799
T-12	36.1	0.003441	0.002925
T-11	33.1	0.003611	0.003055
T-10	30.1	0.003698	0.003166
T-09	27.1	0.003807	0.003336

T-08	24.1	0.003899	0.003464
T-07	21.1	<b>0.003945</b>	0.003547
T-06	18.1	0.003927	0.003603
T-05	15.1	0.003816	<b>0.003616</b>
T-04	12.1	0.003598	0.003545
T-03	9.1	0.003271	0.003313
T-02	6.3	0.002922	0.002999
T-01	3.5	0.001951	0.002133
TZ-03	0	0	0
TZ-02	-3	0	0
TZ-01	-6	0	0
Df	-9	0	0

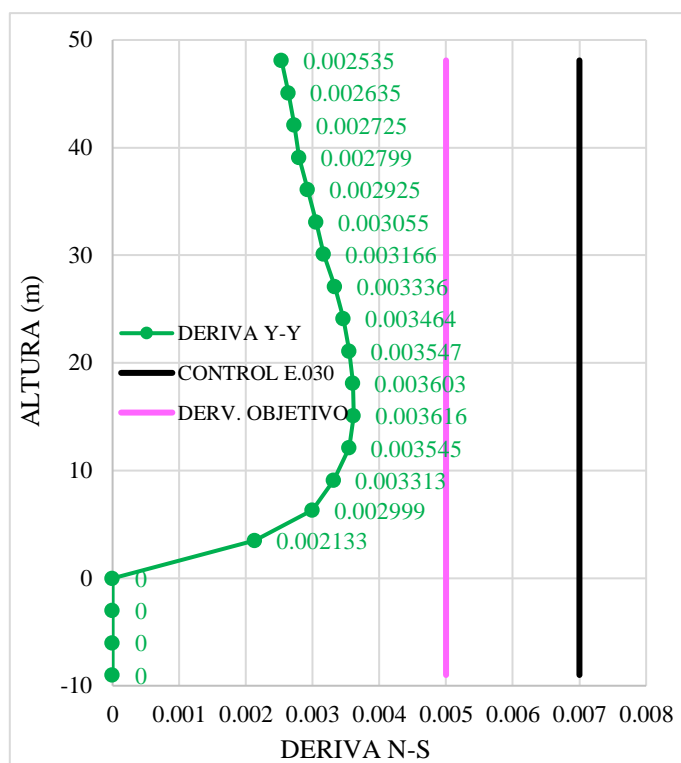
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 35 se puede observar las derivas máximas en ambas direcciones X-X e Y-Y de la estructura implementada con DFVC



**Figura 55.** Derivas E. con DFVC en dirección E-O

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 56.** Derivas E. con DFVC en dirección N-S

Fuente: Elaboración Propia

Observamos en las Figuras 54 y 55 los resultados de las derivas máximas en la dirección E-O de 0.003945 y para la dirección N-S de 0.003616. Por tanto, se verifica que es inferior de 0.007 a lo establecido por la norma E.030 y también inferior a la deriva objetivo 0.005.

**Tabla 36.** Desplazamientos máximos por nivel E. con DFVC

NIVEL	ALTURA	DIR. X-X	DIR. Y-Y
T-16	48.1	0.280977	0.305558
T-15	45.1	0.268842	0.297689
T-14	42.1	0.255639	0.281464
T-13	39.1	0.241057	0.264008
T-12	36.1	0.225016	0.245246
T-11	33.1	0.207581	0.225216
T-10	30.1	0.188929	0.204028
T-09	27.1	0.169296	0.181845
T-08	24.1	0.14871	0.158885
T-07	21.1	0.12736	0.135424
T-06	18.1	0.105513	0.111794

T-05	15.1	0.08354	0.088412
T-04	12.1	0.061959	0.065801
T-03	9.1	0.041539	0.04469
T-02	6.3	0.024498	0.02724
T-01	3.5	0.010298	0.012356
TZ-03	0	0	0
TZ-02	-3	0	0
TZ-01	-6	0	0
Df	-9	0	0

Fuente: Elaboración Propia

En Tabla 36 se observa los desplazamientos por nivel, el máximo en dirección X-X es de 0.280977 m y en la dirección Y-Y es de 0.305558 m ambos en el nivel 16

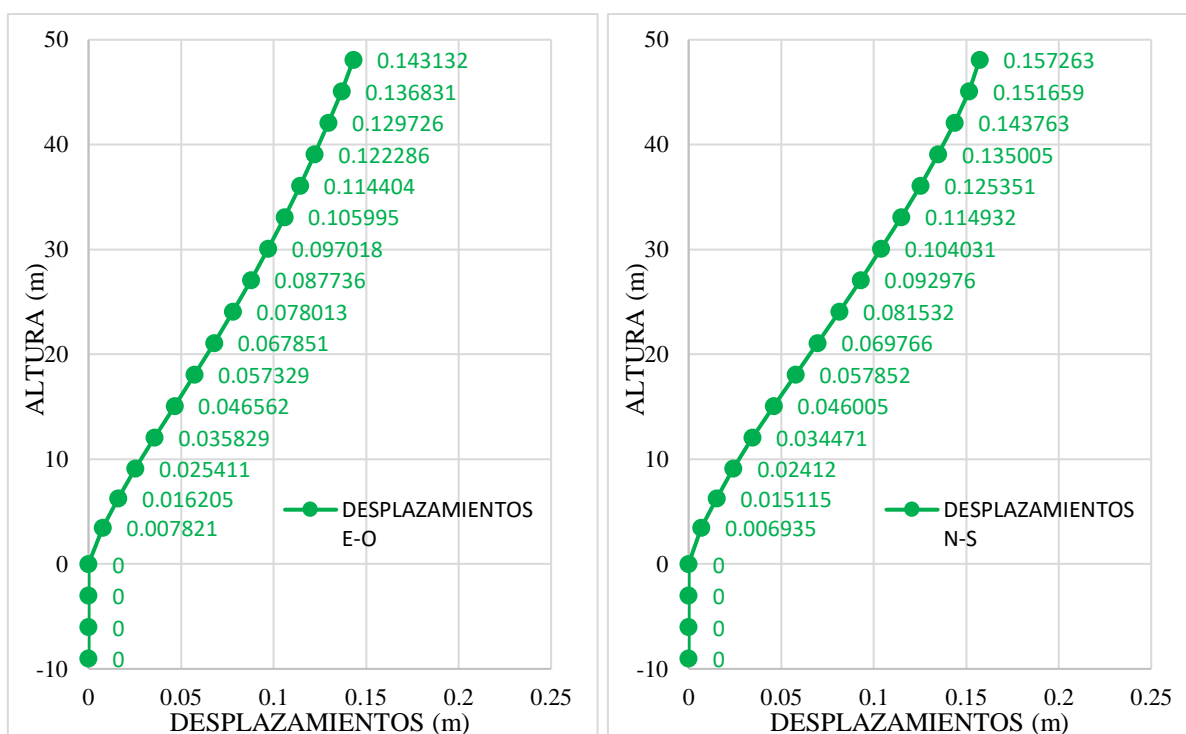
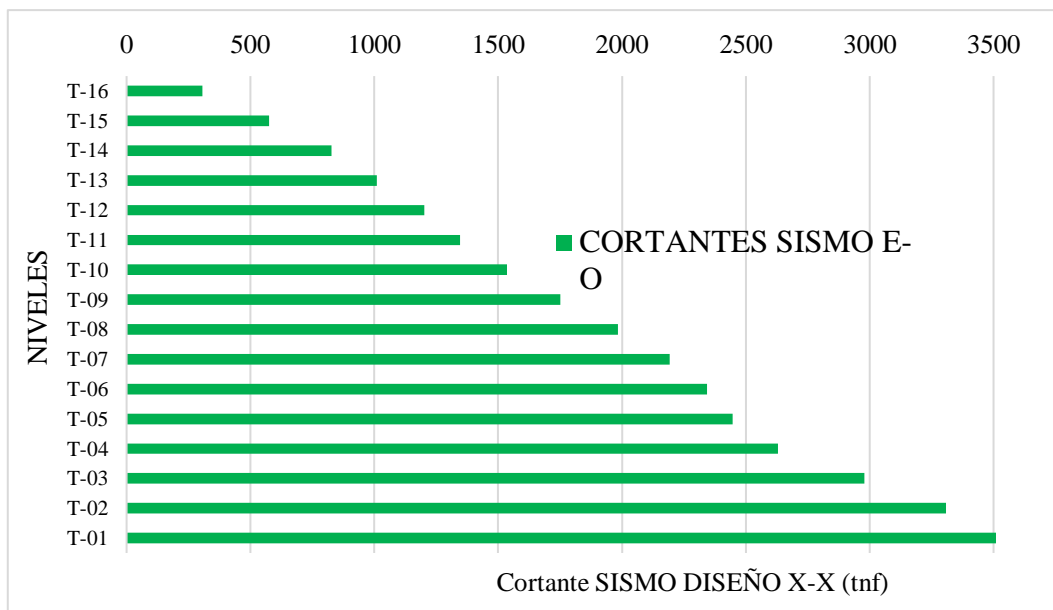


Figura 57.Desplazamientos máximos por nivel E. con DFV en dirección X-X e Y-Y

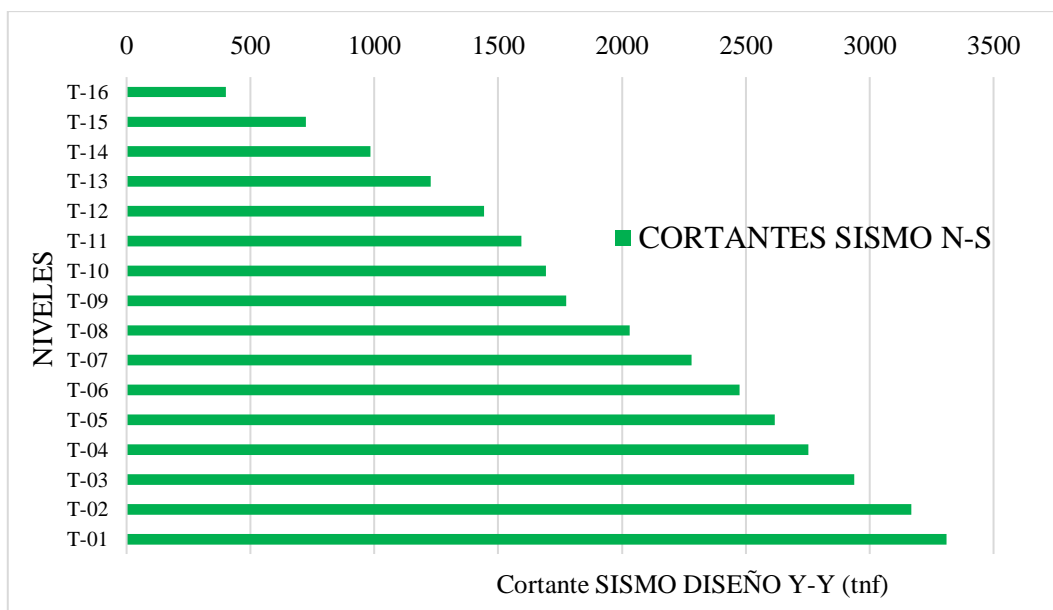
Fuente: Elaboración Propia

En las Figura 57 se muestran las cortantes dinámicas por nivel en ambas direcciones



**Figura 58.** Cortantes E. CON DFVC por nivel en dirección E-O

Fuente: Elaboración Propia



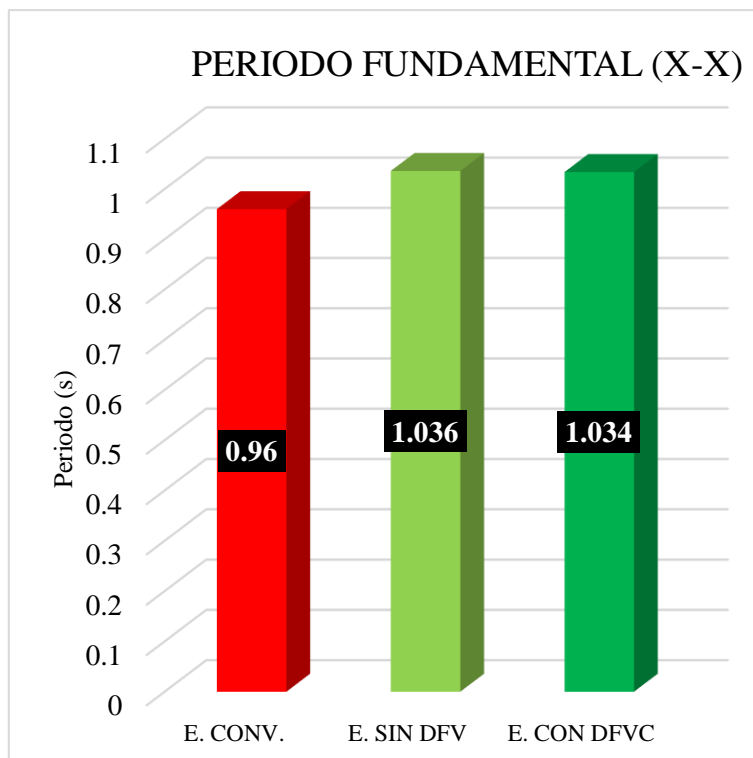
**Figura 59.** Cortantes máximas E. CON DFVC por nivel en dirección N-S

Fuente: Elaboración Propia

**Análisis comparativo de los resultados**

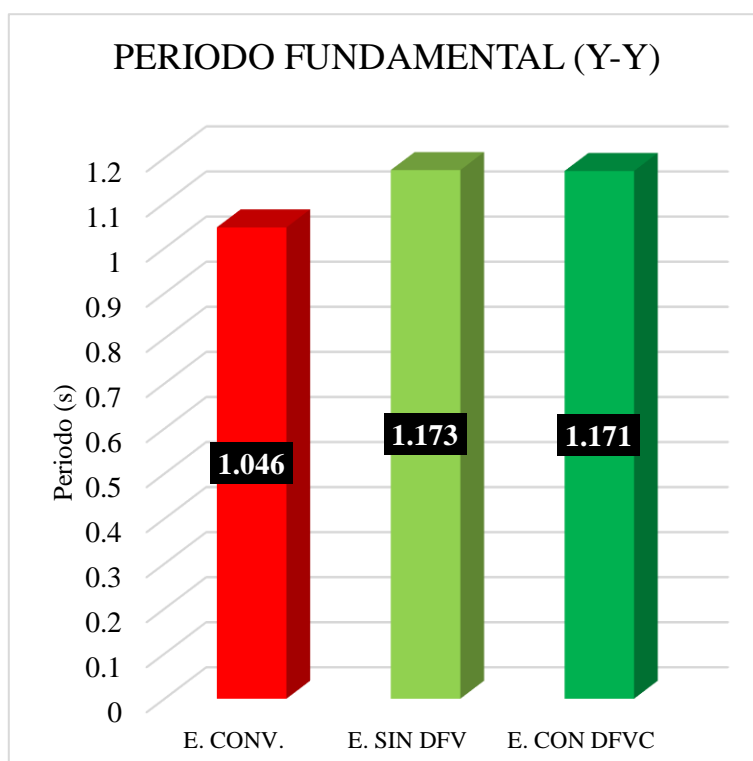
Los resultados obtenidos mediante el análisis sísmico entre los sistemas de estructura convencional, sin DFV y con DFVC se presentan a continuación.

En las Figuras 60 y 61 siguientes se observa la comparación del periodo fundamental para cada estructura para la dirección X-X e Y-Y



**Figura 60.** Comparación del periodo fundamental X-X

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 61.** Comparación del periodo fundamental Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo un incremento de periodo fundamental entre la E. CONV y la E. SIN DFV de 7.34% y 10.83% y se redujo el periodo fundamental de la E. CON DFVC respecto de la E. SIN DVF en 0.19% y 0.17% en dirección X-X e Y-Y respectivamente.

**Tabla 37.** Comparación de ratios en X-X e Y-Y

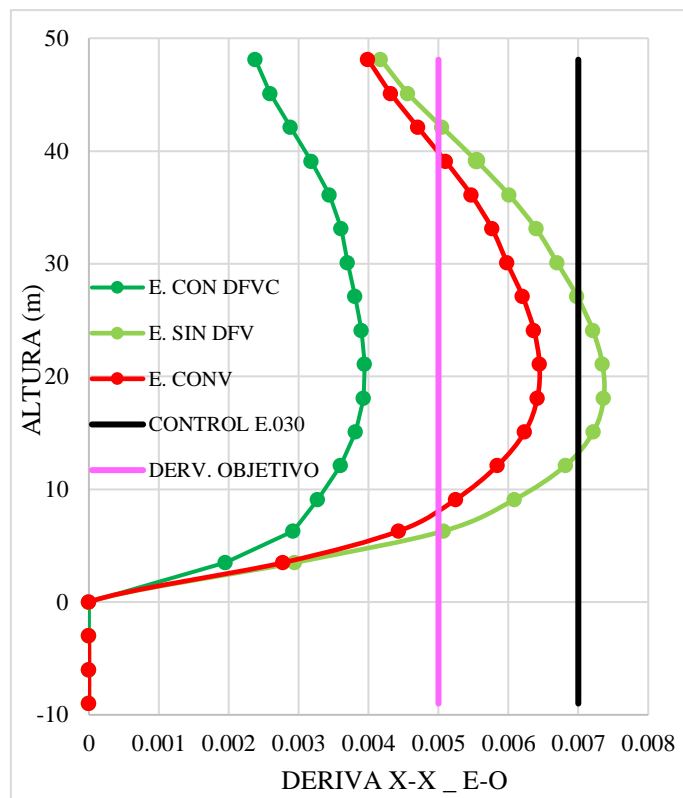
NIVEL	E. CONVENCIONAL		E. SIN DFV		E. CON DFVC	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
T-16	1.258	1.304	1.262	1.275	1.16	1.073
T-15	1.26	1.302	1.258	1.278	1.158	1.057
T-14	1.263	1.299	1.257	1.281	1.154	1.038
T-13	1.265	1.298	1.257	1.284	1.152	1.019
T-12	1.265	1.298	1.258	1.288	1.149	1.013
T-11	1.265	1.3	1.261	1.294	1.142	1.014
T-10	1.262	1.304	1.263	1.305	1.129	1.021
T-09	1.263	1.303	1.264	1.305	1.12	1.029
T-08	1.265	1.301	1.264	1.303	1.112	1.032
T-07	1.267	1.298	1.263	1.3	1.105	1.033
T-06	1.27	1.293	1.262	1.297	1.101	1.025
T-05	1.273	1.287	1.258	1.292	1.097	1.02
T-04	1.278	1.279	1.252	1.284	1.093	1.016
T-03	1.291	1.274	1.241	1.287	1.094	1.007
T-02	1.293	1.262	1.219	1.28	1.115	1.008
T-01	1.301	1.246	1.175	1.257	1.172	1.022

En la Tabla 37 comparación de ratios en estructura convencional se observa que las ratios máximas son mayores a 1.3 lo cual indica una irregularidad torsional en ambas direcciones. Al flexibilizar la estructura (E. SIN DFV) observamos que la irregularidad en la dirección X-X desaparece y en Y-Y se mantiene y en la E. CON DFVC no presenta irregularidad torsional

Luego se realizó la comparación de las derivas máximas entre la estructura convencional, la estructura sin DFV y la E. CON DFVC como se muestra a continuación en la Tabla 38

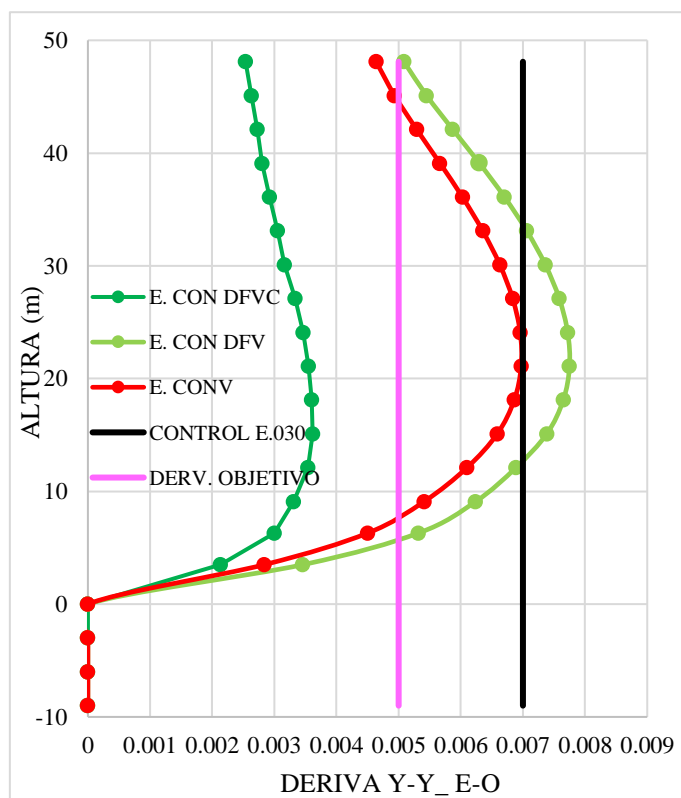
**Tabla 38.** Comparación de derivas en ambas direcciones X-X e Y-Y

NIVEL	E. CONVENCIONAL		E. SIN DFV		E. CON DFVC		SE INCREMENTÓ		SE REDUJO		SE REDUJO	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	E. CONV	E.SIN DFV	E.CON DFVC	E.SIN DFV	E.CON DFVC	E. CONV
							X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
<b>T-16</b>	0.003993	0.004638	0.004177	0.005086	0.002384	0.002535	4.61%	9.66%	42.93%	50.16%	40.30%	45.34%
<b>T-15</b>	0.004319	0.004935	0.004565	0.00545	0.002598	0.002635	5.70%	10.44%	43.09%	51.65%	39.85%	46.61%
<b>T-14</b>	0.004705	0.00529	0.005051	0.00587	0.002882	0.002725	7.35%	10.96%	42.94%	53.58%	38.75%	48.49%
<b>T-13</b>	0.005101	0.005665	0.005549	0.0063	0.003182	0.002799	8.78%	11.21%	42.66%	55.57%	37.62%	50.59%
<b>T-12</b>	0.005469	0.006027	0.00601	0.006704	0.003441	0.002925	9.89%	11.23%	42.75%	56.37%	37.08%	51.47%
<b>T-11</b>	0.005767	0.006353	0.006398	0.007062	0.003611	0.003055	10.94%	11.16%	43.56%	56.74%	37.39%	51.91%
<b>T-10</b>	0.00598	0.006628	0.006697	0.00736	0.003698	0.003166	11.99%	11.04%	44.78%	56.98%	38.16%	52.23%
<b>T-09</b>	0.006203	0.006834	0.006983	0.007584	0.003807	0.003336	12.57%	10.97%	45.48%	56.01%	38.63%	51.19%
<b>T-08</b>	0.006365	0.006956	0.007207	0.00772	0.003899	0.003464	13.23%	10.98%	45.90%	55.13%	38.74%	50.20%
<b>T-07</b>	0.006445	0.006972	0.007345	0.00775	0.003945	0.003547	13.96%	11.16%	46.29%	54.23%	38.79%	49.13%
<b>T-06</b>	0.006415	0.00686	0.007364	0.007649	0.003927	0.003603	14.79%	11.50%	46.67%	52.90%	38.78%	47.48%
<b>T-05</b>	0.006237	0.006587	0.007216	0.007384	0.003816	0.003616	15.70%	12.10%	47.12%	51.03%	38.82%	45.10%
<b>T-04</b>	0.005844	0.006099	0.006818	0.006887	0.003598	0.003545	16.67%	12.92%	47.23%	48.53%	38.43%	41.88%
<b>T-03</b>	0.005247	0.00541	0.00609	0.00624	0.003271	0.003313	16.07%	15.34%	46.29%	46.91%	37.66%	38.76%
<b>T-02</b>	0.004434	0.004501	0.005072	0.005318	0.002922	0.002999	14.39%	18.15%	42.39%	43.61%	34.10%	33.37%
<b>T-01</b>	0.00278	0.002839	0.002942	0.003459	0.001951	0.002133	5.83%	21.84%	33.68%	38.33%	29.82%	24.87%
<b>TZ-03</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TZ-02</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TZ-01</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Df</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MAX</b>	<b>0.006445</b>	<b>0.006972</b>	<b>0.007364</b>	<b>0.00775</b>	<b>0.003945</b>	<b>0.003616</b>	<b>16.67%</b>	<b>21.84%</b>	<b>47.23%</b>	<b>56.98%</b>	<b>38.79%</b>	<b>52.23%</b>



**Figura 62.** Comparación de las derivadas de la E. CONV, SIN DFV y CON DFVC X-X

Fuente: Elaboración Propia



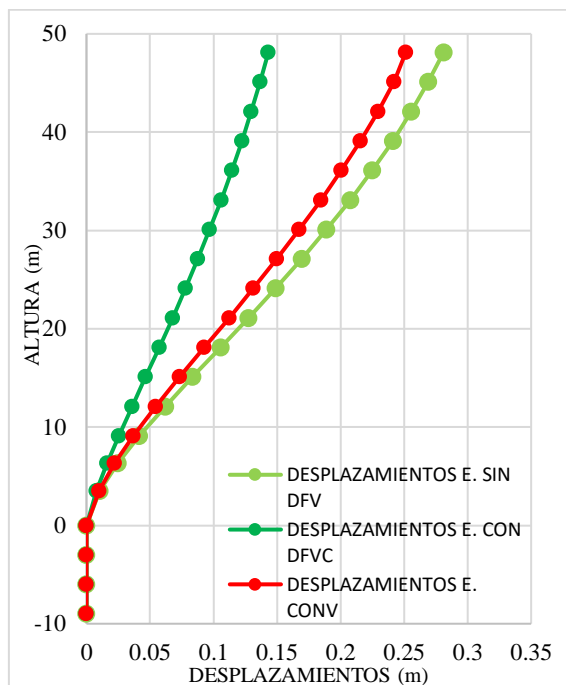
**Figura 63.** Comparación de las derivadas de la E. CONV, SIN DFV y CON DFVC X-X

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 39.** Comparación de desplazamientos en ambas direcciones X-X e Y-Y

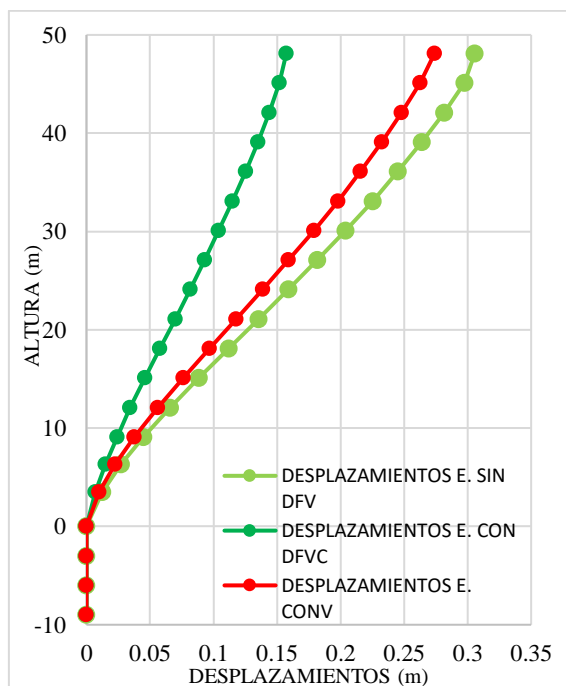
NIVEL	E. CONVENCIONAL		E. SIN DFV		E. CON DFVC		SE INCREMENTÓ		SE REDUJO		SE REDUJO	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	E. CONV	E.SIN DFV	E.CON DFVC	E.SIN DFV	E.CON DFVC	E. CONV
							X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
<b>T-16</b>	0.251266	0.273888	0.280977	0.305558	0.143132	0.157263	8.06%	13.81%	36.91%	43.51%	31.83%	35.71%
<b>T-15</b>	0.242134	0.262792	0.268842	0.297689	0.136831	0.151659	11.82%	11.56%	49.06%	48.53%	43.04%	42.58%
<b>T-14</b>	0.22946	0.248175	0.255639	0.281464	0.129726	0.143763	11.03%	13.28%	49.10%	49.05%	43.49%	42.29%
<b>T-13</b>	0.215671	0.232521	0.241057	0.264008	0.122286	0.135005	11.41%	13.41%	49.25%	48.92%	43.46%	42.07%
<b>T-12</b>	0.200701	0.215745	0.225016	0.245246	0.114404	0.125351	11.77%	13.54%	49.27%	48.86%	43.30%	41.94%
<b>T-11</b>	0.184601	0.197856	0.207581	0.225216	0.105995	0.114932	12.12%	13.67%	49.16%	48.89%	43.00%	41.90%
<b>T-10</b>	0.167547	0.178944	0.188929	0.204028	0.097018	0.104031	12.45%	13.83%	48.94%	48.97%	42.58%	41.91%
<b>T-09</b>	0.149776	0.15915	0.169296	0.181845	0.087736	0.092976	12.76%	14.02%	48.65%	49.01%	42.10%	41.86%
<b>T-08</b>	0.131258	0.138676	0.14871	0.158885	0.078013	0.081532	13.03%	14.26%	48.18%	48.87%	41.42%	41.58%
<b>T-07</b>	0.11218	0.11778	0.12736	0.135424	0.067851	0.069766	13.30%	14.57%	47.54%	48.68%	40.57%	41.21%
<b>T-06</b>	0.092796	0.096785	0.105513	0.111794	0.057329	0.057852	13.53%	14.98%	46.73%	48.48%	39.52%	40.77%
<b>T-05</b>	0.073454	0.076092	0.08354	0.088412	0.046562	0.046005	13.70%	15.51%	45.67%	48.25%	38.22%	40.23%
<b>T-04</b>	0.054608	0.056195	0.061959	0.065801	0.035829	0.034471	13.73%	16.19%	44.26%	47.97%	36.61%	39.54%
<b>T-03</b>	0.036926	0.037755	0.041539	0.04469	0.025411	0.02412	13.46%	17.09%	42.17%	47.61%	34.39%	38.66%
<b>T-02</b>	0.022248	0.022619	0.024498	0.02724	0.016205	0.015115	12.49%	18.37%	38.83%	46.03%	31.18%	36.11%
<b>T-01</b>	0.009836	0.010019	0.010298	0.012356	0.007821	0.006935	10.11%	20.43%	33.85%	44.51%	27.16%	33.18%
<b>TZ-03</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TZ-02</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TZ-01</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Df</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MAX</b>	<b>0.251266</b>	<b>0.273888</b>	<b>0.280977</b>	<b>0.305558</b>	<b>0.143132</b>	<b>0.157263</b>	<b>13.73%</b>	<b>20.43%</b>	<b>49.27%</b>	<b>49.01%</b>	<b>43.49%</b>	<b>42.58%</b>

En la Tabla 39 se muestra los resultados de los desplazamientos de la E. convencional respecto a la E. con DFVC, donde se observa una reducción máxima de 43.49 % y 42.58 % en dirección X-X e Y-Y en los niveles T-14 y T-15 respectivamente



**Figura 64.** Comparación de los desplazamientos E. CONV, SIN DFV Y CON DFVC X-X

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 65.** Comparación de los desplazamientos E. CONV, SIN DFV Y CON DFVC Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

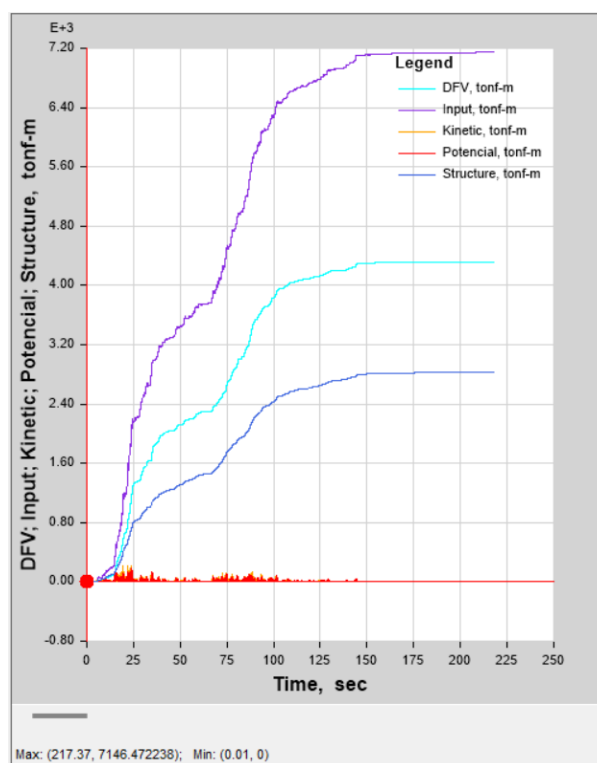
**Tabla 40.** Energía disipada por la estructura y los DFVC en dirección X-X e Y-Y

$\alpha$ /Energía	$\alpha = 0.5$			
	X (tnf)	X (%)	Y (tnf)	Y (%)
Impt	7146.47224	100.00%	2977.85191	100.00%
DFVC	4315.34628	60.38%	1824.2766	61.26%
Estructura	2831.12596	39.62%	1153.57531	38.74%

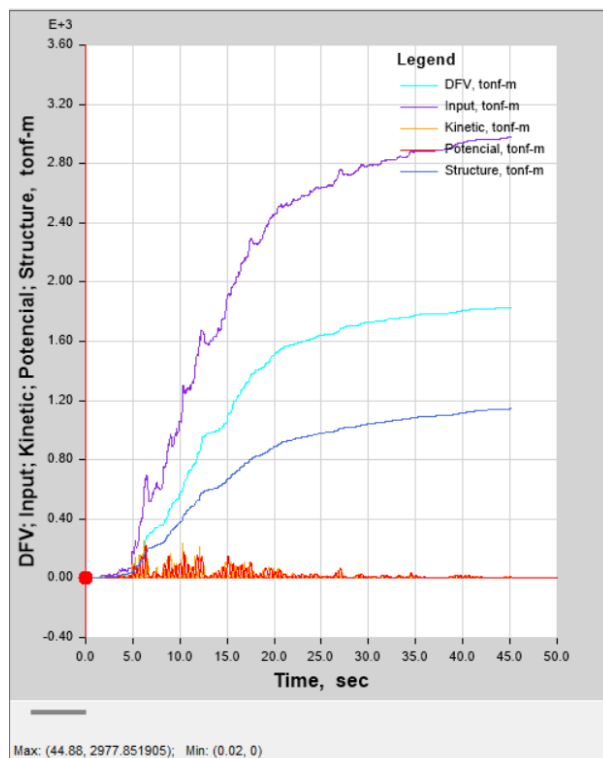
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 40 podemos ver la energía que ingresa a través del sismo y es disipada por la estructura y los DFVC en tnf y su porcentaje en ambas direcciones

En las siguientes Figuras 66 y 67 se muestra la energía que ingresa a través del sismo de diseño. La línea azul representa la energía absorbida por la estructura, la línea celeste representa la energía que absorben los DFVC y la línea color lila es el total de energía que ingresa, para ambas direcciones

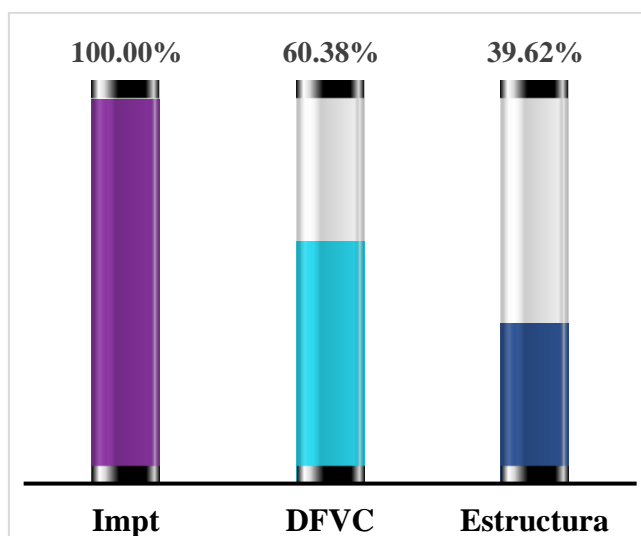
**Figura 66.** Energía disipada con  $\alpha = 0.50$  seleccionada en dirección X-X

Fuente: Elaboración propia

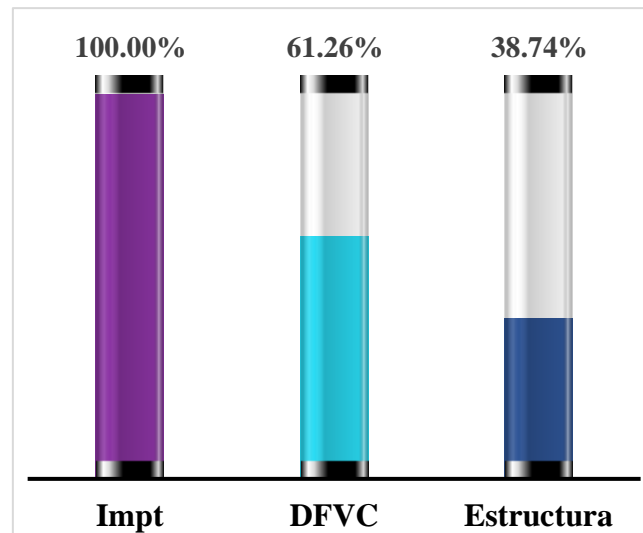


**Figura 67.** Energía disipada con  $\alpha = 0.50$  seleccionada en dirección X-X  
 Fuente: Elaboración propia

Las figuras siguientes muestran el porcentaje de energía por cada sistema. Del 100% de energía que ingresa el 60.38% lo absorbe los DFVC y el 39.62 % la estructura para la dirección X-X y 61.26% y 38.74 para dirección Y-Y



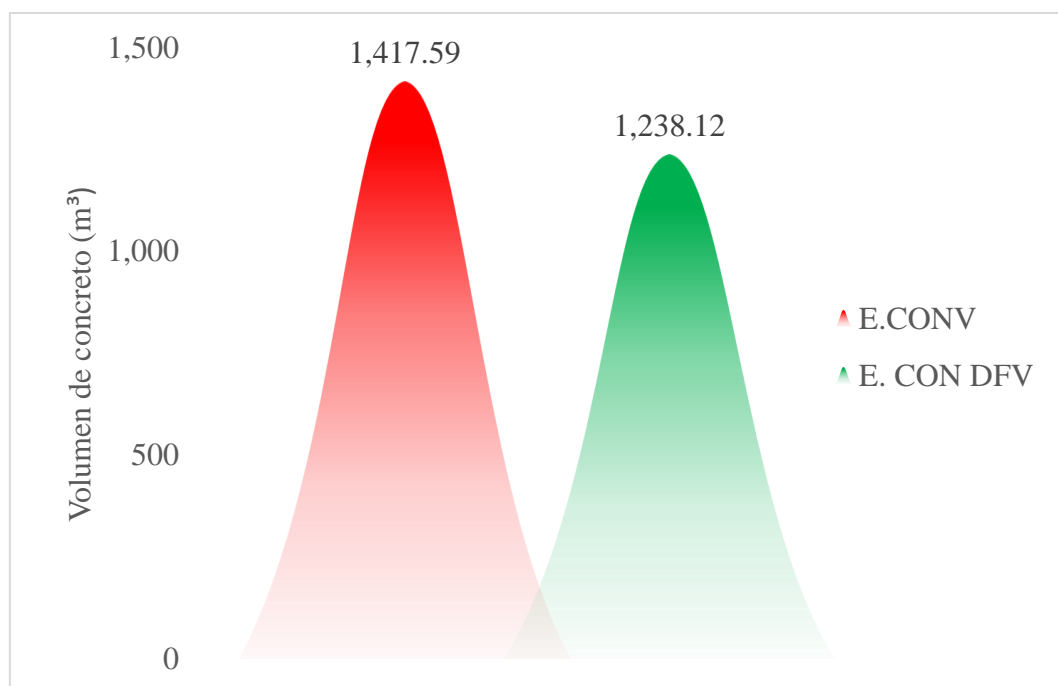
**Figura 68.** Energía que absorbe la estructura y los DFVC X-X  
 Fuente: Elaboración Propia



**Figura 69.** Energía que absorbe la estructura y los DFVC Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

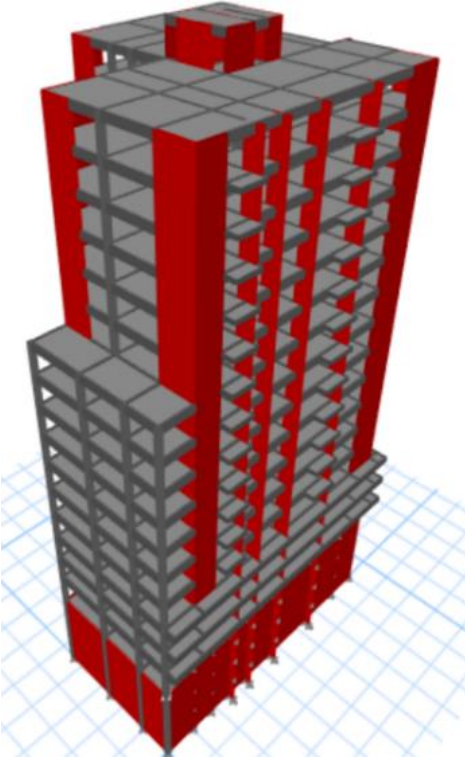
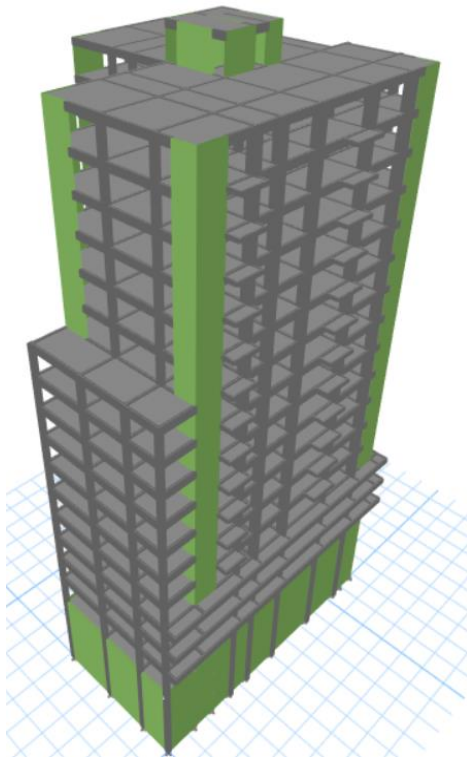
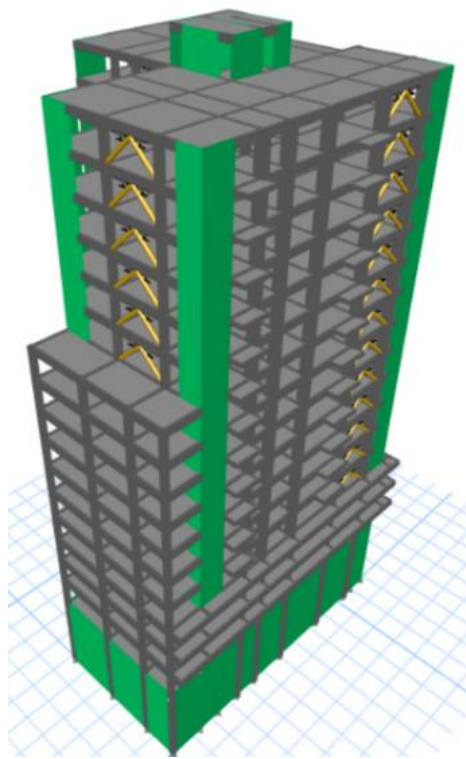
A continuación, se observa los volúmenes de concreto para la estructura convencional y la E. CON DFVC. El porcentaje reducido de volumen de concreto es un 12.66% entre ambas estructuras



**Figura 70.** Volumen de concreto de la E. CONV y la E. CON DFVC

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 41.** Comparación del análisis sísmico general de las estructuras

	<i>Estructura Convencional</i>		<i>Estructura sin DFV</i>		<i>Estructura con DFVC</i>	
						
Dirección	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
Periodo	0.96	1.046	1.036	1.173	1.034	1.171
Deriva Max	0.006445	0.006972	0.007364	0.00775	0.003945	0.003616
$\Delta$ Max (m)	0.251266	0.273888	0.280977	0.305558	0.157263	0.145607

Fuente: Elaboración Prop

## Discusión

La caracterización del suelo mediante SPT y pruebas geofísicas fue clave para ajustar los modelos y simular con precisión la respuesta estructural

El análisis estructural inicial de la edificación mostró que la estructura convencional presentaba derivas y desplazamientos elevados más aun cuando se hace la reducción de sus elementos estructurales, indicando la necesidad de un refuerzo adicional. Con la incorporación de disipadores de fluido viscoso Chevron (DFVC) en la estructura sin DFVC, se observó la reducción de secciones de vigas y columnas, optimizando el uso de materiales sin comprometer la estabilidad. Este cambio sugiere que los DFVC contribuyen significativamente a mejorar la rigidez estructural

Los análisis dinámicos, tanto modal espectral como de tiempo-historia no lineal confirmaron que la estructura con DFVC experimenta una reducción considerable en derivas (47.23 % y 56.98 % en X-X y Y-Y, respectivamente), alineándose con estudios previos que avalan la efectividad de los disipadores en edificaciones altas (Berquist et al., 2019). Además, los DFVC resultaron eficaces para mitigar la respuesta dinámica del edificio, lo cual es evidente en la disminución de fuerzas y desplazamientos

Los periodos fundamentales de las tres configuraciones estructurales muestran cómo varía la rigidez y flexibilidad del edificio según cada diseño. La estructura convencional presenta los periodos más cortos (0.96 s en X-X y 1.046 s en Y-Y), indicando una mayor rigidez. En contraste, la estructura con elementos estructurales de dimensiones reducidas tiene periodos más largos (1.036 s en X-X y 1.173 s en Y-Y), reflejando una mayor flexibilidad. Finalmente, la estructura con disipadores de fluido viscoso Chevron logra un equilibrio óptimo, con periodos ligeramente menores que la estructura flexible (1.034 s en X-X y 1.171 s en Y-Y). Esto sugiere que los DFVC no solo mejoran la disipación de energía, sino que también estabilizan la estructura, reduciendo el riesgo de resonancia y optimizando su comportamiento sísmico.

El análisis económico mostró que la incorporación de DFVC incrementa el costo total inicial en solo un 7.26 % respecto a la estructura convencional. Aunque representa un aumento en el costo inicial, esta inversión se compensa con los ahorros en materiales estructurales y en posibles reparaciones post-sismo, lo cual respalda la viabilidad económica del uso de DFVC en zonas sísmicas. Además, se sugiere a futuros investigadores evaluar los

beneficios de los DFVC en el contexto del ciclo de vida del edificio, considerando que la reducción de daños estructurales y no estructurales en eventos sísmicos podría generar ahorros adicionales en el mediano y largo plazo. La capacidad de los DFVC para disipar hasta el 61.26 % de la energía sísmica en la dirección Y-Y, junto con la reducción en derivas y desplazamientos, refuerza su idoneidad como una solución efectiva y económicamente justificable en el diseño sísmico de edificaciones de gran altura, con ventajas económicas sostenibles a lo largo del ciclo de vida de la estructura.

## **Conclusiones**

En el estudio de mecánica de suelos a través de SPT se realizaron 4 puntos de exploración a profundidades de 4.8m, 5.45m, 5.35m y 5m. El nivel freático se encontró a 2.6m y capacidades portantes se puede ver en el Anexo 01

Con los ensayos geofísicos de RS y MASW realizados a una profundidad de 30 m de profundidad se determinó el promedio de ondas de corte de 494 m/seg lo cual clasifíco al suelo como un S2 (suelo intermedio) según la norma E.030 y con estos parámetros de suelo se realizó el análisis sísmico de la estructura.

Las capacidades por cada metro de profundidad se pueden ver en la Tabla 28 condiciones elásticas del suelo de estudio

La estructura convencional se modelo en software ETABS 20.0 y se analizó según la E.030 en el análisis dinámico modal espectral se obtuvieron periodos, derivas y desplazamientos máximos en dirección X-X e Y-Y de 0.96 s, 1.046 s, 0.006445, 0.006972 y 0.251266 m, 0.273888 m respectivamente

Los resultados obtenidos para la estructura sin DFV se obtuvieron periodos, derivas y desplazamientos máximos de 1.036 s, 1173 s, 0.007364, 0.00775 y 0.280977 m, 0.305558 m respectivamente. Las derivas se incrementaron respecto a la estructura convencional en un máximo de 16.7% y 21.84% en dirección X-X e Y-Y

La estructura implementada con DFVC se obtuvo periodos, derivas y desplazamientos máximos de 1.034 s, 1171 s, 0.003945, 0.003616 y 0.157263 m, 0.145607 m respectivamente. Las derivas se redujeron respecto a la estructura sin DFV en un valor de 47.23% y 56.98% en dirección X-X e Y-Y

La energía que ingresa a la estructura por el sismo de diseño es de 7146.47224 tnf de la cual la estructura absorbe un 39.62% y los DFVC 60.38%, 2977.85191 tnf de la cual la estructura absorbe un 38.74% y los DFVC 61.26% en dirección en X-X e Y-Y respectivamente

En el análisis económico el volumen de concreto reducido en la estructura con DFVC fue de 12.66% lo que conlleva a la reducción de precios

### **Recomendaciones**

Para el ensayo SPT en campo se recomienda tener un croquis de los puntos de exploración y ubicarlos sobre el terreno, las muestras alteradas Mab obtenidas deben colocarse en un contenedor cerrado

Los ensayos geofísicos de refracción sísmica y MASW deben realizarse en horario donde no exista ruido que pueda perturbar la toma de datos a través de los geófonos

El modelamiento debe ser restringido en sus tres direcciones  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$  y para los sótanos restringir en sus dos direcciones  $U_x$  y  $U_y$

La corrección y escalamiento del sismo debe ser realizado correctamente para el análisis no lineal tiempo historia. La implementación de los DFVC debe realizarse después de los cálculos de los coeficientes y la rigidez del brazo de metálico

Se recomienda realizar investigación de análisis sísmico en sobre otro tipo de suelo como en un suelo blando

## Referencias

- [1] P. A. Guardia Anampa, “Determinación de la superficie de acoplamiento sísmico interplaca en el borde occidental del Perú,” 2011, Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG16-167.pdf>
- [2] K. Steinmüller, “Tectónica de placas: una introducción con énfasis en la evolución geológica y metalogénica del Perú,” 2001, Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3202>
- [3] P. Rozas, “Terremoto en Chile: los efectos sobre la infraestructura y el desarrollo,” 2012, Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d74ed66e-c8a2-4e1c-be6c-6974fb5593f4/content>
- [4] M. Rivera Zeta, R. Piedra Rubio, and Y. Paripanca Garcia, “Ensayos geofísicos de refracción sísmica y medición de ondas de corte (MASW y MAM) para usos de cimentación en obras de edificaciones,” *Universidad nacional de Ingeniería*, 2016, Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18630/18868>
- [5] A. E. Chuman Bermeo and C. I. Valladares Ojeda, “Análisis y diseño estructural comparativo de una edificación de quince niveles, con y sin aisladores sísmicos elastoméricos con núcleo de plomo, ubicada en el distrito de Pimentel,” 2017.
- [6] INDECI, *Plan de Prevención ante Desastres: Usos del Suelo y Medidas de Mitigación Ciudad de Chiclayo*. 2003. Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_lambayeque/lambayeque/lambayeque.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/lambayeque/lambayeque.pdf)
- [7] M. R. Yactayo Kou, “El factor de altura como determinante en el comportamiento estructural en edificaciones con un sistema de aislamiento sísmico, en el departamento de Lima,” 2019.
- [8] D. L. Luque Monzon and D. E. Condo Benique, “Diseño estructural de un edificio con disipadores de energía de fluido viscoso frente a un edificio convencional,” 2021.
- [9] R. F. Cevalco Beramendi and P. Condo Vargas, “Análisis del comportamiento sísmico dinámico de un edificio multifamiliar de 37 niveles con disipadores de fluido viscoso en La Victoria,” 2020.

- [10] Mario Eduardo Narváez Espinoza, “Análisis Comparativo Técnico-Económico de una Edificación de 12 Pisos, Empleando Amortiguadores de Fluido Viscoso y Disipadores Histeréticos,” Lima , 2019.
- [11] D. E. Chuquicahua Zelada, “Análisis no lineal estático y dinámico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía SLB en la ciudad de Chiclayo,” 2020.
- [12] B. Sapkota, R. S. Surumi, and T. M. Jeyashree, “Comparative study on seismic performance of high-rise building with energy dissipation and outrigger belt truss system,” *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 8, no. 4, 2017.
- [13] L. Bozzo, H. Gonzales, M. Pantoja, E. Muñoz, and J. Ramirez, “Modeling, analysis and seismic design of structures using energy dissipators SLB,” *Tecnia*, vol. 29, no. 2, pp. 81–90, 2019.
- [14] J. G. Aroni Geldres, “Diseño estructural de un edificio multifamiliar basado en el Reglamento Nacional de Edificaciones; E. 030: 2018 de sismoresistencia, Lima 2021,” 2021.
- [15] G. Villarreal and M. Díaz, “Edificaciones con disipadores viscosos,” *Editora & Imprenta Gráfica Norte SRL Trujillo-Perú*, 2016.
- [16] S. Parajuli, P. Pokhrel, and R. Suwal, “A comprehensive study of viscous damper configurations and vertical damping coefficient distributions for enhanced performance in reinforced concrete structures,” *Asian Journal of Civil Engineering*, pp. 1–17, 2023.
- [17] R. N. Edificaciones, “Norma E. 050 Suelos y Cimentaciones,” *Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*, 2018, Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available:  
[https://www3.vivienda.gob.pe/documentos/documentos\\_ds\\_010/4/E\\_050\\_Suelos\\_y\\_Cimentaciones.pdf](https://www3.vivienda.gob.pe/documentos/documentos_ds_010/4/E_050_Suelos_y_Cimentaciones.pdf)
- [18] M. Braha, “Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.(7° Ed.) México DF,” *México: CENGAGE Learning*, 2012.
- [19] B. B. Antonio, “Estructuración y diseño de Edificaciones de Concreto Armado,” 1991, *Lima*.

**Anexos**

**Anexo 1**

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACIÓN CON EQUIPO SPT**



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú

**ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS SPT CON FINES DE CIMENTACIÓN PARA LA TESIS: ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA**



**TESISTA:**

**UBICACIÓN:**

**LOCALIZACIÓN:**

**FECHA:**

MARIO OBLITAS GONZALES

CHICLAYO - CHICLAYO – LAMBAYEQUE

AV. GRAU SUB-LOTE 3C1 – CHICLAYO

2023

**CHICLAYO 2023**

## CONTENIDO

<b>I. GENERALDADES .....</b>	<b>101</b>
<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>101</b>
<b>2. UBICACIÓN .....</b>	<b>101</b>
<b>3. NORMATIVIDAD.....</b>	<b>101</b>
<b>II. INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....</b>	<b>101</b>
<b>III. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT) .....</b>	<b>101</b>
<b>3.1. CORRECCION DEL NÚMERO DE GOLPES.....</b>	<b>102</b>
<b>IV. ENSAYOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>102</b>
<b>V. PERFIL DEL SUELO .....</b>	<b>102</b>
<b>VI. NIVEL FREATICO Y FILTRACIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>VII. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN .....</b>	<b>103</b>
<b>3.1. CAPACIDAD PORTANTE .....</b>	<b>103</b>
<b>3.2. CAPACIDAD DE CARGA LÍMITE (QD).....</b>	<b>103</b>
<b>3.3. ESFUERZO MÁXIMO QUE ROMPE EL SUELO (Qadm) .....</b>	<b>104</b>
<b>3.4. PARA ZAPATA CUADRADA Y CORRIDA LA FALLA ES POR CORTE LOCAL.....</b>	<b>104</b>
<b>3.5. AGRESIVIDAD QUIMICA DEL SUELO A LA CIMENTACION .....</b>	<b>106</b>
<b>VIII. COEFICIENTE DE BALASTO.....</b>	<b>107</b>
<b>IX. CONSIDERACIONES SISMICAS .....</b>	<b>108</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>XI. LIMITACIONES .....</b>	<b>109</b>

## I. GENERALDADES

### 1. OBJETIVO

El presente Estudio de Mecánica de Suelos nos permite conocer las principales propiedades geomecánicas del terreno en estudio para la tesis de investigación **Análisis sísmico comparativo de un edificio de gran altura con sistema tradicional y disipadores de energía**, de tal manera que, con los resultados obtenidos, se recomienden los diseños óptimos que garanticen la calidad y vida útil de la estructura

### 2. UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en el distrito y Provincia de Chiclayo de la región de Lambayeque.

### 3. NORMATIVIDAD

El estudio realizado, en cuanto a su alcance y procedimiento, se encuentra referido principalmente a la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## II. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En las zonas de estudio se han realizado CUATRO (04) ensayos de SPT hasta una profundidad de 5.45 m, las exploraciones realizadas en campo nos han permitido obtener muestras alteradas con la finalidad de realizar pruebas de laboratorio que nos han permitido obtener los parámetros de suelos y así utilizarlos como base para dar las recomendaciones pertinentes en la construcción del proyecto.

**CUADRO N°01: INFORMACIÓN DE EXPLORACIONES**

PUNTOS	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRAS	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
S – 01	4.80	04	0626811	9246932
S – 02	5.45	04	0626828	9246928
S – 03	5.25	04	0626815	9246908
S – 04	5.35	04	0626809	9246912

## III. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

El proceso de exploración en campo a través de este ensayo y el equipo utilizado esta mencionado en el punto de procedimiento de la tesis de investigación

### 3.1. CORRECCION DEL NÚMERO DE GOLPES

El número de golpes normalizado valores de  $N_{campo}$  obtenidos en materiales no cohesivos deben ser corregidos, según Peck, por el factor  $F_c = 0.77 \log_{10} (20/P_i)$ , donde  $P_i$  debe entrar en  $kg/cm^2$ , la fórmula no es aplicable cuando  $P_i$  sea menor a  $0.25 kg/cm^2$ . En arcillas, los valores de  $N_{campo}$  no se corrigen.

Además, en todos los casos, el valor de  $N_{campo}$  debe modificarse por longitud del vástago según la profundidad de los sondeos. Si la profundidad del sondeo esta entre 0.00 y 4.00 m,  $N_{campo}$  debe multiplicarse por 0.75; si la profundidad esta entre 4.00 y 6.00 m, se multiplicará por 0.85; si esta entre 6.00 y 10.00 m, multiplicar por 0.95 y para 10.00 m o más, multiplicarse por 1.00.

## IV. ENSAYOS DE LABORATORIO

De las Muestras Alteradas tipo Mab, se realizaron los Ensayos de Propiedades Físicas: granulometría, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), contenido de humedad natural y Clasificación de Suelo (SUCS), para determinar los Perfiles Estratigráficos.

### CUADRO N°02: NORMATIVIDAD

ENSAYO	NORMA
CONTENIDO DE HUMEDAD	NTP 339 – 127
A. GRANULOMETRICO	NTP 339 – 128
CLASIFICACION (SUCS)	NTP 339 – 134
LIMITES DE ATTERBERG	NTP 339 – 129
ENSAYO DE SALES TOTALES	NTP 339 – 152
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	NTP 339 – 133

## V. PERFIL DEL SUELO

Se han clasificado los suelos de acuerdo con el sistema de clasificación SUCS:

### CUADRO N°03: PARAMETROS FISICOS

EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD	SUCS	W%	LL%	LP%	IP
S – 01	M – 01	1.00 – 2.00	ML	9.75	28.0	23.0	5.0
	M – 02	2.00 – 3.00	CL	22.14	43.0	17.0	26.0
	M – 03	3.00 – 4.00	SC	30.08	28.0	18.0	10.0
	M – 04	4.00 – 4.80	ML	17.66	19.0	16.0	3.0
S – 02	M – 01	1.00 – 2.00	ML	11.00	30.0	26.0	4.0

	M – 02	2.00 – 3.00	CL	23.36	45.0	17.0	28.0
	M – 03	3.00 – 4.45	SC	32.43	29.0	19.0	10.0
	M – 04	4.45 – 5.45	SC	11.24	39.0	18.0	21.0
<b>S – 03</b>	M – 01	1.00 – 2.00	ML	13.30	31.0	26.0	5.0
	M – 02	2.00 – 3.00	CL	25.25	43.0	18.0	25.0
	M – 03	3.00 – 4.45	SC	29.47	31.0	10.0	21.0
	M – 04	4.45 – 5.25	SC	15.50	37.0	17.0	20.0
<b>S – 04</b>	M – 01	1.00 – 2.00	ML	15.47	29.0	25.0	20.0
	M – 02	2.00 – 3.00	CL	22.14	43.0	16.0	27.0
	M – 03	3.00 – 4.45	SC	31.65	33.0	13.0	20.0
	M – 04	4.45 – 5.35	SC	17.46	35.0	17.0	18.0

## VI. NIVEL FREÁTICO Y FILTRACIONES

Durante las exploraciones realizadas se detectó la presencia de nivel freático a las siguientes profundidades:

**CUADRO N°08: NIVEL FREÁTICO**

<b>EXPLORACIÓN</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>S – 01</b>	2.60 m
<b>S – 02</b>	2.60 m
<b>S – 03</b>	2.60 m
<b>S – 04</b>	2.60 m

## VII. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

Asimismo, la presión admisible del terreno aumenta a mayor profundidad de desplante, también, los costos de construcción, por lo tanto, es necesario adoptar una profundidad de desplante que satisfaga los requerimientos de economía y resistencia aceptables

### 3.1. CAPACIDAD PORTANTE

Es la presión máxima que puede darse al cimiento por unidad de longitud, sin provocar una falla, es decir representa la capacidad de carga última. Es expresada en unidad de presión.

### 3.2. CAPACIDAD DE CARGA LÍMITE (QD)

Máxima presión que se puede aplicar a la cimentación sin que esta penetre en el suelo.

### 3.3. ESFUERZO MÁXIMO QUE ROMPE EL SUELO ( $Q_{adm}$ )

Es la carga límite dividida entre el factor de seguridad (FS).

$$Q_{adm} = \frac{qd}{FS}$$

### 3.4. PARA ZAPATA CUADRADA Y CORRIDA LA FALLA ES POR CORTE LOCAL

Zapata cuadrada:  $q_{ds} = 0.867 cNc + \gamma_1 D_f N_q + 0.4\gamma_2 BN_\gamma$

Zapata continúa:  $q_d = \frac{2}{3} cNc + \gamma_1 D_f N_q + 0.5\gamma_2 BN_\gamma$

Dónde:

- $c$  = Cohesión
- $D_f$  = Profundidad de cimentación
- $B$  = Ancho de la cimentación
- $\gamma_1$  = Peso específico del suelo situado encima de la zapata
- $\gamma_2$  = Peso específico del suelo situado por debajo de la zapata
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga.

$$N_c = \cot g\phi (N_q - 1)$$

$$N_q = e^{\pi tg\phi} tg^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$N_\gamma = 2tg\phi(N_q + 1)$$

Cálculo de la capacidad admisible

$$Q_{adm} = \frac{qd}{FS}, \text{Factor de Seguridad (FS): } FS = 3$$

**CUADRO N°09: PARAMETROS DE CAPACIDAD PORTANTE / S – 01**

UBICACIÓN	PROF.	$\phi$	C kg/cm <sup>2</sup>	Y kg/cm <sup>3</sup>	qu kg/cm <sup>2</sup>	qa kg/cm <sup>2</sup>
S – 01	1.50	28.77	0.16	1.77	4.55	1.52
	2.00	14.30	0.39	1.72	4.50	1.50
	2.20	14.30	0.39	1.72	4.58	1.53
	2.50	14.30	0.39	1.72	4.71	1.57
	3.00	28.65	0.19	0.84	4.70	1.57
	3.50	28.65	0.19	0.84	4.95	1.65
	4.00	44.83	0.17	0.79	12.48	4.16
	4.80	44.83	0.17	0.79	12.78	4.26t

**CUADRO N°10: PARAMETROS DE CAPACIDAD PORTANTE / S – 02**

<i>UBICACIÓN</i>	<i>PROF.</i>	$\Phi$	<i>C</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Y</i> <i>kg/cm3</i>	<i>qu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>qa</i> <i>kg/cm2</i>
S – 02	1.50	28.77	0.17	1.78	4.72	1.57
	2.00	13.51	0.34	1.70	3.90	1.30
	2.20	13.51	0.34	1.70	3.98	1.33
	2.50	13.51	0.34	1.70	4.09	1.36
	3.00	28.13	0.18	0.86	4.46	1.49
	3.50	28.13	0.18	0.86	4.71	1.57
	4.00	36.54	0.20	0.80	8.12	2.71
	4.20	36.54	0.20	0.80	8.29	2.76
	4.50	36.54	0.20	0.80	8.53	2.84
	5.45	50.08	0.22	0.79	22.52	7.51

**CUADRO N°11: PARAMETROS DE CAPACIDAD PORTANTE / S – 03**

<i>UBICACIÓN</i>	<i>PROF.</i>	$\Phi$	<i>C</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Y</i> <i>kg/cm3</i>	<i>qu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>qa</i> <i>kg/cm2</i>
S – 03	1.50	28.94	0.17	1.76	4.74	1.58
	2.00	13.12	0.31	1.72	3.58	1.19
	2.20	13.12	0.31	1.72	3.66	1.22
	2.50	13.12	0.31	1.72	3.77	1.26
	3.00	28.89	0.18	0.84	4.60	1.53
	3.50	28.89	0.18	0.84	4.85	1.62
	4.00	36.03	0.20	0.81	7.93	2.64
	4.20	36.03	0.20	0.81	8.09	2.70
	4.50	36.03	0.20	0.81	8.32	2.77
	5.35	49.30	0.22	0.80	21.44	7.15

**CUADRO N°12: PARAMETROS DE CAPACIDAD PORTANTE / S – 04**

UBICACIÓN	PROF.	$\Phi$	C kg/cm <sup>2</sup>	Y kg/cm <sup>3</sup>	qu kg/cm <sup>2</sup>	qa kg/cm <sup>2</sup>
S – 04	1.50	29.10	0.16	1.78	4.65	1.55
	2.00	13.51	0.34	1.69	3.89	1.30
	2.20	13.51	0.34	1.69	3.97	1.32
	2.50	13.51	0.34	1.69	4.09	1.36
	3.00	29.41	0.17	0.82	4.52	1.51
	3.50	29.41	0.17	0.82	4.78	1.59
	4.00	35.33	0.21	0.79	7.75	2.58
	4.20	35.33	0.21	0.79	7.89	2.63
	4.50	35.33	0.21	0.79	8.11	2.70
	5.00	50.72	0.20	0.80	22.81	7.60

### 3.5. AGRESIVIDAD QUIMICA DEL SUELO A LA CIMENTACION

Este ensayo relaciona el peso de la sal, respecto al agua expresada en porcentaje y permite determinar la cantidad de sales solubles que se encuentran en el suelo de la zona.

Para nuestro caso, lo hemos considerado necesario, ya que es de especial interés para precisar la cantidad de sales y sulfatos ya que al estar en contacto con la cimentación y si se tuviera en alto porcentaje cómo se comportará ante este ataque

**CUADRO N°18: ANALISIS QUIMICO - SUELO**

CALICATA	SALES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS
	ppm	ppm	ppm
S – 01 / M – 01	333	126	143
S – 01 / M – 03	273	135	114
S – 02 / M – 01	352	146	140
S – 02 / M – 02	339	132	123
S – 03 / M – 01	346	164	171
S – 03 / M – 03	293	147	129
S – 04 / M – 01	372	140	131
S – 04 / M – 01	287	155	149

**TABLA N°19: EXPOSICIÓN A SOLUCIONES DE SULFATOS**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua – material cementante (en peso) para concretos de peso normal	f'c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	$0.0 \leq \text{SO}_4 < 0.1$	$0 \leq \text{SO}_4 < 150$	---	---	---
Moderada**	$0.1 \leq \text{SO}_4 < 0.2$	$150 \leq \text{SO}_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28
Severa	$0.2 \leq \text{SO}_4 < 2.0$	$1500 \leq \text{SO}_4 < 10000$	V	0.45	31
Muy severa	$2.0 < \text{SO}_4$	$10000 < \text{SO}_4$	Tipo V más puzolana**	0.45	31

Fuente: Norma 0.60 – Concreto armado

**TABLA N°20: CONTENIDO MÁXIMO DE IONES CLORURO**

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones cloruro solubles en agua en el concreto (porcentaje en peso del cemento)
Concreto pre esforzado	0.06
Concreto armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0.15
Concreto armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1.00
Otras construcciones de concreto armado	0.30

## VIII. COEFICIENTE DE BALASTO

El coeficiente de balasto es un parámetro utilizado en ingeniería para describir la capacidad de un suelo de soportar cargas. Este coeficiente representa la relación entre el incremento de esfuerzo en el suelo y el incremento de deformación que se produce debido a la aplicación de una carga. En otras palabras, es la medida de la rigidez del suelo.

Para obtener este parámetro, se utiliza la fórmula del coeficiente de balasto, que relaciona el coeficiente de balasto con el módulo de elasticidad del suelo. La fórmula es la siguiente:

$$K_S = \frac{E_S}{B * (1 - V_S^2)}$$

Dónde:

$E_s$  = Módulo de elasticidad

$B$  = Ancho de zapata

$V_s$  = Módulo de Poisson

## IX. CONSIDERACIONES SISMICAS

Para el diseño de las estructuras sismo resistentes se debe tener en cuenta que el proyecto está ubicado en el DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, la cual está clasificada como una zona de amenaza sísmica Alta, Zona = 4.

## X. CONCLUSIONES

De acuerdo con la información de campo y laboratorio realizados, se pueden obtener las siguientes.

1. Los suelos donde estará desplantada la cimentación están clasificados según el sistema de clasificación SUCS como suelos del tipo: **SC** (arena arcillosa), **ML** (limo arenoso) y **CL** (arcilla arenosa de baja plasticidad).
2. La profundidad máxima alcanzada en las exploraciones es de 5.45 m.
3. Durante las exploraciones realizadas se observó la presencia de nivel freático a las profundidades indicadas en la siguiente tabla:

EXPLORACIÓN	PROFUNDIDAD
S – 01	2.60 m
S – 02	2.60 m
S – 03	2.60 m
S – 04	2.60 m

4. Durante los ensayos de campo (SPT), en el sondeo S – 01, a la profundidad de 4.80 m se llegó al rebote, al contabilizar más de 50 golpes en menos de 0.15 m, de la misma manera, en los sondeos S – 02, S – 03 y S – 04, las exploraciones se realizaron hasta la profundidad de 5.45 m, debido que, a dicha profundidad se alcanzó el rebote.
5. La Capacidad admisible o Presión de Diseño ( $Q_d$ ) para un ancho determinado de zapata se muestran en los Cuadros N°09 al N°12.

6. Las pruebas de análisis químicos efectuados a las muestras extraídas arrojan valores moderados de sales totales.
7. El área en estudio se encuentra ubicada dentro de la zona de sismicidad N° 4 (zona de alta sismicidad), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que ocurran sismos de considerable magnitud, con intensidad tan alta como VII a XI en la escala de Mercalli modificado.
8. De acuerdo con la Norma E.030, Diseño Sismo resistente, se recomienda adoptar en los análisis sismo-resistentes, los siguientes parámetros:

<b>FACTOR</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Factor de Zona (Z)	0.45	ZONA 4
Factor de Uso (U)	1.00	CAT. EDIF. C
Factor de Suelo (S)	1.10	SUELO S3
Periodo de Vibración del Suelo (Tp)	1.00	NORMA E. – 030
Periodo de Vibración del Suelo (TI)	1.60	NORMA E. – 030

## **XI. LIMITACIONES**

- El presente informe se basó en las condiciones de campo de las muestras obtenidas a distintas profundidades, mediante la ejecución de las exploraciones practicadas en diferentes sitios del área; podrán presentarse condiciones del subsuelo no encontradas en la investigación, sin embargo, se considera que el alcance de los trabajos de campo y laboratorio fueron los adecuados para definir las condiciones del subsuelo en los sitios del proyecto. Si durante la construcción se encuentran diferencias en las condiciones del subsuelo establecidas como típicas en este informe, se deberán comunicar oportunamente para realizar los ajustes necesarios a las conclusiones y recomendaciones.
- Los resultados del presente estudio son válidos sólo para la zona investigada.

**XII. BIBLIOGRAFIA**

- MECANICA DE SUELOS; Autor: Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Tercera Edición- México, 1975
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E – 0.50 - Suelos y Cimentaciones, Perú, 2007
- MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL – Autor: Joseph E. Bowles, Primera Edición – Traducida: Universidad de los Andes Colombia.
- INTRODUCCION A LA MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES: Autores: George B. Sowers, George F. Sowers.
- MECANICA DE SUELOS: Autores: T. William Lambe, Robert V. Whitman.
- INGENIERIA DE CIMENTACIONES: Autor: Manuel Delgado Vargas.
- PRINCIPIO DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES SEXTA EDICION: Autor: Braja M. Das.
- LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES: Autor: Rico del Castillo.
- MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES SEXTA EDICION: Autor: Crespo Villalaz.
- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA: Autor: Karl Therzaghi – Ralph B. Peck.
- MECANICA DE SUELOS TOMO II TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECANICA DE SUELOS: Autor: Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez.
- MECANICA DE SUELOS: Autor: Dr. Jorge Alva H.
- MECANICA DEL SUELO – CIMIENTOS Y ESTRUCTURAS DE TIERRA: Autor: Gregory P. Tschebotarioff.

XIII. ANEXOS

**S -01**  
**PERFIL ESTATIGRÁFICO**

TESIS : Bach. Arq. MARIO OBLITAS GONZALES TESIS : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA UBICACIÓN : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE SONDEO : S - 01 ESTE: 0626811 FECHA : 19/04/2023 NORTE: 9246932															
<b>ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR (SPT)</b> <b>NTP 339.133</b>															
COTA	Profundidad (m)	NUMERO DE GOLPES / PIE										N / PIE	SIMBOLO	DESCRIPCION	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90				100
0.10	-0.10														MATERIA ORGÁNICA
0.20															
0.30															
0.40															
0.50															
0.60															
0.70															
0.80															
0.90															
1.00	-1.00														
1.10													LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR BEIGE CLARO Y COMPACIDAD SUELTA (M - 01)		
1.20											N <sub>1</sub> = 2				
1.30											N <sub>2</sub> = 5				
1.40											N <sub>3</sub> = 5				
1.50	-1.45														
1.60															
1.70															
1.80															
1.90															
2.00	-2.00														
2.10												ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA DE COLOR MARRÓN CLARO Y CONSISTENCIA MEDIANAMENTE FIRME, CON PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.60 m (M - 02)			
2.20										N <sub>1</sub> = 7					
2.30										N <sub>2</sub> = 8					
2.40										N <sub>3</sub> = 8					
2.50	-2.45														
2.60	N.F.: -2.60 m														
2.70															
2.80															
2.90															
3.00	-3.00														
3.10												ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD MUY SUELTA (M - 03)			
3.20										N <sub>1</sub> = 2					
3.30										N <sub>2</sub> = 2					
3.40										N <sub>3</sub> = 4					
3.50	-3.45														
3.60															
3.70															
3.80															
3.90															
4.00	-4.00														
4.10											LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD MUY DENSA (M - 04)				
4.20												N <sub>1</sub> = 26			
4.30												N <sub>2</sub> = 33			
4.40												N <sub>3</sub> = 38			
4.45	-4.45														
4.60															
4.70															
4.80	-4.80										REBOTE				

## ENSAYOS DE LABORATORIO

<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
<b>ASTM D - 2216</b>					
<b>TESISTA</b>	: MARIO OBLITAS GONZALES				
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA				
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE				
<b>FECHA</b>	: 19/04/2023				
		<b>S - 01</b>	<b>S - 01</b>	<b>S - 01</b>	<b>S - 01</b>
<b>MUESTRA</b>		<b>M - 01</b>	<b>M - 02</b>	<b>M - 03</b>	<b>M - 04</b>
<b>PROFUNDIDAD</b>		<b>1.00 - 2.00</b>	<b>2.00 - 3.00</b>	<b>3.00 - 4.00</b>	<b>4.00 - 4.80</b>
<b>Nº Recipiente</b>		6	10	11	22
<b>Peso Suelo Húmedo + Recipiente</b>		282.08	305.29	557.00	483.14
<b>Peso Suelo Seco + Recipiente</b>		261.98	260.53	459.52	418.96
<b>Peso del Agua</b>		20.10	44.76	97.48	64.18
<b>Peso Recipiente</b>		55.90	58.36	135.48	55.56
<b>Peso Suelo Seco</b>		206.08	202.17	324.04	363.40
<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>9.75%</b>	<b>22.14%</b>	<b>30.08%</b>	<b>17.66%</b>


**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

 -Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

 Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

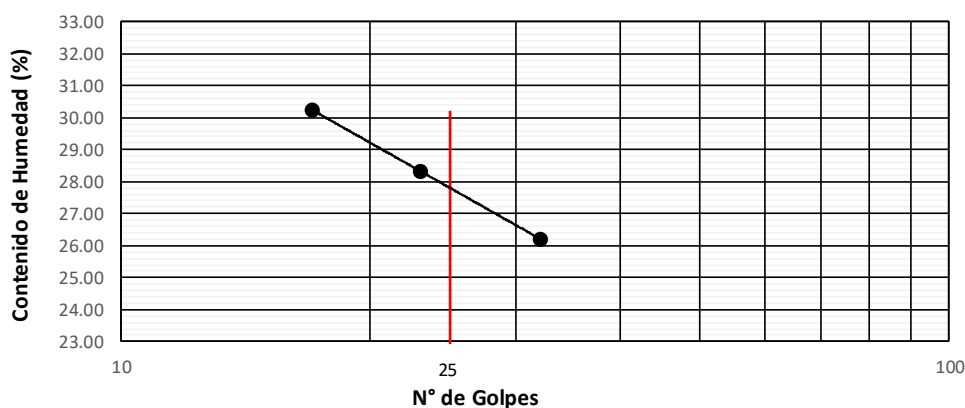
<b>TESISTA</b>	: MARIO OBLITAS GONZALES
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>FECHA</b>	: 22/04/2023

**LIMITES DE ATTERBERG**

NTP 339 - 129:1999 (Rev. 2019)

<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>	Método de preparación húmeda	<b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N°40	<b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b>	Manual
	Preparación con agua destilada	<b>PORCENTAJE RETENIDO EN TAMIZ N°4</b>	3%

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de Tara	1	9	12	4	9
N° de Golpes	17	23	32	---	---
Tara + Suelo húmedo (g.)	27.16	28.25	26.35	21.80	20.77
Tara + Suelo seco (g.)	23.91	25.24	23.70	20.32	19.41
Masa del Agua (g.)	3.25	3.01	2.65	1.48	1.36
Masa de la Tara (g.)	13.16	14.62	13.59	13.90	13.41
Masa del Suelo Seco (g.)	10.75	10.62	10.11	6.42	6.00
Porcentaje de Humedad (%)	30.23	28.34	26.21	23.05	22.67

**GRÁFICO DEL LÍMITE LÍQUIDO**


LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	28.0
Límite Plástico	23.0
Índice de Plasticidad	5.0

<b>CALICATA</b>	S - 01 / M - 01
<b>Profundidad</b>	1.00 - 2.00 m
<b>Clasificación SUCS(*)</b>	ML
<b>Clasificación AASHTO(*)</b>	A-4 (7)


**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 22/04/2023

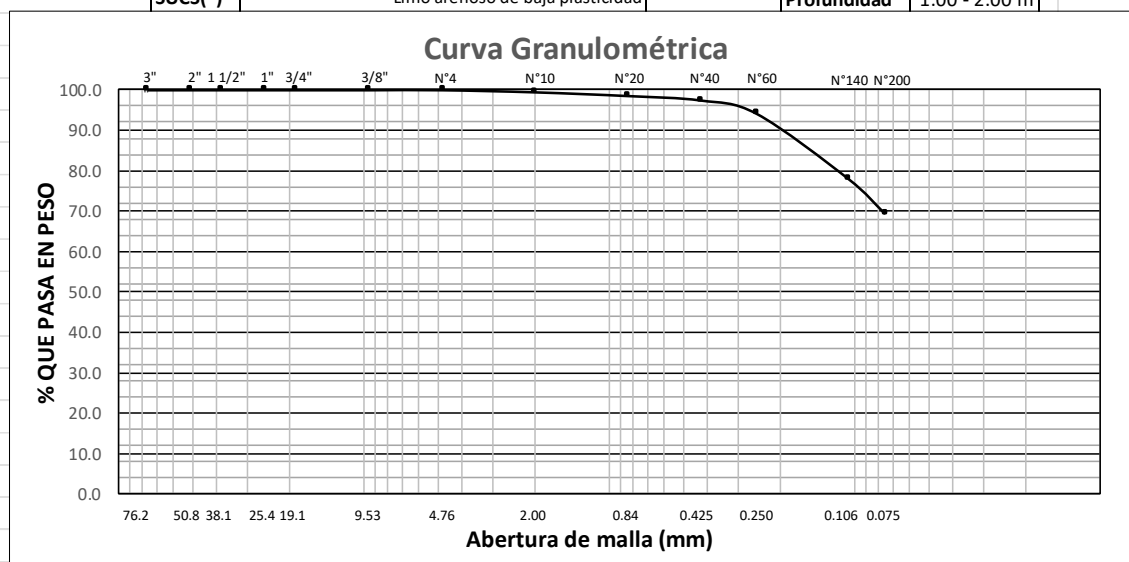
**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

NTP 339 - 128 : 1999 (Rev. 2019)

ABERTURA DE MALLA		MASA RETENIDA (g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
(Pulg.)	(mm)					Muestra inicial (g.)	:
3"	76.200	---	---	---	100.0	Fracción fina (g.)	---
2"	50.800	---	---	---	100.0	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
1 1/2"	38.100	---	---	---	100.0	% Bolones (75 - 300 mm)	---
1"	25.400	---	---	---	100.0	% Gravas (4.75 - 75 mm)	0.0
3/4"	19.050	---	---	---	100.0	% Arenas (0.075 - 4.75 mm)	30.6
3/8"	9.525	---	---	---	100.0	% Arena gruesa (4.75 - 2.00 mm)	0.5
N° 4	4.760	---	---	---	100.0	% Arena media (2.00 - 0.42 mm)	2.0
N° 10	2.000	1.01	0.5	0.5	99.5	% Arena fina (2.00 - 0.42 mm)	28.1
N° 20	0.840	1.76	0.9	1.4	98.6	% Limos y arcillas (<0.075 mm)	69.4
N° 40	0.425	2.09	1.1	2.5	97.5	Diámetro efectivo D60 (mm)	---
N° 60	0.250	6.41	3.3	5.9	94.1	Diámetro efectivo D30 (mm)	---
N° 140	0.106	30.87	16.1	21.9	78.1	Diámetro efectivo D10 (mm)	---
N° 200	0.075	16.67	8.7	30.6	69.4	Coefficiente de uniformidad (Cu)	---
< N° 200	FONDO	133.50	69.4	100.0	0.0	Coefficiente de curvatura (Cc)	---

Límite Líquido (%)	28.0
Límite Plástico (%)	23.0
Índice de Plasticidad (%)	5.0
SUCS(*)	Limo arenoso de baja plasticidad

Muestra	S - 01 / M - 01
SUCS(*)	ML
AASHTO(*)	A-4 (7)
Profundidad	1.00 - 2.00 m




**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

 -Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

 Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES

**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

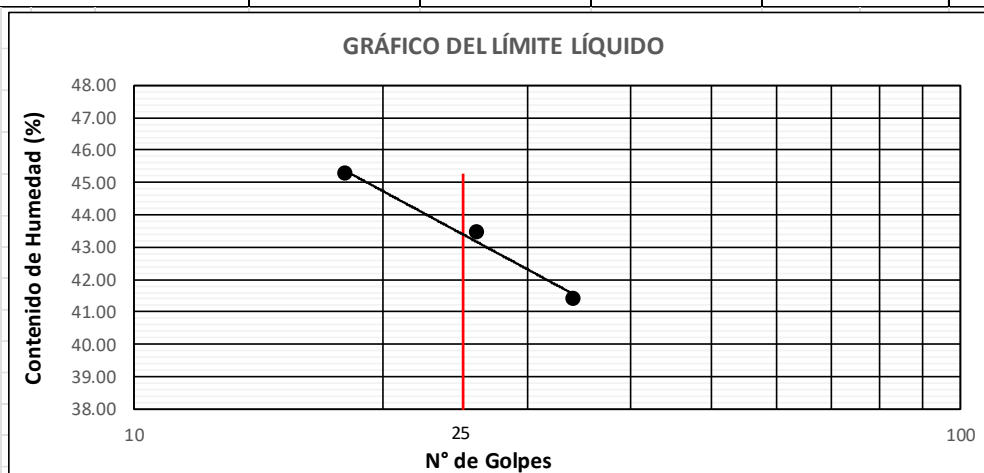
**FECHA** : 22/04/2023

**LIMITES DE ATTERBERG**

NTP 339 - 129:1999 (Rev. 2019)

<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>	Método de preparación húmeda	<b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N°40	<b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b>	Manual
	Preparación con agua destilada	<b>PORCENTAJE RETENIDO EN TAMIZ N°4</b>	3%

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de Tara	41	32	19	68	74
N° de Golpes	18	26	34	---	---
Tara + Suelo húmedo (g.)	25.64	26.66	25.84	18.66	20.71
Tara + Suelo seco (g.)	22.11	22.72	22.23	17.70	19.68
Masa del Agua (g.)	3.53	3.94	3.61	0.96	1.03
Masa de la Tara (g.)	14.31	13.65	13.51	12.16	13.68
Masa del Suelo Seco (g.)	7.80	9.07	8.72	5.54	6.00
Porcentaje de Humedad (%)	45.26	43.44	41.40	17.33	17.17



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	43.0
Límite Plástico	17.0
Índice de Plasticidad	26.0

<b>CALICATA</b>	S - 01 / M - 02
<b>Profundidad</b>	2.00 - 3.00 m
<b>Clasificación SUCS(*)</b>	CL
<b>Clasificación AASHTO(*)</b>	A-7-6 (15)


**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 22/04/2023

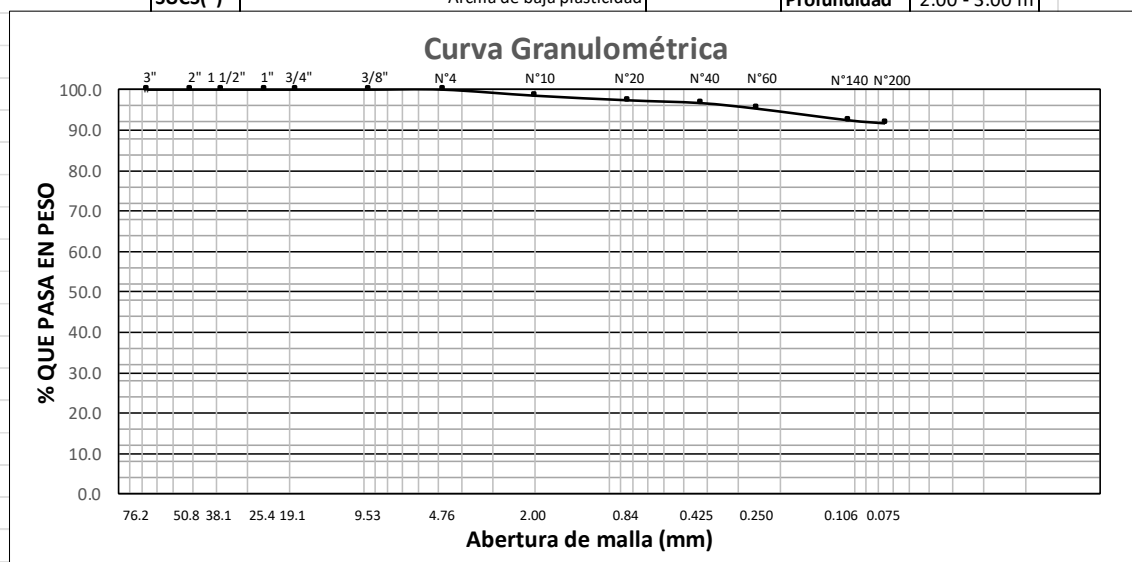
**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

NTP 339 - 128 : 1999 (Rev. 2019)

ABERTURA DE MALLA		MASA RETENIDA (g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
(Pulg.)	(mm)					Muestra inicial (g.)	:
3"	76.200	---	---	---	100.0	Fracción fina (g.)	171.05
2"	50.800	---	---	---	100.0	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
1 1/2"	38.100	---	---	---	100.0	% Bolones (75 - 300 mm)	---
1"	25.400	---	---	---	100.0	% Gravas (4.75 - 75 mm)	0.0
3/4"	19.050	---	---	---	100.0	% Arenas (0.075 - 4.75 mm)	8.2
3/8"	9.525	---	---	---	100.0	% Arena gruesa (4.75 - 2.00 mm)	1.5
N° 4	4.760	---	---	---	100.0	% Arena media (2.00 - 0.42 mm)	1.8
N° 10	2.000	2.52	1.5	1.5	98.5	% Arena fina (2.00 - 0.42 mm)	4.9
N° 20	0.840	1.89	1.1	2.6	97.4	% Limos y arcillas (<0.075 mm)	91.8
N° 40	0.425	1.16	0.7	3.3	96.7	Diámetro efectivo D60 (mm)	---
N° 60	0.250	2.34	1.4	4.6	95.4	Diámetro efectivo D30 (mm)	---
N° 140	0.106	4.81	2.8	7.4	92.6	Diámetro efectivo D10 (mm)	---
N° 200	0.075	1.29	0.8	8.2	91.8	Coefficiente de uniformidad (Cu)	---
< N° 200	FONDO	157.04	91.8	100.0	0.0	Coefficiente de curvatura (Cc)	---

Límite Líquido (%)	43.0
Límite Plástico (%)	17.0
Índice de Plasticidad (%)	26.0
SUCS(*)	Arcilla de baja plasticidad

Muestra	S - 01 / M - 02
SUCS(*)	CL
AASHTO(*)	A-7-6 (15)
Profundidad	2.00 - 3.00 m




**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

 -Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

 Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
 Telef. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

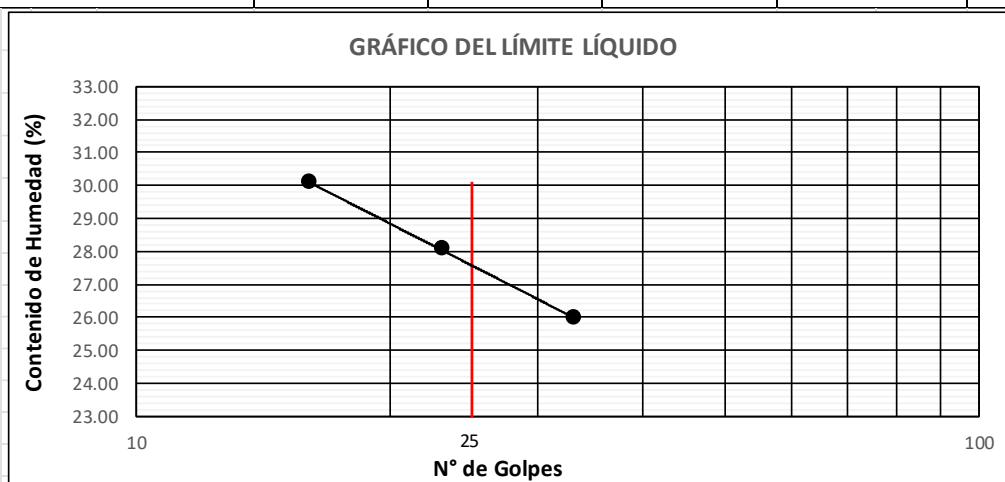
<b>TESISTA</b>	: MARIO OBLITAS GONZALES
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>FECHA</b>	: 22/04/2023

**LIMITES DE ATTERBERG**

NTP 339 - 129:1999 (Rev. 2019)

<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>	Método de preparación húmeda	<b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N°40	<b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b>	Manual
	Preparación con agua destilada	<b>PORCENTAJE RETENIDO EN TAMIZ N°4</b>	23%

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de Tara	41	32	26	7	18
N° de Golpes	16	23	33	---	---
Tara + Suelo húmedo (g.)	28.64	26.34	27.41	20.11	19.68
Tara + Suelo seco (g.)	25.17	23.23	24.64	19.09	18.67
Masa del Agua (g.)	3.47	3.11	2.77	1.02	1.01
Masa de la Tara (g.)	13.64	12.16	13.98	13.51	13.17
Masa del Suelo Seco (g.)	11.53	11.07	10.66	5.58	5.50
Porcentaje de Humedad (%)	30.10	28.09	25.98	18.28	18.36



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	28.0
Límite Plástico	18.0
Índice de Plasticidad	10.0

<b>CALICATA</b>	S - 01 / M - 03
<b>Profundidad</b>	3.00 - 4.00 m
<b>Clasificación SUCS(*)</b>	SC
<b>Clasificación AASHTO(*)</b>	A-2-4 (0)



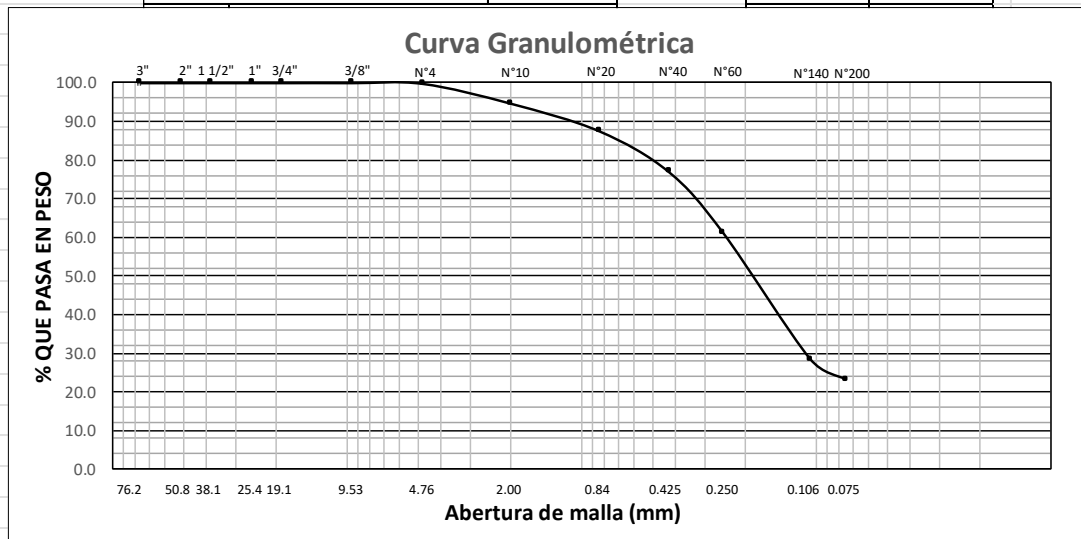
AYCEXPLORACION GEOTECNICAS S.R.L. - MECANICA DE SUELOS Y MECANICA DE VOLLOS S.R.L.  
 - Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 - Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras  
 Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" - Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 22/04/2023

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**NTP 339 - 128 : 1999 (Rev. 2019)**

ABERTURA DE MALLA		MASA RETENIDA (g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
(Pulg.)	(mm)					Muestra inicial (g.)	:
3"	76.200	---	---	---	100.0	Fracción fina (g.)	: 263.87
2"	50.800	---	---	---	100.0	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
1 1/2"	38.100	---	---	---	100.0	% Bolones (75 - 300 mm)	---
1"	25.400	---	---	---	100.0	% Gravas (4.75 - 75 mm)	0.2
3/4"	19.050	---	---	---	100.0	% Arenas (0.075 - 4.75 mm)	76.6
3/8"	9.525	---	---	---	100.0	% Arena gruesa (4.75 - 2.00 mm)	5.2
N° 4	4.760	0.51	0.2	0.2	99.8	% Arena media (2.00 - 0.42 mm)	17.7
N° 10	2.000	13.61	5.2	5.4	94.6	% Arena fina (2.00 - 0.42 mm)	53.7
N° 20	0.840	18.86	7.1	12.5	87.5	% Limos y arcillas (<0.075 mm)	23.2
N° 40	0.425	27.80	10.5	23.0	77.0	Diámetro efectivo D60 (mm)	---
N° 60	0.250	41.39	15.7	38.7	61.3	Diámetro efectivo D30 (mm)	---
N° 140	0.106	86.57	32.8	71.5	28.5	Diámetro efectivo D10 (mm)	---
N° 200	0.075	13.85	5.2	76.8	23.2	Coefficiente de uniformidad (Cu)	---
< N° 200	FONDO	61.28	23.2	100.0	0.0	Coefficiente de curvatura (Cc)	---

Límite Líquido (%)	28.0	Muestra	S - 01 / M - 03
Límite Plástico (%)	18.0	SUCS(*)	SC
Índice de Plasticidad (%)	10.0	AASHTO(*)	A-2-4 (0)





**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" – Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque - Perú  
Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 22/04/2023

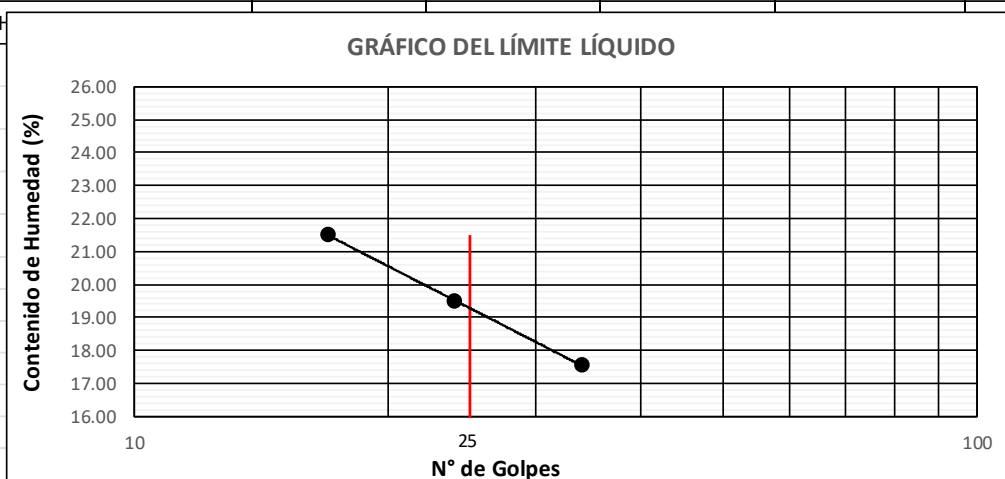
**LIMITES DE ATTERBERG**

NTP 339 - 129:1999 (Rev. 2019)

<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>	Método de preparación húmeda	<b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N°40	<b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b>	Manual
	Preparación con agua destilada	<b>PORCENTAJE RETENIDO EN TAMIZ N°4</b>	8%

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de Tara	2	30	15	10	17
N° de Golpes	17	24	34	---	---
Tara + Suelo húmedo (g.)	26.65	28.61	27.64	18.64	18.97
Tara + Suelo seco (g.)	24.26	26.25	25.55	17.99	18.22
Masa del Agua (g.)	2.39	2.36	2.09	0.65	0.75
Masa de la Tara (g.)	13.15	14.13	13.65	13.99	13.62
Masa del Suelo Seco (g.)	11.11	12.12	11.90	4.00	4.60

Porcentaje de H 6.30



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	19.0
Límite Plástico	16.0
Índice de Plasticidad	3.0

<b>CALICATA</b>	S - 01 / M - 04
<b>Profundidad</b>	4.00 - 4.80 m
<b>Clasificación SUCS(*)</b>	ML
<b>Clasificación AASHTO(*)</b>	A-4 (9)



-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras  
 Prolong. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt "59" - Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque - Perú  
 Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

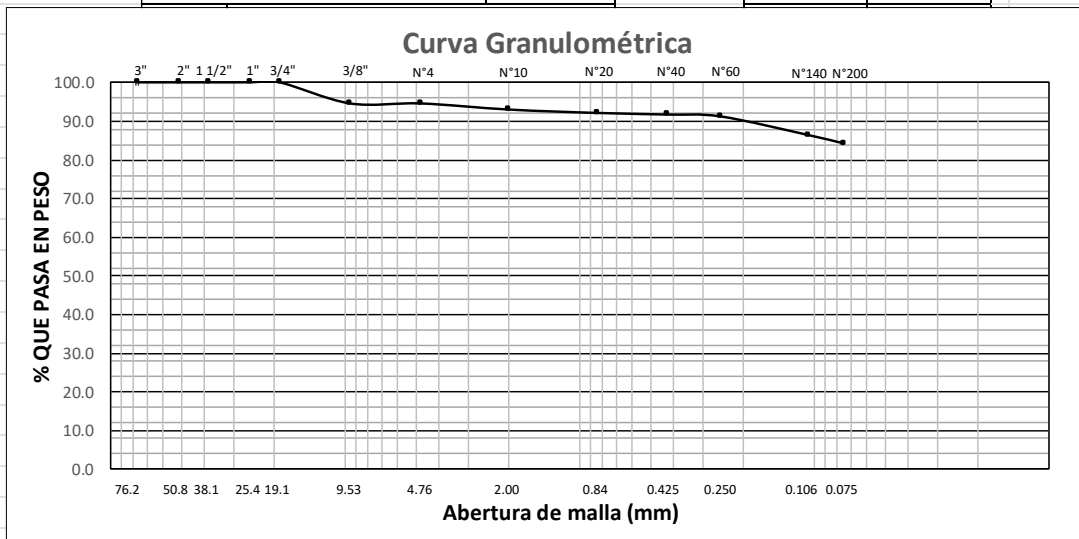
**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 22/04/2023

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

NTP 339 - 128 : 1999 (Rev. 2019)

ABERTURA DE MALLA		MASA RETENIDA (g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
(Pulg.)	(mm)					Muestra inicial (g.)	:
3"	76.200	---	---	---	100.0	Fracción fina (g.)	: 242.98
2"	50.800	---	---	---	100.0	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
1 1/2"	38.100	---	---	---	100.0	% Bolones (75 - 300 mm)	---
1"	25.400	---	---	---	100.0	% Gravas (4.75 - 75 mm)	5.4
3/4"	19.050	---	---	---	100.0	% Arenas (0.075 - 4.75 mm)	10.2
3/8"	9.525	13.20	5.4	5.4	94.6	% Arena gruesa (4.75 - 2.00 mm)	1.6
N° 4	4.760	---	---	5.4	94.6	% Arena media (2.00 - 0.42 mm)	1.3
N° 10	2.000	3.82	1.6	7.0	93.0	% Arena fina (2.00 - 0.42 mm)	7.4
N° 20	0.840	2.11	0.9	7.9	92.1	% Limos y arcillas (<0.075 mm)	84.3
N° 40	0.425	1.00	0.4	8.3	91.7	Diámetro efectivo D60 (mm)	---
N° 60	0.250	1.19	0.5	8.8	91.2	Diámetro efectivo D30 (mm)	---
N° 140	0.106	11.59	4.8	13.5	86.5	Diámetro efectivo D10 (mm)	---
N° 200	0.075	5.19	2.1	15.7	84.3	Coefficiente de uniformidad (Cu)	---
< N° 200	FONDO	204.88	84.3	100.0	0.0	Coefficiente de curvatura (Cc)	---

Límite Líquido (%)	19.0	Muestra	S - 01 / M - 04
Límite Plástico (%)	16.0	SUCS(*)	ML
Índice de Plasticidad (%)	3.0	AASHTO(*)	A-4 (9)




**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**TESISTA** : MARIO OBLITAS GONZALES  
**PROYECTO** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CIMENTADO EN SUELO BLANDO CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**FECHA** : 24/04/2023

**ANALISIS QUÍMICO DEL SUELO**

<b>ENSAYO DE SALES SOLUBLES NTP 339.152 / BS 1377</b>			<b>S - 01 / M - 01</b>	<b>S - 01 / M - 03</b>
1	RELACION DE MEZCLA SUELO + AGUA DESTILADA		1.2	1.2
2	NUMERO DE BEAKER		3	2
3	PESO DEL BEAKER	g	124.65	125.05
4	PESO DEL BEAKER + RESIDUO DE SALES	g	124.70	125.09
5	PESO DEL RESIDUO DE SALES	g	0.050	0.040
6	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	ml	45	44
7	CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUOTA	ppm	1111.1	909.1
8	CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	ppm	333	273
9	CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO	%	<b>0.033</b>	<b>0.027</b>
<b>ENSAYO DE CLORUROS SOLUBLES AASHTO T291 - NTP 339.177</b>			<b>S - 01 / M - 01</b>	<b>S - 01 / M - 03</b>
1	VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	ml	300	300
2	PESO DEL SUELO SECO	g	100	100
3	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	ml	25.00	25.00
4	TITULACION DE LA SOLUCION NITRATO DE PLATA	T	1.05	1.05
5	CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	ml	4.300	4.310
6	PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	g	8.35	8.35
7	PH DE ENSAYO		7.1	7.2
8	CONTENIDO DE CLORUROS	ppm	126	135
9	CONTENIDO DE CLORUROS	%	<b>0.013</b>	<b>0.014</b>
<b>ENSAYO DE SULFATOS SOLUBLES NTP 339.178 / AASHTO T290</b>			<b>S - 01 / M - 01</b>	<b>S - 01 / M - 03</b>
1	VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	ml	300	300
2	PESO DE SUELO SECO	g	100	100
3	NUMERO DEL CRISOL		3	1
4	PESO DEL CRISOL	g	23.566	23.121
5	PESO DEL CRISOL + RESIDUOS DEL SULFATO	g	23.571	23.125
6	PESO DE RESIDUOS DEL SULFATO	g	0.005	0.004
7	VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA	ml	35.0	35.0
8	PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE LA SOLUCION	g	12	12
9	CONCENTRACION DE ION SULFATO	ppm	143	114
10	CONTENIDO DE SULFATOS	%	<b>0.014</b>	<b>0.011</b>

## PANEL FOTOGRÁFICO












**TESISTA** : Bach. Arq. MARIO OBLITAS GONZALES  
**TESIS** : ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**SONDEO** : S - 04 **ESTE:** 0626809  
**FECHA** : 19/04/2023 **NORTE:** 9246912

ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR (SPT)														
NTP 339.133														
COTA	Profundidad (m)	NUMERO DE GOLPES / PIE										N / PIE	SIMBOLO	DESCRIPCION
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
0.10													MATERIA ORGÁNICA	
0.20														
0.30														
0.40														
0.50														
0.60														
0.70														
0.80														
0.90														
1.00	-1.00													
1.10											12	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD SUELTA (M - 01)	
1.20										N <sub>1</sub> = 5				
1.30										N <sub>2</sub> = 5				
1.40										N <sub>3</sub> = 7				
1.50	-1.45													
1.60														
1.70														
1.80														
1.90														
2.00	-2.00													
2.10										14	CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA DE COLOR MARRÓN CLARO DE CONSISTENCIA MEDIANAMENTE FIRME CON PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.60 m (M - 02)		
2.20									N <sub>1</sub> = 6					
2.30									N <sub>2</sub> = 7					
2.40									N <sub>3</sub> = 7					
2.50	-2.45													
2.60	N.F.: 2.60 m													
2.70														
2.80														
2.90														
3.00	-3.00													
3.10									9	SC	ARENA ARCILLOSA DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD SUELTA A DENSA (M - 03)			
3.20												N <sub>1</sub> = 5		
3.30												N <sub>2</sub> = 5		
3.40												N <sub>3</sub> = 4		
3.50	-3.45													
3.60														
3.70														
3.80														
3.90														
4.00	-4.00													
4.10									31	SC	ARENA ARCILLOSA DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD SUELTA A DENSA (M - 03)			
4.20												N <sub>1</sub> = 14		
4.30												N <sub>2</sub> = 16		
4.40												N <sub>3</sub> = 15		
4.45	-4.45													
4.60														
4.70														
4.80														
4.90														
5.00	-5.00													
5.10									108	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA DE COLOR MARRÓN CLARO DE COMPACIDAD MUY DENSA (M - 04)			
5.20												N <sub>1</sub> = 31		
5.30												N <sub>2</sub> = 49		
5.40												N <sub>3</sub> = 59		
5.45	-5.35													
													REBOTE	

**Anexo 2**

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW**

 <p><b>EOPHYSNYC SG S.A.C.</b> Geofísica, Geotecnia y Minería</p>	<p><b>GEOPHYSNYC SERVICIOS GENERALES S.A.C.</b></p> <p><i>Calle Los Rosales B-19, Urb. Villa Mercedes, San Juan de Miraflores – Lima</i></p> <p><i>Calle Galilea C-5, P.J. Israel, Paucarpata – Arequipa</i></p>
--	--

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL DISIPADORES DE ENERGÍA**



**TESISTA:**

**UBICACIÓN:**

**LOCALIZACIÓN:**

**FECHA:**

MARIO OBLITAS GONZALES

CHICLAYO - CHICLAYO – LAMBAYEQUE

AV. GRAU SUB-LOTE 3C1 – CHICLAYO

2023

**CHICLAYO 2023**

## CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>132</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>132</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>132</b>
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	132
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	132
<b>1.3 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>132</b>
<b>2. FUDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>132</b>
<b>1.4 MÉTODOS INDIRECTOS.....</b>	<b>132</b>
1.2.1 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA .....	132
1.2.2 ENSAYO DE MASW.....	139
<b>3. EQUIPOS Y PARÁMETROS DE ADQUISIÓN.....</b>	<b>142</b>
<b>1.1 EQUIPO SISMÓGRAFO PARA REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW .....</b>	<b>142</b>
<b>1.2 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA REFRACCIÓN SÍSMICA.....</b>	<b>143</b>
<b>1.3 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA MASW .....</b>	<b>144</b>
<b>4. TRABAJO EN CAMPO Y PROCESAMIENTO .....</b>	<b>144</b>
<b>1.1 Preparación de Salida de Campo. ....</b>	<b>144</b>
<b>1.2 Ejecución del Trabajo de Campo .....</b>	<b>145</b>
1.2.3 Trabajo En Campo De Refracción Sísmica y MASW .....	145
1.2.4 Pickwin.....	146
1.2.5 Plotrefa. ....	147
1.2.6 Oasis Montaj.....	147
<b>1.3 Procesamiento De MASW.....</b>	<b>147</b>
1.2.7 Surface Wace Analysis Wizard .....	148
1.2.8 Wave (Surface Wave Analysis).....	148
1.2.9 Microsoft Excel .....	148
<b>5. UBICACIÓN Y COORDENADAS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>148</b>
<b>6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>150</b>

<b>6.1.</b>	<b>MASW – 1.....</b>	<b>150</b>
<b>1.4</b>	<b>CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN NORMA TÉCNICA .....</b>	<b>152</b>
<b>1.5</b>	<b>REFRACCIÓN SÍSMICA RS-1.....</b>	<b>154</b>
<b>1.6</b>	<b>PARÁMETROS ELÁSTICOS .....</b>	<b>155</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>158</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>159</b>

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Se desarrollo la investigación de las condiciones del subsuelo mediante la aplicación de métodos geofísicos para el estudio: estudio geofísico mediante los ensayos de refracción sísmica y MASW para el proyecto de investigación de tesis: análisis sísmico comparativo entre un edificio de gran altura con sistema convencional y disipadores de energía, con la finalidad de conocer las características sísmicas de la zona de estudio.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar el estudio geofísico mediante los métodos de Refracción Sísmica y MASW para determinar las propiedades estratigráficas del subsuelo.

#### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar líneas de refracción sísmica para obtener las velocidades de onda “P” mediante secciones, hasta la profundidad de 30 metros aproximadamente.
- Realizar perfiles sísmicos de Interpretación a partir de los datos obtenidos en campo.
- Realizar ensayos de MASW para determinar las velocidades de corte “S” hasta la profundidad de 30 metros aproximadamente.
- Clasificar el tipo de suelo según la norma IBC y la norma técnica Peruana E-030.
- Caracterizar los posibles materiales en el subsuelo a partir de métodos geofísicos indirectos.

### **1.3 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El proyecto se encuentra políticamente ubicada en el Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

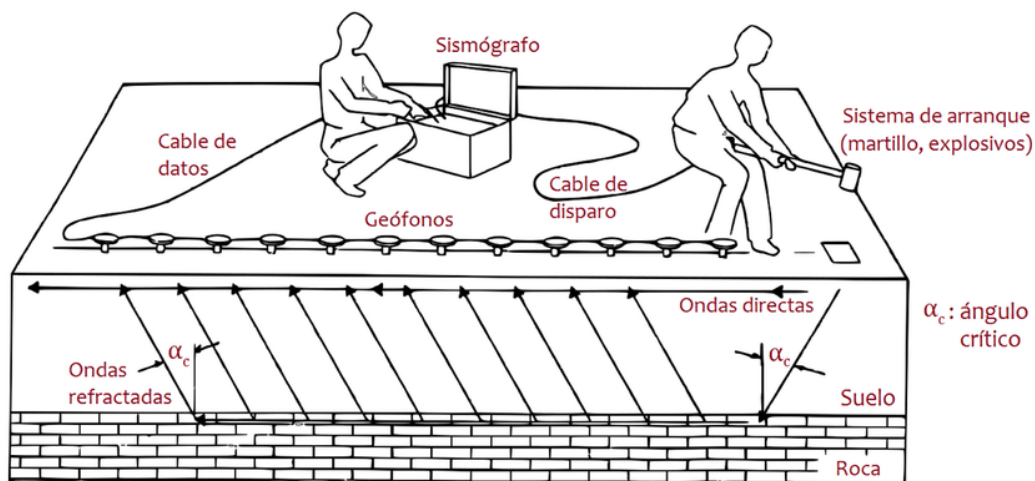
## **2. FUDAMENTO TEÓRICO**

### **1.4 MÉTODOS INDIRECTOS**

#### **1.2.1 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA**

El principio de la prospección sísmica es básicamente generar ondas sísmicas (ondas P) mediante iterativos golpes de una comba sobre un plato metálico (fuente), esta acción genera frentes de onda que viajan a diferentes velocidades en el medio geológico, debido a las características de la masa y/o medio, desde la fuente de energía

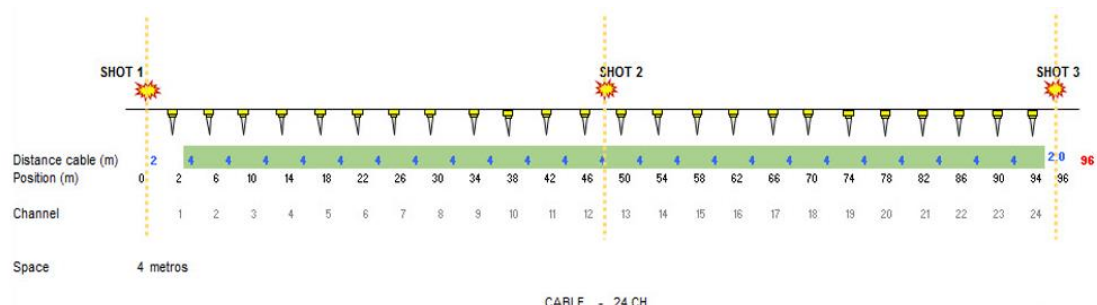
(el punto donde se aplica el golpe constituye la fuente) hasta los sensores (geófonos). En esas interfaces, ocurre un proceso de disgregación de la energía, por lo cual una porción de la energía continúa su propagación hacia el interior de la tierra, mientras que la otra porción va por la interfaz entre los estratos sísmicos y luego regresa a la superficie, donde es registrada por dispositivos detectores (geófonos). (Knott C., 1989)



**Figura 1. Distribución en campo de los geófonos en el ensayo de refracción sísmica Fuente: Tomado de ASTM D5777 (2011)**

El ensayo de refracción sísmica se basa en que, a mayor profundidad, la velocidad de transmisión en el medio aumenta debido a la compactación del suelo y su composición.

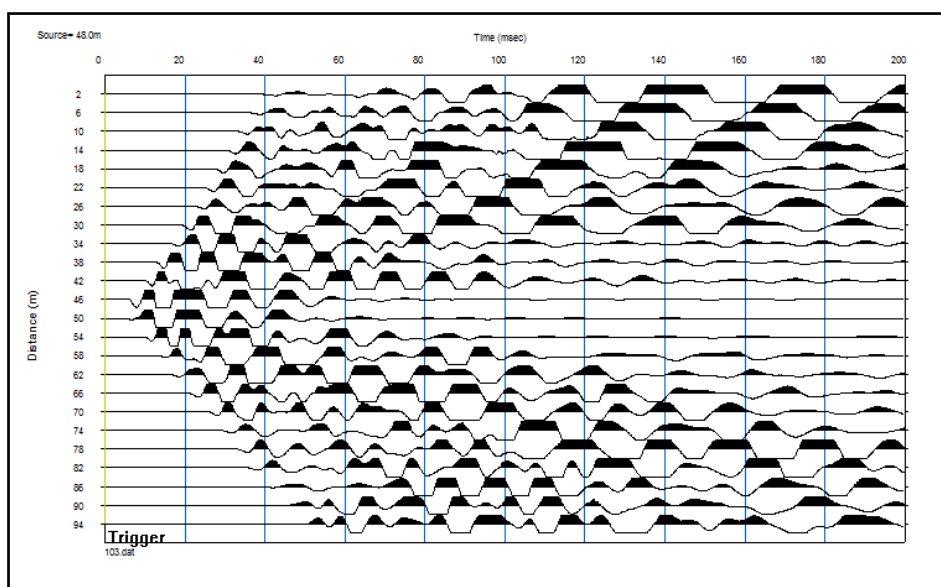
Las ondas generadas por los impactos o golpes arriban a los geófonos, después de un tiempo “t” y dependen también de la distancia “d”, al martillo, y tanto de la elasticidad, como de la densidad del medio.



**Figura 2. Tendido Sísmico Característico y Disposición de los Puntos de impacto “Shot Points”. Fuente: Elaboración Propia**

Los arribos de las ondas producen vibraciones que son registrados en cada uno de los geófonos y estos son amplificadas por el sismógrafo y visualizados en la pantalla de una laptop. El Esquema nos muestra un tendido sísmico característico y la distribución de los impactos en la línea geofísica.

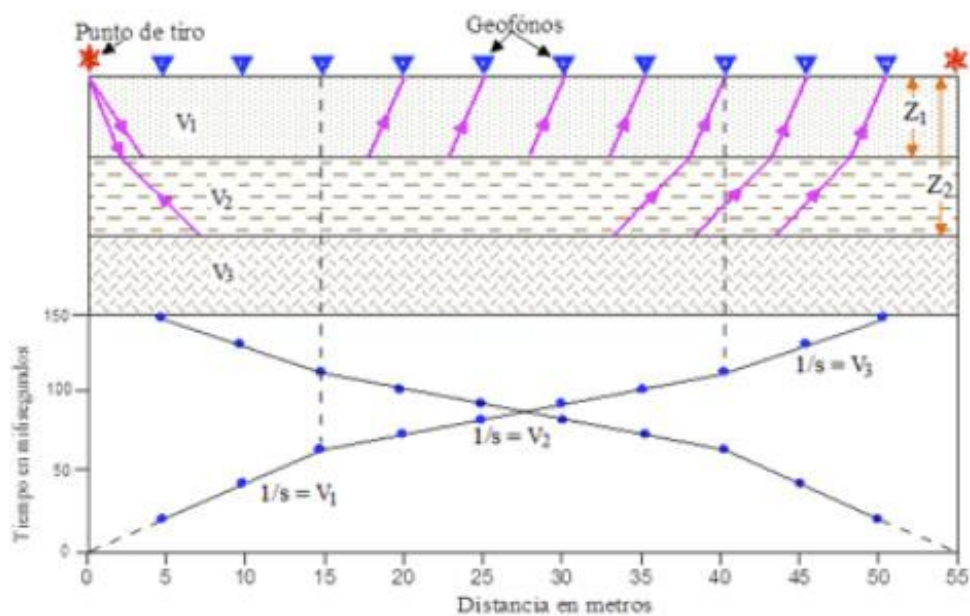
Los métodos Sísmicos son unos de los principales métodos de investigación por su forma rápida de realizarse, y por la abundante información que se obtiene de ellas y que es de gran ayuda para los informes geotécnicos, estructurales y civiles (mayormente en países como España, Colombia y Chile), otros campos donde es de gran ayuda son la determinación de velocidades de ondas compresionales y de corte, parámetros dinámicos, módulos elásticos, determinación de la excavabilidad - ripabilidad en suelo y roca, clasificación geomecánica del subsuelo, etc. (Ampuero S., 1999)



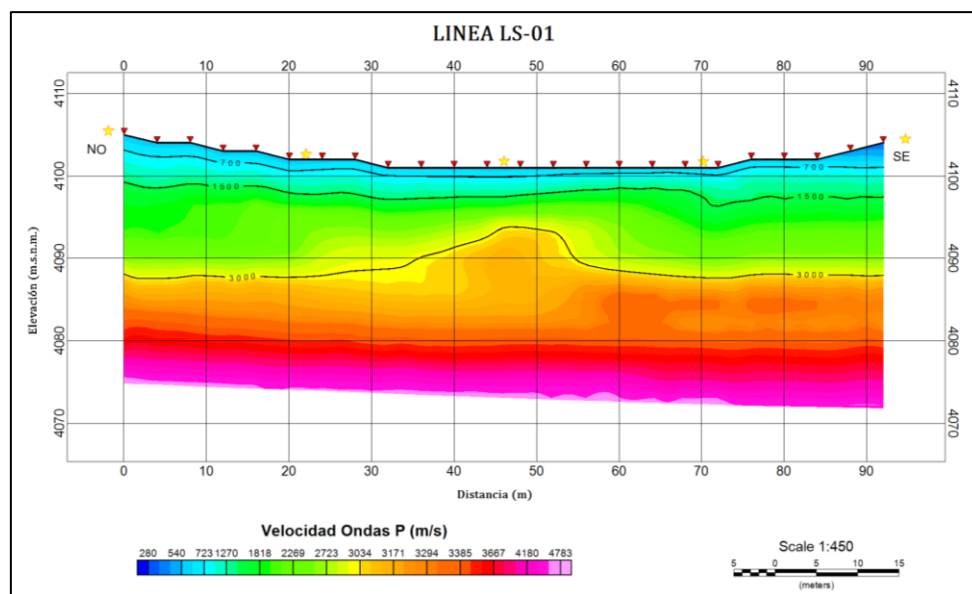
**Figura 3. Figura de la llegada de ondas, el impacto se realiza al centro de la línea.**

*Fuente: Elaboración Propia*

Los datos consisten en tiempos de viajes y distancias, siendo el tiempo de viaje el intervalo entre el tiempo cero y el instante en que el detector empieza a responder a la perturbación. Esta información tiempo-distancia (dromocrónica) es procesada para obtener una interpretación en la forma de velocidades de propagación de ondas y la estructura de los estratos del subsuelo, según se observa en la Figura 4.



**Figura 4.** Curva dromocrónica para el caso de tres capas (Modificado de Sheriff et al., 1991).



**Figura 5.** Ejemplificación de perfil invertido de Refracción Sísmica 2D - ondas P Fuente: *Elaboración Propia*

### 2.1.1.1. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN DE LAS $V_p$

Los criterios de análisis establecidos para la interpretación de los ensayos geofísicos fueron determinados según la experiencia de estudios efectuados por diversos autores y los estándares internacionales de la ingeniería geotécnica. En la siguiente tabla se presentan las correlaciones de velocidad de ondas P asociados a depósitos de suelos y roca.

**Cuadro 1. Correlaciones de velocidad de ondas P asociados a depósitos de suelos y roca.****Fuente: Arce Helberg (1990)**

DESCRIPCIÓN	V <sub>p</sub> (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy fracturada o aluvi3n compacto	1000 – 2000
Roca fracturada o aluvi3n muy compacto	2000 – 4000
Roca ligeramente fracturada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

**Cuadro 2. Clasificaci3n de perfiles de suelo. Fuente: CNA (1993) y la ASTM-D5777**

CNA, 1993		ASTM - D5777	
Velocidad V <sub>p</sub> (m/s)	Descripci3n	Velocidad V <sub>p</sub> (m/s)	Descripci3n
170 - 450	Suelos arenosos	240 - 610	Suelo intemperizado
300 - 650	Suelos con finos	460 - 915	Grava o arena seca
500 - 900	Suelos gruesos	1830 - 1220	Arena saturada
800 - 1400	Dep3sitos de talud	910 - 2750	Arcilla saturada
1450 - 1550	Materiales saturados	1430 - 1665	Agua
1400 - 2000	Roca blanda	1460 - 1525	Agua de mar
1800 - 2500	Roca muy fracturada	1830 - 3960	Arenisca
2000 - 3000	Roca fracturada	2750 - 4270	Esquisto, arcilla esquistosa
3000 - 5000	Roca intacta	1830 - 3960	Tiza
4500 - 6500	Granito sano	2134 - 6100	Caliza
6000 - 7500	Rocas metam3rficas	4575 - 5800	Granito
5500 - 8000	Caliza intacta	3050 - 7000	Roca metam3rfica

**Cuadro 3. Velocidad de las Ondas P y S en diferentes medios. Fuente: Telford W.M., y Sheriff R.E., 1991; Figuerola C., 1989.**

<b>MEDIO</b>	<b>VELOCIDAD DE LA ONDA PRIMARIA (Vp) en m/seg (POROSIDAD EN %)</b>	<b>VELOCIDAD DE LA ONDA SECUNDARIA (Vs) en (m/seg)</b>
Capa meteorizada	300 - 900	
Aluviones Modernos	350 - 1500	
Arcilla	1000 - 2000	
Conglomerados	2500 - 5000	400 - 700
Petróleo	1200 - 1400	
Agua	1500	
Lodo	1500 - 1800	
Lutita	1600 (40%) - 4100 (5%)	
Arenisca	1900 (40%) - 4100 (5%)	2150
Calizas	1900 - 3500	1350
Carbón	3900 (20%) - 6100 (0%)	
Sal	4500	
Dolomita	4900 (20%) - 7100 (0%)	
Yeso y Anhidrita	5700 - 6200	
Granito	5200	300
Basalto	6400	3200

**Cuadro 4. Tabla de Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo. Fuente: Martínez Vargas A. (1990)**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Vp (m/s)</b>
Arena suelta sobre el manto freático	245 – 610
Suelo Blando	< 300
Arena suelta bajo el manto freático	45 – 1220
Arenas y gravas	300 – 1000
Arena Suelta mezclada con grava húmeda	455 – 1065
Rocas blandas, grava y arena compacta	1000 - 2000
Grava suelta, húmeda	455 - 915
Roca compacta	2000 - 4000
Roca muy compacta	> 4000

**Cuadro 5. Valores típicos de velocidades de ondas P y S.**

<b>Tipo de suelos</b>	<b><math>\rho</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		
Suelo superficial	1.2	250	90
Turba	1.2	250	90
Ceniza Volcánica	1.6	1100	170
Limo	1.6	1150	210
Arcilla	1.6	1330	350
Arena	1.6	1760	450
Arena Fina	1.6	1780	460
Arena Media	1.6	1810	600
Arena Gruesa	1.6	1700	300
Arena Marina	1.6	1350	360
Grava	1.7	1910	510
Grava Gruesa	1.8	2250	650
Esquisto de barro, depósito o acarreo fluvial	1.7	1750	

**Cuadro 6. Geofísica Aplicada a la Hidrogeología CJ. Astier – Madrid – España (1975)**

<b>Formaciones</b>	<b>V<sub>p</sub> (m/s)</b>
Aire	330
Agua dulce	1450
Limos	200 - 600
Capa superficial no consolidada y seca	200 - 600
Aluviones secos	600 - 1200
Aluviones húmedos	1600 - 2400
Arcillas	1800 - 2500
Tobas Volcánicas	1800 - 2500
Margas, creta	2300
Arenisca	2000 - 3500
Lavas	2500 - 4000
Calizas y dolomitas	3500
Esquistos, mica esquistos	3000 - 4500
Gneis, cuarcitas	3500 - 5000
Granitos	4000 - 6000

### 1.2.2 ENSAYO DE MASW

El ensayo MASW o análisis de múltiples canales de ondas superficiales permite por medio del registro y posterior análisis de ondas superficiales, generadas por una fuente activa, la estimación del perfil de velocidad de ondas de corte del sitio en estudio. Presenta una serie de ventajas técnicas y logísticas que lo han llevado a ser uno de los principales métodos utilizados para la definir clasificación sísmica del suelo, según el International Building Code (IBC, 2019). Utiliza equipos semejantes a la refracción sísmica y presenta un procedimiento parecido, lo que la hace una técnica muy eficiente, combinando una buena precisión, poco tiempo de consumo por ensayo y un bajo costo de operación en relación con otras técnicas sísmicas.

Fue presentado por primera vez en la Geofísica el año 1999, el análisis de múltiples canales de ondas superficiales es uno de los métodos de investigación sísmica que evalúan la condición elástica del suelo para fines de ingeniería geotécnica. El ensayo MASW primero mide las ondas sísmicas superficiales generados a partir de diferentes tipos de fuentes sísmicas (como un martillo), realiza el análisis de las velocidades de propagación de estas ondas de superficie, y, finalmente, calcula la variación de la velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) por debajo de la zona de estudio a partir de un modelo patrón de velocidad de propagación de las ondas de superficie.

La velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) permite hallar una de las constantes elásticas y está estrechamente relacionado con el módulo de Young. Bajo la mayoría de las circunstancias,  $V_s$  es un indicador directo de la rigidez del suelo y por lo tanto se utiliza comúnmente para estimar la capacidad de soporte de carga. Después de un procedimiento relativamente simple, se puede definir  $V_s$  por medio de los modelos 1-D, 2-D y 3-D.

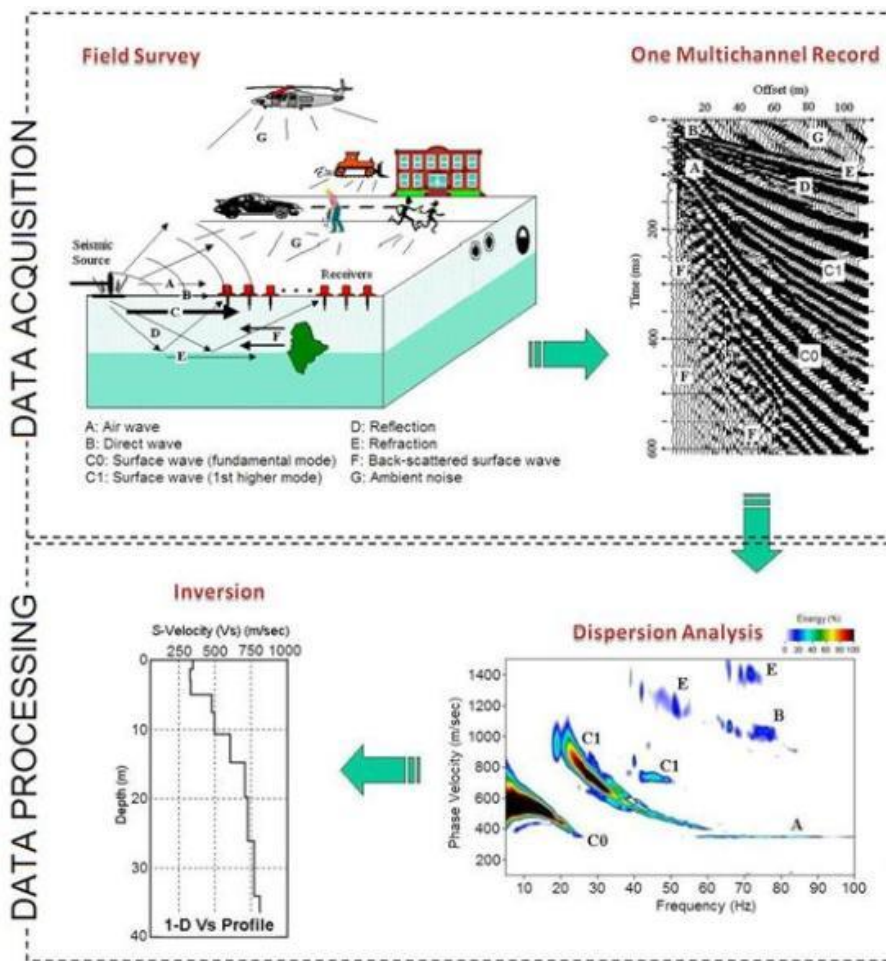


Figura 6. Esquema Procedimiento Método MASW. Fuente: Park, 2007.

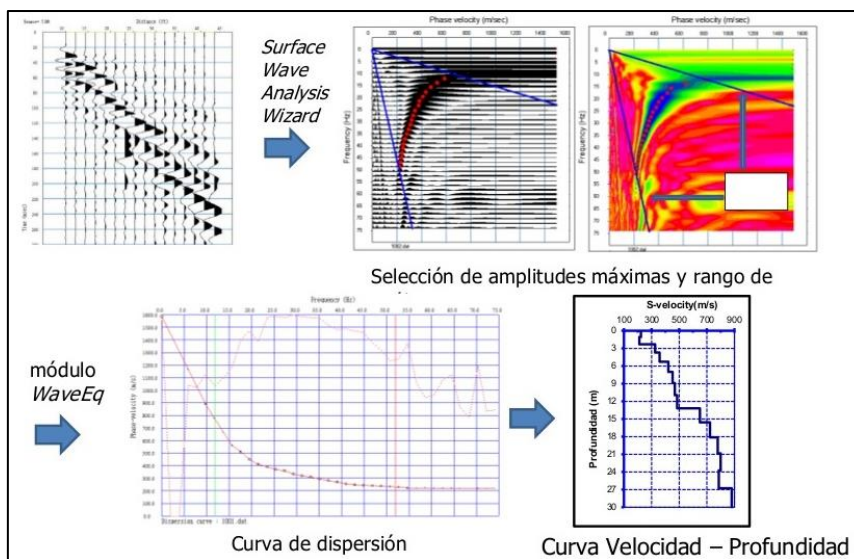
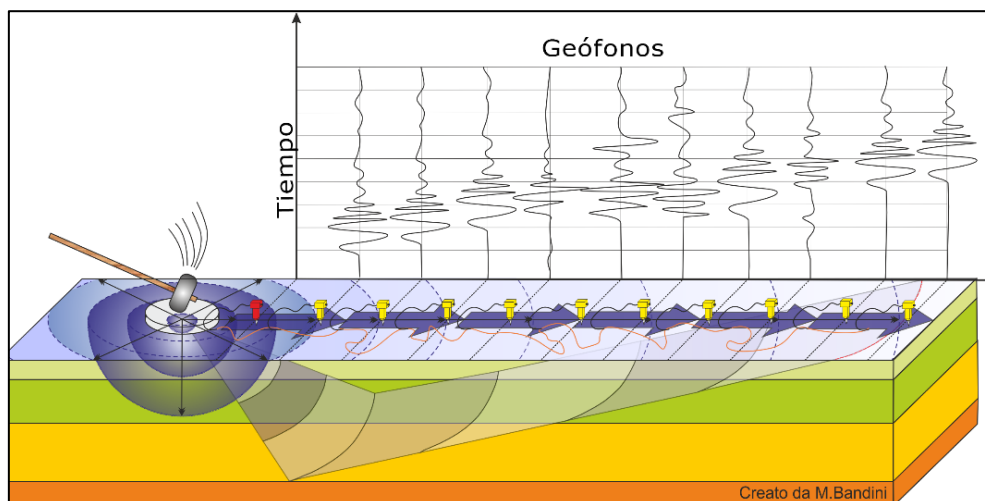


Figura 7. Modelado y Análisis (MASW 1D). Fuente: Seisimager

Estas técnicas se usan con bastante frecuencia en la exploración geotécnica para la cimentación de puentes, presas de tierra, presas de relaves, pads de lixiviación y

estructuras con cimentación profunda (edificaciones con varios sótanos), obteniéndose buenas correlaciones con los perfiles estratigráficos del suelo en los casos donde se han realizados perforaciones diamantinas, así como con los resultados de los ensayos SPT, por lo que tiene una buena confiabilidad y constituye una alternativa muy económica para la evaluación de los parámetros elásticos del suelo de fundación.



**Figura 8. Esquema de realización del ensayo geofísico (MASW 1D)**

### 2.1.2.1. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN DE LAS Vs

En la siguiente tabla se presentan las correlaciones de velocidad de ondas S asociados a depósitos de suelos y roca.

**Cuadro 7. Diseño-Sísmico-de-Edificios-noviembre-2011 – Chile (antes NCh 433).**

Suelo Tipo	$V_{s30}$ (m/s)	RQD	$q_u$ (MPa)	$(N_1)$ (golpes/pie)	$S_u$ (MPa)
A Roca, suelo cementado	$\geq 900$	$\geq 50\%$	$\geq 10$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )		
B Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	$\geq 500$		$\geq 0,40$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 50$	
C Suelo denso o firme	$\geq 350$		$\geq 0,30$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 40$	
D Suelo medianamente denso, o firme	$\geq 180$			$\geq 30$	$\geq 0,05$
E Suelo de compactidad, o consistencia mediana	$< 180$			$\geq 20$	$< 0,05$
F Suelos Especiales	*	*	*	*	*

<b><math>N_1</math></b> :	Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas
<b>RQD</b> :	Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032
<b><math>q_u</math></b> :	Resistencia a la compresión simple del suelo
<b><math>\epsilon_{qu}</math></b> :	Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple
<b><math>S_u</math></b> :	Resistencia al corte no-drenada del suelo

**Cuadro 8. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures – USA 2010**

**Site Classification procedure for Seismic Design – ASCE 7-10**

CHAPTER 20 SITE CLASSIFICATION PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN			
Table 20.3-1 Site Classification			
Site Class	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
A. Hard rock	>5,000 ft/s	NA	NA
B. Rock	2,500 to 5,000 ft/s	NA	NA
C. Very dense soil and soft rock	1,200 to 2,500 ft/s	>50	>2,000 psf
D. Stiff soil	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
E. Soft clay soil	<600 ft/s	<15	<1,000 psf
	Any profile with more than 10 ft of soil having the following characteristics: —Plasticity index $PI > 20$ , —Moisture content $w \geq 40\%$ , —Undrained shear strength $\bar{s}_u < 500$ psf		
F. Soils requiring site response analysis in accordance with Section 21.1	See Section 20.3.1		

For SI: 1 ft/s = 0.3048 m/s; 1 lb/ft<sup>2</sup> = 0.0479 kN/m<sup>2</sup>.

### 3. EQUIPOS Y PARÁMETROS DE ADQUISIÓN

#### 1.1 EQUIPO SISMÓGRAFO PARA REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW

En la obtención de los sismogramas se ha empleado un sismógrafo marca Subsuelo3D y modelo SEISMEX24, el cual cuenta con 24 canales de registro de ondas de llegada, y de 24 bits de resolución, complementan el sistema 24 geófonos de 4.5 Hz, cables sísmicos y cables de sincronización con la generación de la onda, a esto le agregamos una laptop de campo, baterías y herramientas.

- Adquisidor de datos Geometrics SEISMEX24, de 24 canales.
- 24 geófonos de 4.5 Hz.
- 01 cables Trigger de 150 m.
- 01 laptop
- 01 comba de 20 lbs de pesa
- 01 plato metálico.
- 01 baterías de 12 voltios.

- Herramientas varias.




*Figura 9. Equipos empleados en la Refracción Sísmica, GEODE24. Fuente: Equipo Propio*

## 1.2 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA REFRACCIÓN SÍSMICA

Los parámetros de levantamiento de campo se presentan a continuación:


**Cuadro 9. Parámetros de Refracción sísmica. Fuente: Elaboración Propia**

MEDICIONES	TIEMPO DE ARRIBO DE ONDAS P
CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO	Lineal 
INTERVALO ENTRE GEOFÓNOS	2 m
NÚMERO DE GEOFÓNOS	24
INTERVALO DE MUESTREO	0.5s y 0.25 ms.
FUENTE DE GOLPE	Comba de 20 libras
LOCALIZACIÓN DE GOLPE	5 golpes, 2 fuera de la línea y 3 dentro de ella
STAKING	Según sea necesario para mejorar la calidad de datos.

### 1.3 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA MASW

Los parámetros de levantamiento de campo se presentan a continuación:

**Cuadro 10. Parámetros de MASW. Fuente: Elaboración Propia**

MEDICIONES	TIEMPO DE ARRIBO DE ONDAS S
CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO	Lineal 
INTERVALO ENTRE GEOFÓNOS	2 m
NUMERO DE GEOFONOS	24
INTERVALO Y TIEMPO DE MUESTREO	0.5 ms y 1s.
FUENTE DE GOLPE	Comba de 20 libras
LOCALIZACION DE GOLPE	4 golpes, 2 en cada extremo de la línea
STAKING	Según sea necesario para mejorar la calidad de datos.

## 4. TRABAJO EN CAMPO Y PROCESAMIENTO

### 1.1 Preparación de Salida de Campo.

Previo a la salida de campo, se recapitula información anterior al proyecto, como informes anteriormente elaborados, la geología de la zona de estudio, imágenes satelitales, la climatología de la zona, vías de acceso, etc.

Cuando se termine de revisar la información previa, se procede a la revisión del equipo sísmico a utilizar, verificando su operatividad, que ningún cable presente cortes o abolladuras, además de inspeccionar si todas las herramientas secundarias se encuentran listas (cinta métrica, comba, geófonos, batería, etc.)

Posteriormente se revisó del equipo de protección personal, los EPP empleados fueron: chalecos de seguridad con sus respectivas cintas reflectivas, cascos de seguridad, guantes de protección personal anticorte, zapatos punta de acero, lentes de protección claro y oscuro, además de la indumentaria adecuada para el trabajo de campo.

Es importante llevar a campo un botiquín con los elementos básicos como son: alcohol, vendas, pastillas para el dolor, agua oxigenada, curitas. Además de conocer los números del centro medio más cercano, y el de la policía en caso de que se presente algún percance de esa naturaleza.

## 1.2 Ejecución del Trabajo de Campo

a) Se capacita al personal técnico y operadores sobre los peligros que implica la realización de estos tipos de ensayos, además de los riesgos que pueden generar, y proponiendo soluciones a estos riesgos, conocida como la charla de 5 minutos, capacitación superficial del trabajo que se llevara a cabo a los integrantes de la brigada geofísica, inmediatamente, se designa las responsabilidades que desarrollarán las personas que conforman la brigada geofísica en todo el trabajo de campo.

### 1.2.3 Trabajo En Campo De Refracción Sísmica y MASW

En cada ensayo de refracción sísmica, primero se define el eje de la línea sísmica, luego se procede a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos. El espaciamiento entre geófonos es definido en función de la profundidad de exploración requerida y del área libre disponible en la zona de trabajo. Por lo general, la profundidad de investigación para la refracción sísmica está en relación de un  $1/3$  a  $1/4$  de la longitud de la línea geofísica en superficie. Y la profundidad de investigación para el MASW es de 30 m de la longitud de la línea geofísica en superficie.

Los SHOT para la refracción Sísmica son 5 , 2 en cada extremo y 3 dentro de la línea. En caso del MASW se realizan 4 SHOT 2 en cada extremo fuera de la línea de investigación.

El equipo utilizado cuenta con 24 geófonos con 5 m de espaciamiento máximo entre ellos, dando una longitud total máxima de 120 m. en casos donde la topografía lo permita y la fuente de impacto sea lo suficientemente fuerte para adquirir una buena señal.

La fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas consistió en una comba de 20 lb para las líneas de refracción sísmica. Mediante el uso de estos implementos se lograron obtener registros de ondas con la adecuada nitidez para las longitudes de líneas ejecutadas.

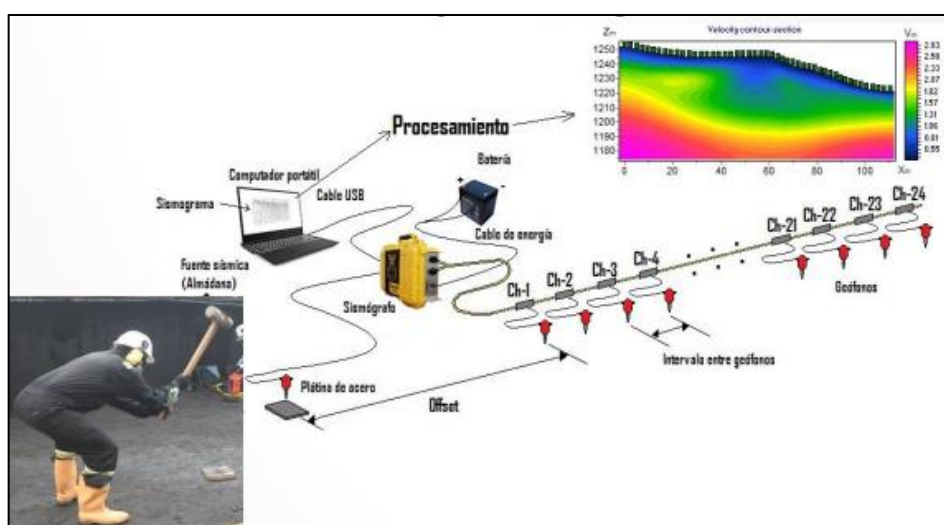
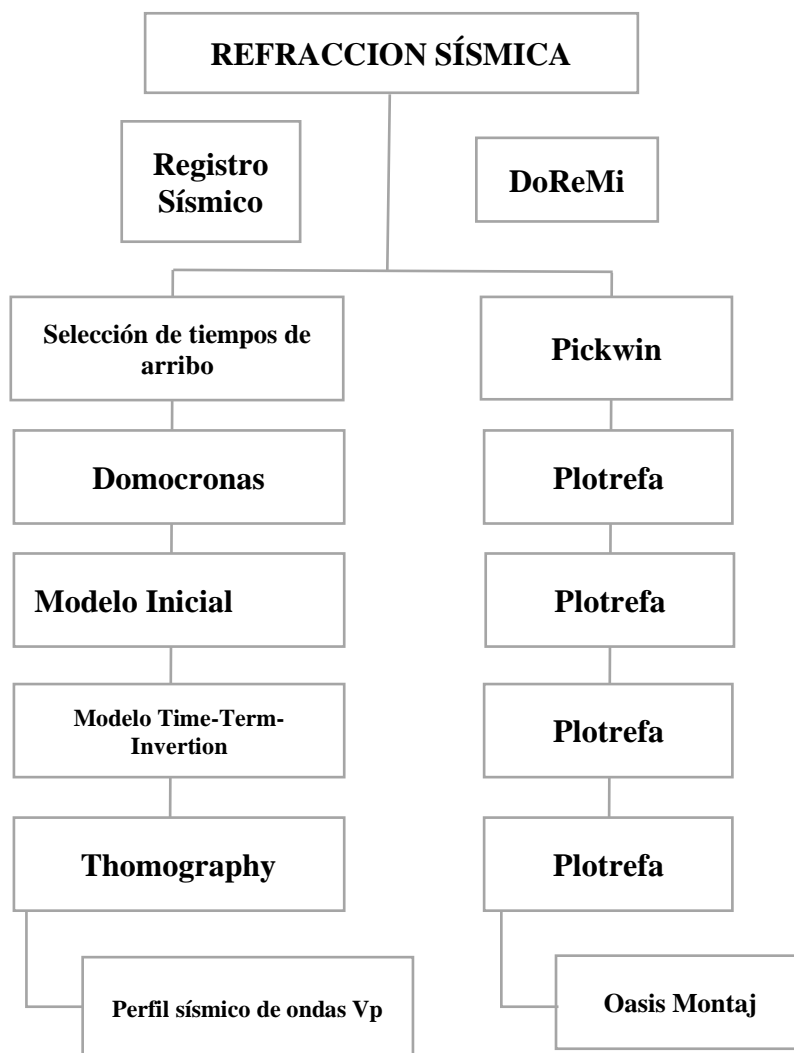


Figura 10. Tendido de cables, instalación de geófonos y puntos de impactos. Fuente: Subsuelo 3D

## Procesamiento de Refracción Sísmica



*Diagrama 1: Procedimiento en el procesamiento de datos empleado para la Refracción Sísmica. Fuente: Elaboración propia*

#### 1.2.4 Pickwin



Este software es empleado en el procesamiento inicial de la data sísmica, seleccionando los tiempos de primera llegada de las “Ondas P” para consiguiente generar un archivo “.dat”. A su vez, es empleado para el control de calidad y observar el correcto posicionamiento y funcionamiento de las fuentes de generación de las ondas sísmicas (trigger).

### 1.2.5 Plotrefa.



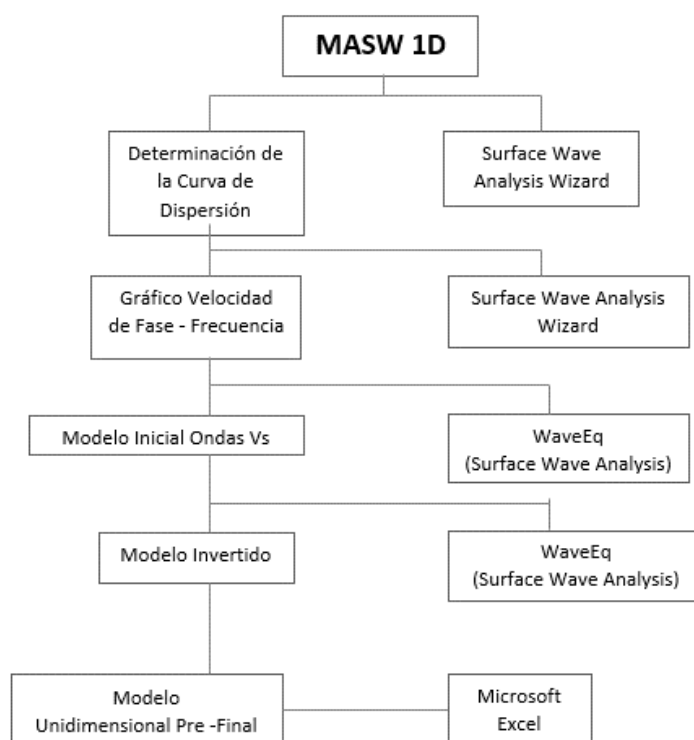
Para la visualización y procesamiento de las domocronas se empleó este software, trabajando con archivos de extensión “.dat” Luego de la determinación de los estrados en las domocronas, el software procede a generar un modelo matemático, generando los estratos de velocidades de onda y presentarlas en un gráfico distancia-profundidad y velocidades de llegada de las ondas P. Finalmente, el software realiza una tomografía de correlación generando un perfil final, el cual se interpretará en función a las velocidades de ondas P “Vp” y los resultados de los otros ensayos. Este perfil se puede exportar en formato “.Txt”

### 1.2.6 Oasis Montaj.



El programa Oasis Montaj es empleado por en el rubro de la Ingeniería en general. Mostrando una variedad de aplicaciones. Para este estudio el software es utilizado para una mejor presentación del perfil generado por el software Plotrefa, añadir una leyenda, insertar un título, mejorar la escala de colores, poder insertar el perfil unidimensional MASW 1D, etc.

## 1.3 Procesamiento De MASW



**Diagrama 2:** Procedimiento para el procesamiento de datos empleado para los ensayos MASW 1D Fuente:

*Elaboración propia*

### 1.2.7 Surface Wace Analysis Wizard



Es empleado para el control de calidad de la data sísmica, realizando un pre-procesamiento en campo al momento de la obtención de la data sísmica, observando si la curva de dispersión generada muestra una tendencia notoria o si muestra ruido generado por factores externos. (en caso de presentar ruido, es recomendable realizar otro shot “golpe”). Después, en el trabajo de gabinete es empleado para el procesamiento final de los ensayos MASW 1D, el resultado final de este proceso es una sucesión de gráficos y datos en archivo de extensión “.txt” que se manipularán en programas externos.

### 1.2.8 Wave (Surface Wave Analysis)



Es ejecutar el análisis de la energía dando como resultado un gráfico invertido del anterior, mostrando la curva de dispersión de los registros, además de sus amplitudes máximas generadas.

Después de visualizar las curvas de dispersión, se genera la inversión, el cual está determinada según su velocidad de onda de corte en función a la profundidad.

### 1.2.9 Microsoft Excel



Software empleado para la visualización y procesamiento final del modelo unidimensional generado por el Surface Wace Analysis Wizard, generando un gráfico (distancia – velocidad ondas “S”) para su posterior interpretación.

## 5. UBICACIÓN Y COORDENADAS DEL ESTUDIO

*Cuadro 11. Ubicación de las líneas de Refracción Sísmica en coordenadas UTM*

ITEM	CÓDIGO	METRAJE (m)	COORDENADAS UTM - WGS84 / 17 S			
			INICIO		FINAL	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
1	RS-1	48	626829	9246895	626805	9246939

*Cuadro 12. Ubicación de los ensayos MASW en coordenadas UTM*

ITEM	CÓDIGO	COORDENADAS UTM - WGS84 / 17 S	
		ESTE	NORTE
		(m)	(m)
1	MASW-1	626817	9246917

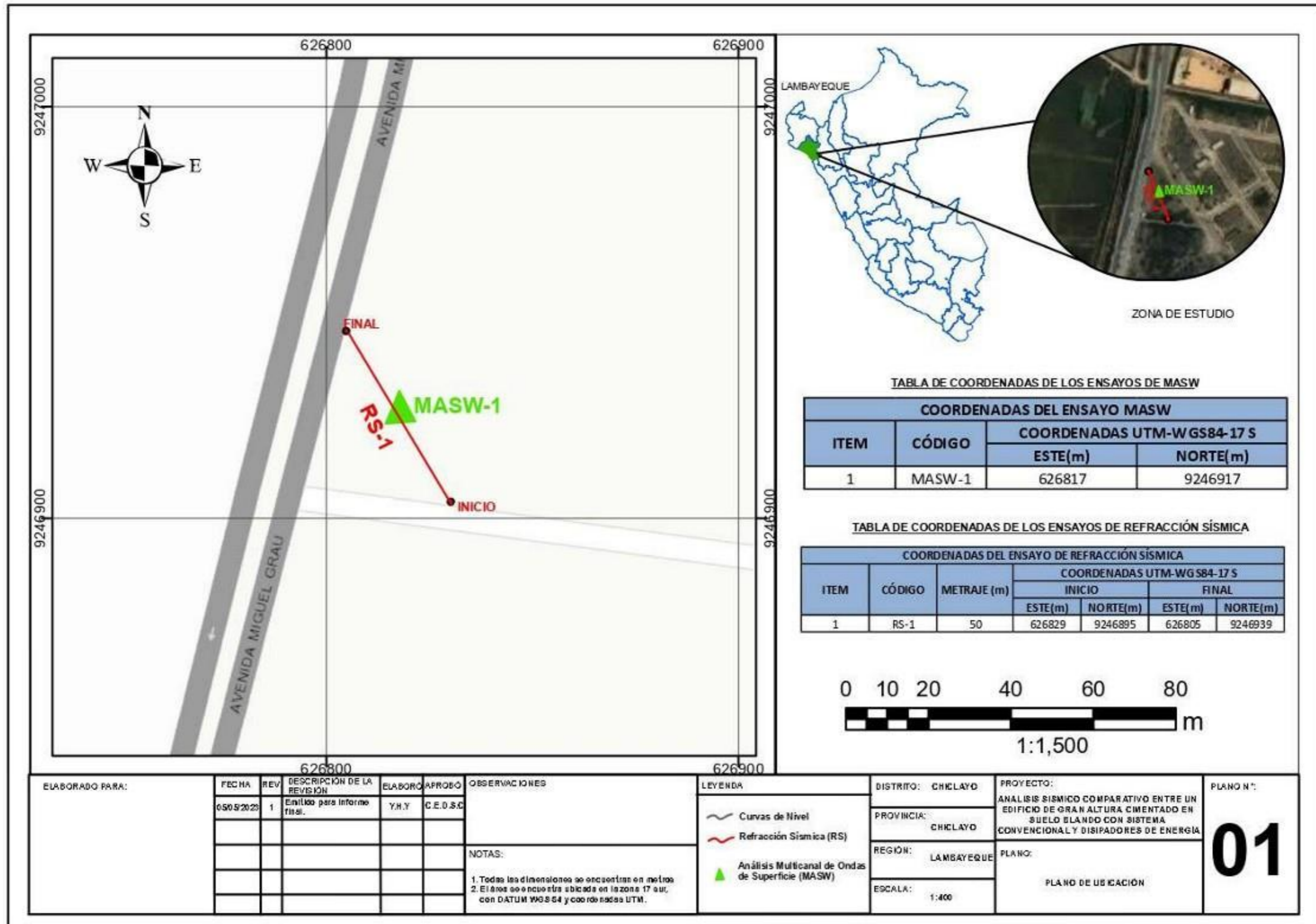


Figura 11. Mapa de ubicación de los ensayos Geofísicos

6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1. MASW – 1

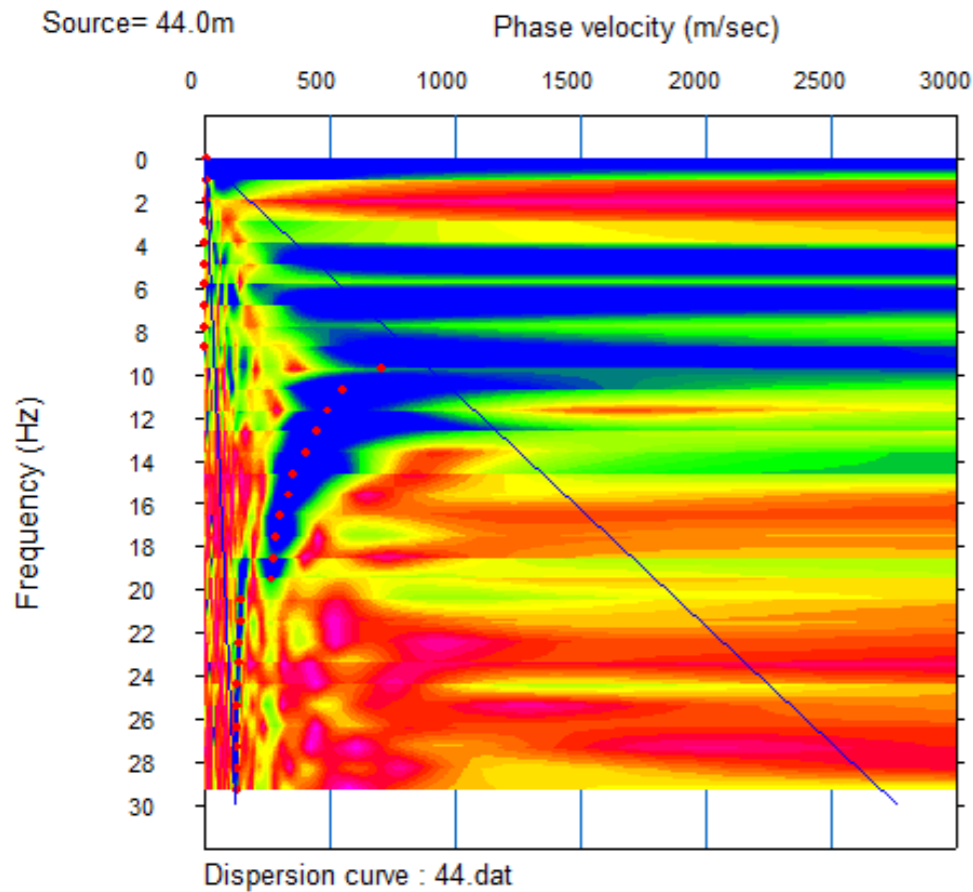
ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLO MULTICANAL – MASW-1

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE LOS ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA

Coordenadas: WGS-84  
 DATUM: UTM  
 Zona – Banda: 17S  
 Este: 626817 m  
 Norte: 9246917 m

Modelo de Equipo: SEISMEX 24  
 Realizado: N.Silva  
 Revisado: C.Soria  
 Longitud: 56 m  
 Fecha: mayo 2023

CURVA DE DISPERSIÓN

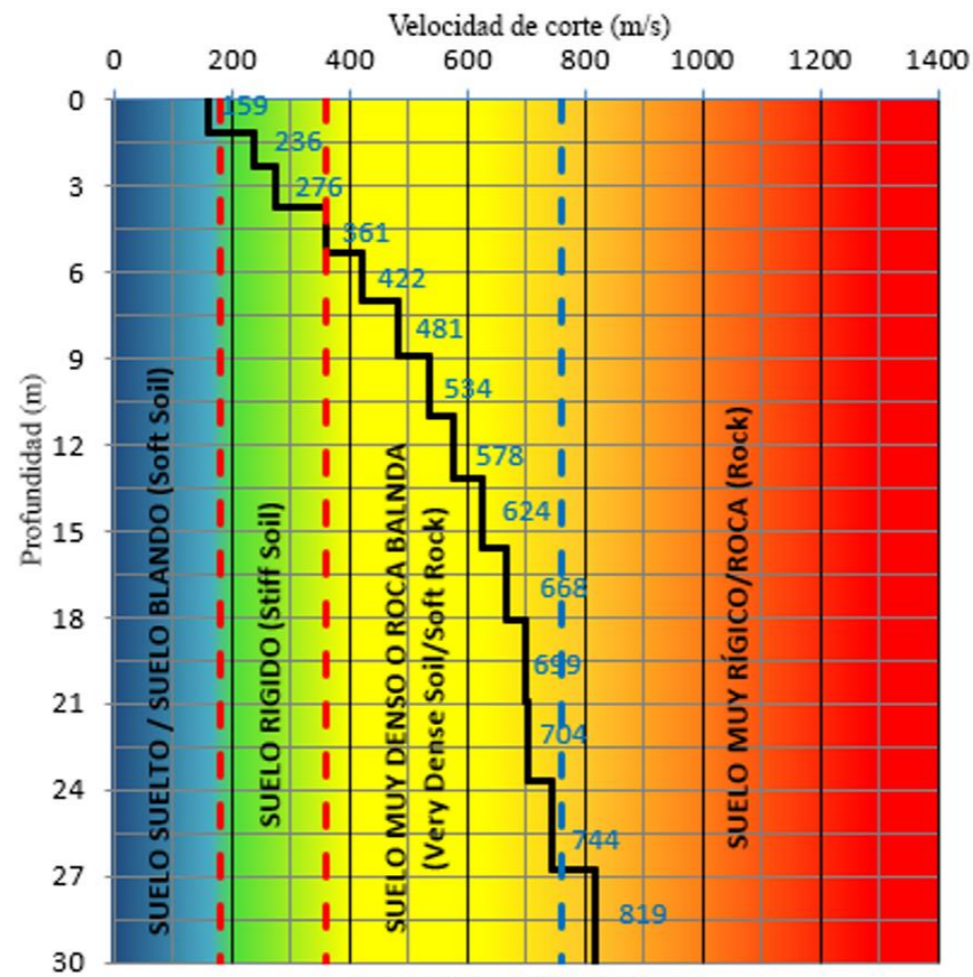


Clasificación del Sitio (Fuente IBC)

Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de ondas de corte Vs 30(m/s) *	Resistencia a la penetración Estándar SPT (N)*
A	Roca muy dura	Vs > 1500	N/A
B	Roca o suelo muy rígido	760 < Vs < 1500	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	360 < Vs < 760	N > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 360	15 ≤ N ≤ 50
E	Suelo blando	Vs < 180	N < 15

Vs30 (m/s) \*: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficies  
 N\*: Numero de golpes

PERFIL UNIDIMENSIONAL



Simbolo	Tipo de suelo - Ref. - R. Dobry
Blue	Suelo suelto / Suelo Blando
Green	Suelo rígido
Yellow	Suelo muy denso o roca blanda
Red	Suelo muy rígido / Roca

CUADRO RESUMEN

Profundidad (m)	Vs (m/s)	Rigidez
0	159.0	
1.10	159.0	
2.30	236.0	
3.70	276.0	
5.30	361.0	
7.00	422.0	
8.90	481.0	
11.00	534.0	
13.20	578.0	
15.60	624.0	
18.10	668.0	
20.90	699.0	
23.70	704.0	
26.80	744.0	
30.00	819.0	

CUADRO RESUMEN Vs30 =494.m/s

VS 30	IBC - 2019	Vs 30	E - 030
494.0	C	494.0	S <sub>2</sub>

Clasificación del Sitio (Fuente Norma E.030, 2019)

Tipo de Suelo	Vs 30(m/s) *	Denominación
S0	Vs > 1500	Roca dura
S1	500 < Vs < 1500	Suelo muy rígido
S2	180 < Vs < 500	Suelo intermedio
S3	Vs < 180	Suelo blando

## 6.2. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN NORMA IBC

Con los sondajes MASW, ejecutados para la zona de estudio, se ha calculado la velocidad promedio de ondas de corte Vs30 de acuerdo con el International Building Code (IBC), con el propósito de caracterizar sísmicamente el tipo de suelo en función de los perfiles unidimensionales de ondas de corte y sus correspondientes velocidades promedio hasta los 30 m de profundidad (Vs30). De acuerdo con esta normativa, se clasifican los suelos en 5 clases, tal como se presenta en Cuadro 13, esta clasificación ha sido definida en función a la velocidad de ondas de corte promedio de un estrato de 30 m de profundidad que se calcula de acuerdo con la siguiente relación:

$$\bar{v}_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

$d_i$  : Espesor de cada capa entre 0.0 m y 30.0 m

$v_{si}$  : Velocidad de ondas de corte de cada capa (m/s)

*Cuadro 13. Clasificación del Sitio (Fuente IBC)*

Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de ondas de corte Vs 30(m/s) *	Resistencia a la penetración Estándar SPT (N)*
<b>A</b>	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A
<b>B</b>	Roca o suelo muy rígido	$760 < V_s < 1500$	N/A
<b>C</b>	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
<b>D</b>	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 \leq N \leq 50$
<b>E</b>	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$

**Vs30 (m/s) \*:** Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficies

**N\*:** Numero de golpes

Los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio del sondaje MASW, corresponde a suelo Tipo C (Suelo muy denso o roca blanda), cuya velocidad promedio de onda de corte Vs30 es de 494.0 m/s. Los valores exactos de este cálculo se aprecian en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Velocidades promedio de ondas de corte a 30 m de profundidad (30)**

Sondaje	VS30	Tipo de suelo	Nombre del Tipo de suelo
			(IBC)
MASW-1	494.0	C	Suelo muy denso o roca blanda

#### 1.4 CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN NORMA TÉCNICA

En el caso del diseño sísmico estructural, de acuerdo con la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2019), se considera que los suelos de la zona de estudio se clasifican en el tipo de suelo  $S_2$ .

**Cuadro 15. Periodos**

PERIODOS " $T_P$ Y $T_L$ "				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$ (s)	0.3	0.4	<b>0.6</b>	1.0
$T_L$ (s)	3.0	2.5	<b>2.0</b>	1.6

**Cuadro 16. Factor de Suelo**

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	<b>1.05</b>	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

Para el caso del suelo tipo  $S_2$  le corresponde un periodo predominante  $T_P(s)=0.6s$ . y un  $T_L(s)=2.0s$ . Como el proyecto se encuentra ubicada en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, que pertenece a la Zona Sísmica 4, le corresponde un factor de Zona  $Z=0.45$  y un factor de amplificación sísmica  $S=1.05$ .

En el cuadro 17 se puede observar la clasificación de tipos de suelos de acuerdo con la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2019).

**Cuadro 17. Clasificación del Sitio (Fuente Norma E.030, 2019)**

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Vs 30(m/s) *</b>	<b>Denominación</b>
<b>S0</b>	$V_s > 1500$	Roca dura
<b>S1</b>	$500 < V_s < 1500$	Suelo muy rígido
<b>S2</b>	$180 < V_s < 500$	Suelo intermedio
<b>S3</b>	$V_s < 180$	Suelo blando

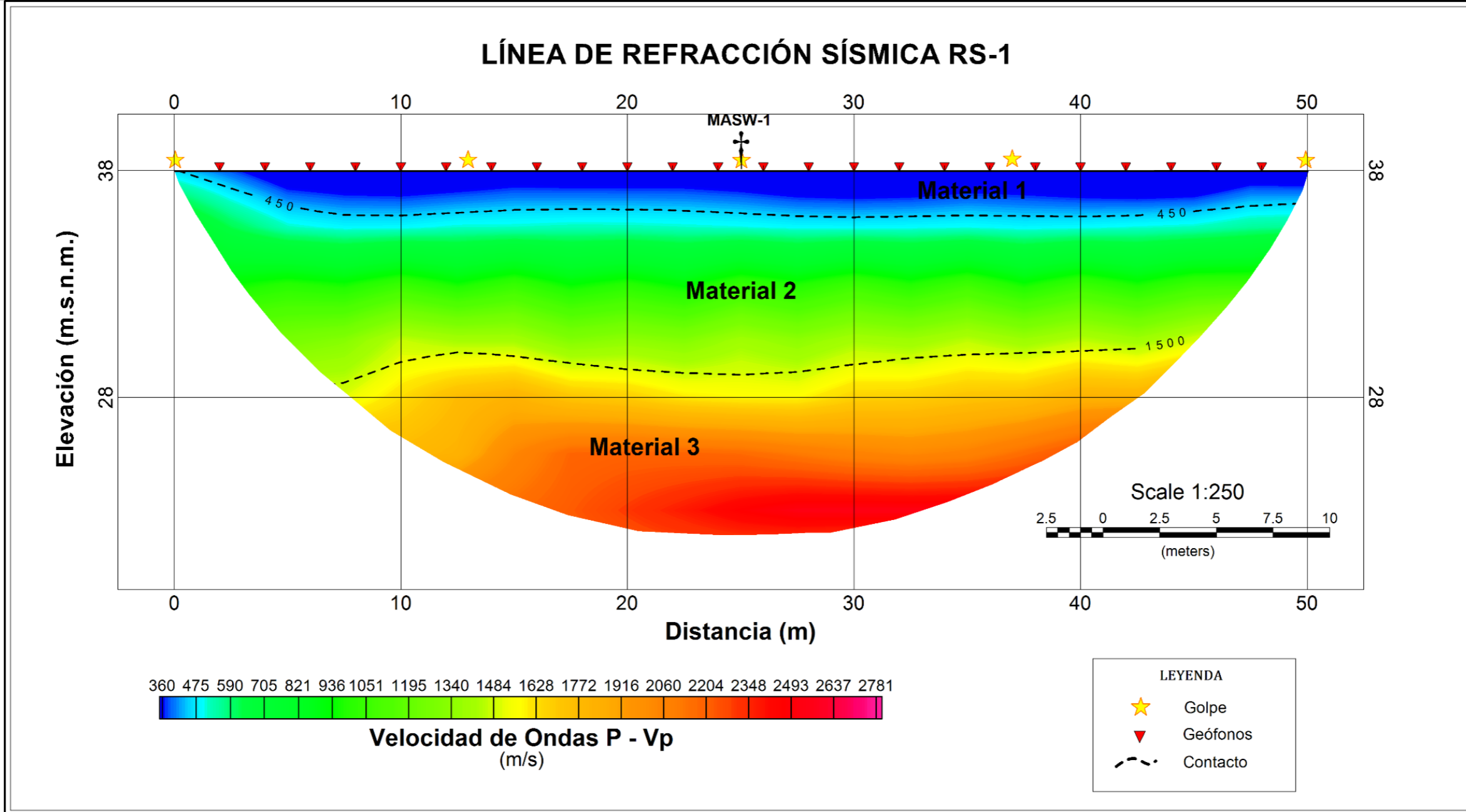
De acuerdo con la Norma E-030, los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio de los sondajes MASW, corresponde a suelo **S<sub>2</sub>** (Suelo intermedio), cuya velocidad promedio de onda de corte  $V_{s30}$  es de 494.0 m/s.

**Cuadro 18. Velocidades promedio de ondas de corte a 30 m de profundidad (30)**

<b>Sondaje</b>	<b>V<sub>s30</sub></b>	<b>Tipo de suelo (E.030, 2019)</b>	<b>Nombre del Tipo de suelo</b>
			<b>(E.030, 2019)</b>
<b>MASW-1</b>	494.0	<b>S<sub>2</sub></b>	Suelo intermedio

1.5 REFRACCIÓN SÍSMICA RS-1

REFRACCIÓN SISMICA		
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE LOS ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CIMENTADO EN UN SUELO BLANDO CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA	Coordenadas / DATUM / Zona – Banda: WGS-84 / UTM - 17S	Modelo de Equipo: SEISMEX 24
	Inicio Este: 626829 m	Realizado: N.Silva
	Inicio Norte: 9246895 m	Revisado: C.Soria
	Final Este: 626805 m	Longitud: 50 m
	Final Norte: 9246939 m	Fecha: mayo 2023



CUADRO RESUMEN

MATERIAL	Vp	ESPESOR	DESCRIPCIÓN *
	(m/s)	(m)	
1	300 – 450	1.5 – 2.1	Suelo Blando a medianamente denso, compuesto por material orgánico, arenas y limos.
2	450 – 1500	5.6 – 7.4	Posiblemente asociado a Suelo granular denso, compuesto por arcillas y arenas más compactas.
3	1500 – 2500	7.1 -	Posiblemente asociado a Suelo granular muy denso o Roca blanda.

## 1.6 PARÁMETROS ELÁSTICOS

En la teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Kramer, 1996), la velocidad de las ondas P y S se representan en forma de ecuación de movimiento, para un cuerpo elástico isotrópico de la siguiente manera:

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad , \quad v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Dónde:

$V_p$ : Velocidad de ondas de compresión

$V_s$ : Velocidad de ondas de corte

$\lambda$ : Constante de Lamé

$\mu$ : Rigidez

$\rho$ : Densidad

Relacionando las velocidades de ondas de corte, ondas de compresión y la densidad de los materiales por donde se propagan las ondas se pueden obtener los siguientes parámetros Elásticos:

**Relación de Poisson ( $\nu$ )**

$$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$$

**Módulo de Young (E)**

$$E_d = 2(1 + \nu)G$$

**Módulo de Corte (G)**

$$G_{\max} = \rho V_s^2$$

### Módulo de Bulk (K)

$$K = E / 3(1 - 2\mu)$$

El Módulo de corte del suelo, G, es variable y decrece en función, principalmente, del incremento de las deformaciones de corte en el suelo. El módulo de corte máximo (Gmax) asociado a pequeñas deformaciones, puede ser determinado mediante la velocidad de propagación de las Ondas de Corte (Vs), las cuales pueden ser obtenidas in situ mediante ensayos geofísicos. Se ha demostrado que valores de Gmax (o valores de Emax) factorados pueden ser de utilidad para evaluar los asentamientos de las cimentaciones. Como el diseño de las cimentaciones está asociado a cargas últimas que puede soportar el suelo en la falla, donde el rango de deformaciones cortantes son muchos mayores, para estimar el asentamiento de una cimentación partiendo de parámetros elásticos máximos (Gmax o valores de Emax), estos deben ser reducidos.

Resultados de ensayos de laboratorio ejecutados para obtener el módulo de corte de suelos gravosos, para una deformación angular  $\gamma = 0.1\%$ , el módulo de corte está entre 10% a 20% del valor del módulo de corte máximo, es decir  $G = 0.1-0.2 G_{max}$ .

### Densidad $\rho$

La relación entre la velocidad de las Ondas P y la densidad de los terrenos que atraviesa, ha sido investigada por numerosos autores. Según Gardner (1974), se verifica la siguiente relación empírica:

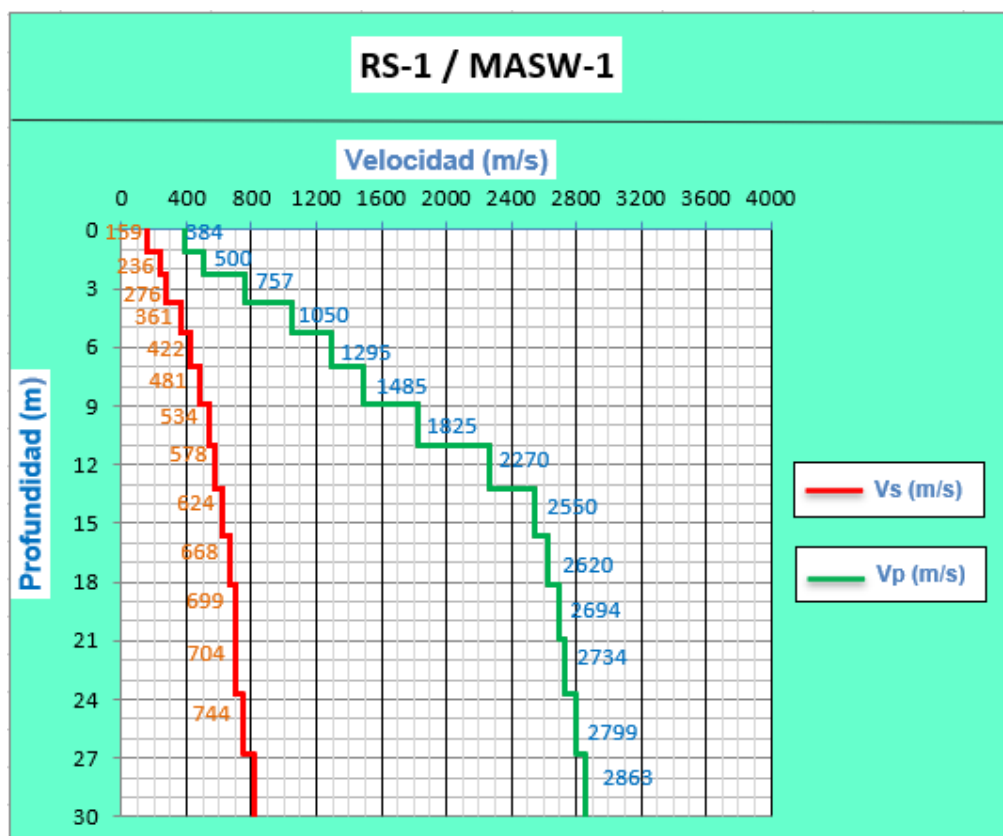
$$\rho = a \times V_p^{0.25}$$

Donde:

**a** = constante igual a 1670

**$\rho$**  = densidad de la roca (Kg/m<sup>3</sup>)

**Vp** = velocidad de propagación de las ondas P, en (Km/s)



**Figura 12. Correlación de las Velocidades de Ondas P y S (RS-1 / MASW-1)**

**Cuadro 19. Cálculo de Parámetros Elásticos (RS-1 / MASW-1)**

RS-1 / MASW-1									
Prof. (m)		Espesor del estrato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Densidad $\rho$ (Tn/m <sup>3</sup> )	Relación de Poisson ( $\mu$ ) (Poisson)	Modulo de Corte (G <sub>max</sub> ) (Tn/m <sup>2</sup> )	Modulo de Young (E) (Tn/m <sup>2</sup> )	Modulo de Bulk (K) (Tn/m <sup>2</sup> )
Desde	Hasta								
0.0	1.1	1.1	159	384	1.31	0.40	3388	9463	15243
1.1	2.3	1.2	236	500	1.40	0.36	7973	21633	25157
2.3	3.7	1.4	276	757	1.56	0.42	12096	34433	74866
3.7	5.3	1.6	361	1050	1.69	0.43	22457	64362	160044
5.3	7.0	1.7	422	1295	1.78	0.44	32340	93178	261427
7.0	8.9	1.9	481	1485	1.84	0.44	43478	125338	356441
8.9	11.0	2.1	534	1825	1.94	0.45	56422	163982	583776
11.0	13.2	2.2	578	2270	2.05	0.47	69809	204586	983649
13.2	15.6	2.4	624	2550	2.11	0.47	83763	245953	1287139
15.6	18.1	2.5	668	2620	2.12	0.47	96644	283213	1357848
18.1	20.9	2.8	699	2694	2.14	0.46	106562	311993	1440776
20.9	23.7	2.8	704	2734	2.15	0.46	108491	317768	1491575
23.7	26.8	3.1	744	2799	2.16	0.46	121883	356383	1562548
26.8	30.0	3.2	819	2863	2.17	0.46	148532	432359	1617036

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El resultado del análisis efectuado para las líneas sísmicas conformada por el perfil de refracción sísmica RS-1 y el sondaje MASW-1, presenta un espesor variable de 17 m. a 30 m., El primer estrato podría estar asociado a Suelo Blando a medianamente denso, compuesto por material orgánico, arenas y limos, con velocidades de onda P de 300 m/s a 450 m/s, velocidad de onda de corte ( $V_s$ ) de 159 m/s. y este estrato posee un espesor variable de 1.1 m a 2.1 m. El segundo estrato podría corresponder a Suelo granular denso, compuesto por arcillas y arenas más compactas, con velocidades de onda P de 450 m/s a 1500 m/s, velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) en el rango de 236 m/s a 481 m/s. y este estrato posee un espesor variable de 5.6 m a 7.8 m. El tercer estrato podría corresponder a Suelo granular muy denso o Roca blanda, con velocidades de onda P de 1500 m/s a 2500 m/s, velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) en el rango de 534 m/s a 813 m/s. y este estrato posee un espesor variable de 7.1 m a indeterminado.
- Los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio de los sondajes MASW, corresponde a suelo Tipo C (Suelo muy denso o roca blanda), cuya velocidad promedio de onda de corte  $V_{s30}$  es de 494.0 m/s.
- De acuerdo con la Norma E-030, los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio de los sondajes MASW, corresponde a suelo  $S_2$  (Suelo intermedio), cuya velocidad promedio de onda de corte  $V_{s30}$  es de 494.0 m/s.
- Los resultados de este informe se aplican únicamente al área estudiada y no podrán ser utilizados en otros sectores o para otros fines.
- Los ensayos de Refracción Sísmica y los ensayos de Medición de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanal (MASW) son análisis indirectos que tiene un grado de aproximación aceptable, pero siempre deben ser corroborados con exploraciones directas como calicatas, perforación diamantina, ensayos SPT, etc.
- Estos ensayos geofísicos sísmicos realizados en la zona de estudio son pruebas no invasivas, puede evaluarse la estructura natural de los suelos sin producir deformaciones en los mismos; y que a comparación de los métodos directos permiten explorar el subsuelo a una profundidad de investigación razonable.

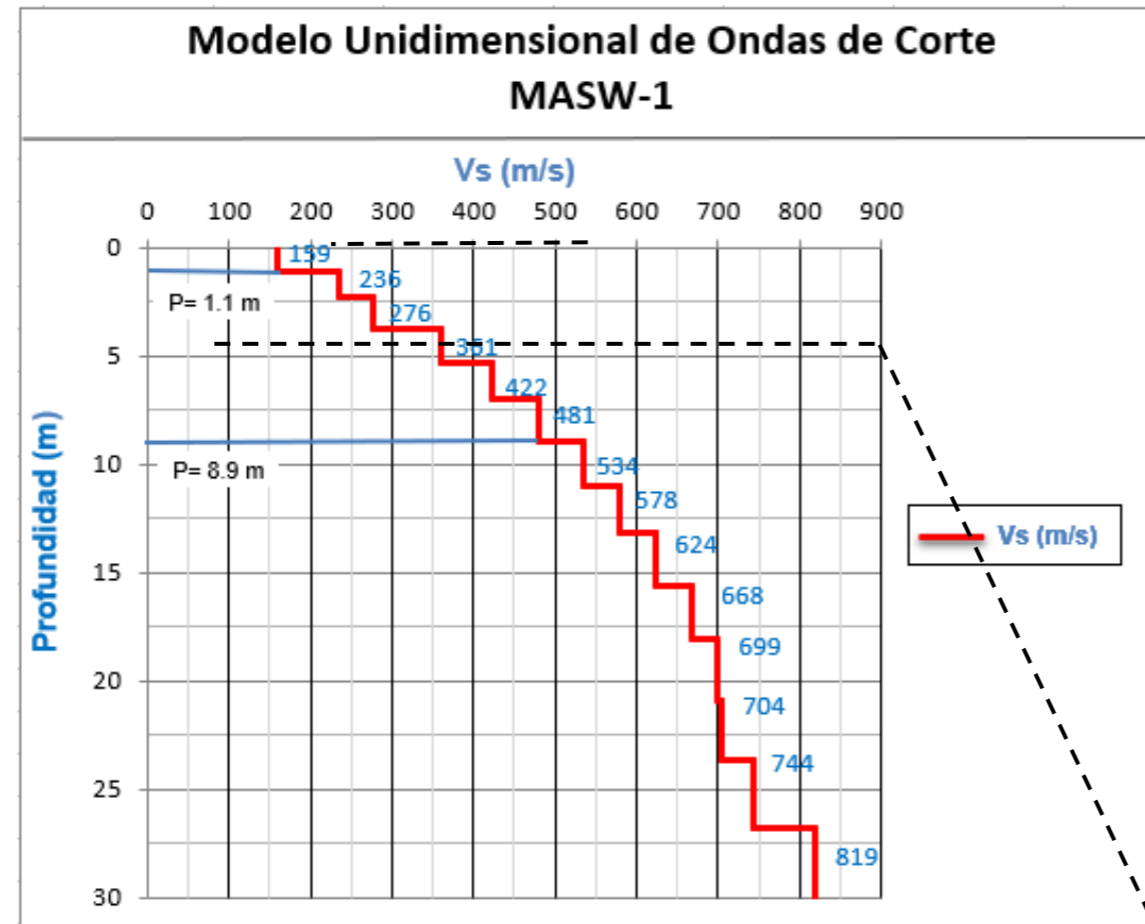
## 8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Civil Engineers. (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (7th ed.). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784414248>. pp
- Angulo, J. (2013). Microzonificación y escenarios sísmicos para la ciudad de Apizaco, Tlaxcala. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Geofísico. Universidad Nacional Autónoma de México.
- *Arce Helberg (1990) "Criterios de análisis para las Vp"*
- ASTM D5777, Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation
- ASTM Designation D5777 (2011). Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, U.S.A.
- Bard, P.Y. (1999): Microtremor Measurements: A tool for a seismic effect estimation. The effect of surface geology on seismic motion. Irikura, Kudo, Okada and Sasatni (Eds.). Balkema Rotterdam pp. 1231-1275.
- CISMID (1991), "Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Decreto supremo N° 030-2019-Vivienda, Decreto Supremo que aprueba la Norma Técnica E.031 "Aislamiento sísmico" y la incorpora al índice del Reglamento Nacional de Edificaciones. pp. 73
- Figuerola, J., C. (1974), "Tratado de Geofísica Aplicada", LITOPRINT, Madrid.
- Flores E., (2004), Métodos alternos para la estimación del efecto de sitio mediante el uso de arreglos de microtremores, Tesis para obtener al grado de ingeniera geofísica, Universidad Autónoma de México.
- Haskell, N. (1962). Crustal reflection of plane SH waves, J. Geophys. Res. 65, 4751–4767.
- Kanai, K. y Tanaka, I. (1961). On Microtemors. VIII Bulletin Earthquake Research Institute. Tokyo Univ. 39, pp. 97-114.
- Knödel K., Voigt H., (2007) ENVIRONMENTAL GEOLOGY HANDBOOK OF FIELD METHODS AND CASE STUDIES, ENVIRONMENTAL GEOLOGY HANDBOOK OF FIELD METHODS AND CASE STUDIES, Berlin Heidelberg, Alemania.

- Lankston, R. W., “High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation”, Geo-Compu-Graph, Inc., U.S.A.
- López José, Mejía Julio, Vega Néstor, 2008, “Aplicación del método de refracción sísmica para la determinación de velocidades de ondas p”, tesis de grado, Universidad de El Salvador, El Salvador
- Miller, R. D., Pullan, S.E., Waldner, J. S., Haeni, F. P., (1986), “Field comparison of shallow seismic sources”, Geophysics, Vol. 51, N° 11, Pag. 2067 – 2092, U.S.A.
- Norma E.030 (2019): Norma Técnica E.030, Diseño Sismo Resistente.
- Redpath, B., B. (1973), “Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations”, Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.
- Sheriff, R.E., and Geldart, L.P. 1985 Exploration Seismology Volume 1 - History, Theory, and Data Acquisition, Cambridge University Press, New York, 253 p.
- Sheriff, R.E., and Geldart, L.P. 1985 Exploration Seismology Volume 2 - Data-Processing and Interpretation, Cambridge University Press, New York, 221 p.

Anexo 1

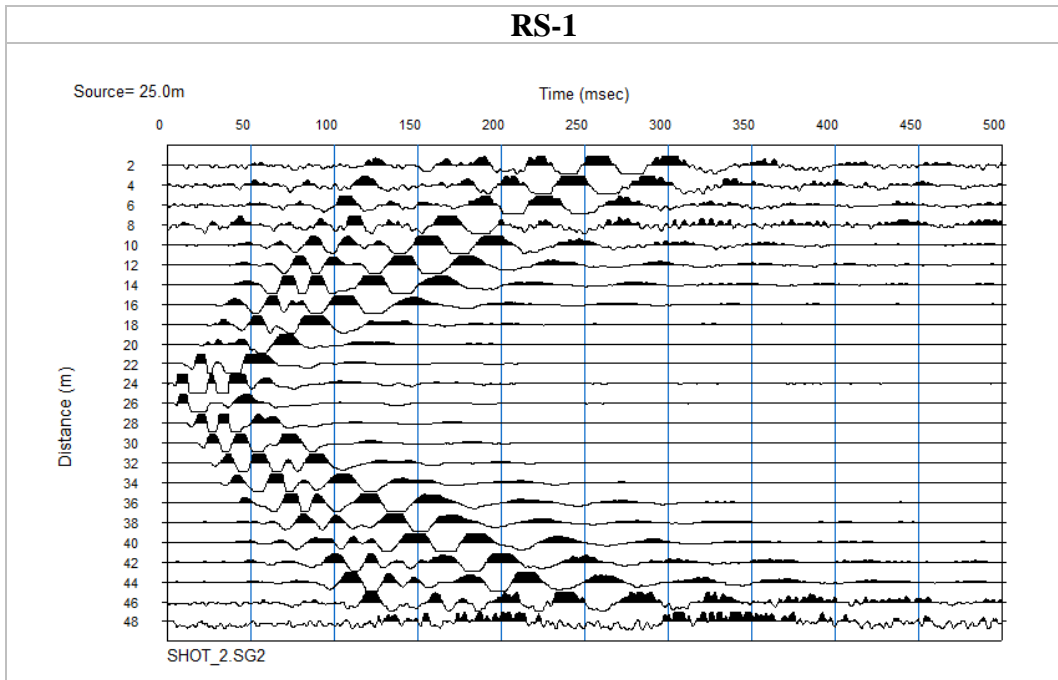
Correlación de MASW con el ensayo SPT



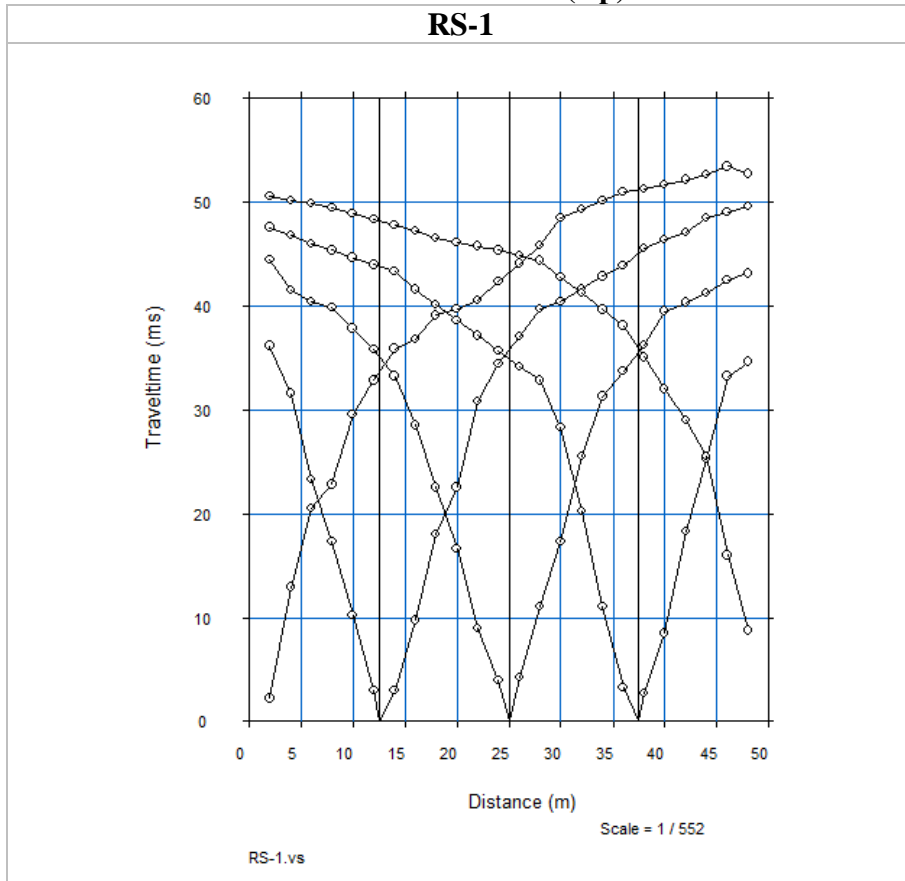
La correlación del ensayo de MASW con la información del ensayo de SPT se pudo realizar hasta los primeros 5 metros aproximadamente; en la cual podemos observar el cambio de material en el contacto a los 1.1m en el MASW y a los 1.0m en el SPT, asimismo el segundo contacto del MASW se ubica a los 8.9 m por lo cual se infiere que el material identificado en el SPT entre el 1.0m y los 4.8m sería de similares características hasta los 8.9m, con la diferencia que presentaría mayor contenido de gravas o clastos en su estructura, debido al cual el ensayo de SPT menciona el término de REBOTE.

ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR (SPT)																
NTP 339.133																
COTA	Profundidad (m)	NUMERO DE GOLPES / PIE					N / PIE	SIMBOLO	DESCRIPCION							
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100					
0.10	-0.10															
0.20																
0.30																
0.40																
0.50																
0.60																
0.70																
0.80																
0.90																
1.00	-1.00															
1.10																
1.20												$N_1 = 2$	10	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR BEIGE CLARO Y COMPACIDAD SUELTA (M - 01)	
1.30											$N_2 = 5$					
1.40											$N_3 = 5$					
1.50	-1.45															
1.60																
1.70																
1.80																
1.90																
2.00	-2.00															
2.10																
2.20												$N_1 = 7$	16	CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA DE COLOR MARRÓN CLARO Y CONSISTENCIA MEDIANAMENTE FIRME, CON PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.60 m (M - 02)	
2.30											$N_2 = 8$					
2.40											$N_3 = 8$					
2.50	-2.45															
2.60	N.F.: -2.60 m															
2.70																
2.80																
2.90																
3.00	-3.00															
3.10																
3.20												$N_1 = 2$	6	SC	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD MUY SUELTA (M - 03)	
3.30											$N_2 = 2$					
3.40											$N_3 = 4$					
3.50	-3.45															
3.60																
3.70																
3.80																
3.90																
4.00	-4.00															
4.10																
4.20												$N_1 = 26$	71	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR BEIGE CLARO DE COMPACIDAD MUY DENSA (M - 04)	
4.30											$N_2 = 33$					
4.40											$N_3 = 38$					
4.45	-4.45															
4.60																
4.70																
4.80	-4.80															REBOTE

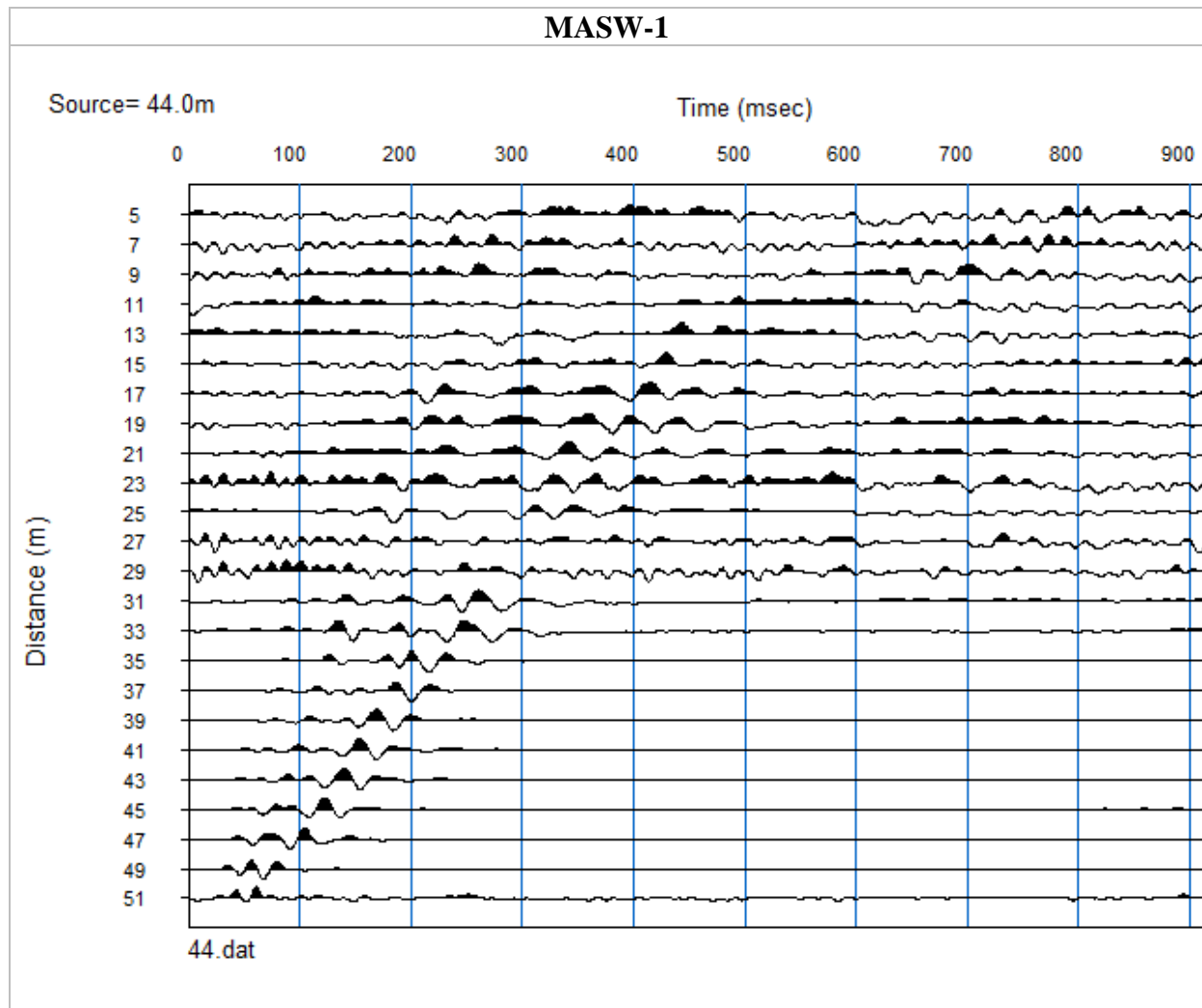
**Anexo 2**  
**Registro de Ondas Sísmicas (Vp)**  
**Refracción Sísmica**  
**RS-1**



**Anexo 3**  
**Domocronas**  
**Refracción Sísmica (Vp)**  
**RS-1**



**Anexo 4**  
**Registro de Ondas Sísmicas**  
**MASW (Vs)**



**Anexo 5**  
**Fotografías – Geofísica**

**RS-1**



**FOTOGRAFÍA 01:** Adquisición de datos del RS-1, con el sismógrafo SEISMEX 24.



**FOTOGRAFÍA 02:** Emisión del SHOT en la línea de Refracción Sísmica.



**FOTOGRAFÍA 03:** Lugar donde se realizó el estudio de campo.



**FOTOGRAFÍA 04:** Geófonos conectados al cable sísmico.

## MASW-1



**FOTOGRAFÍA 05:** Tendido del cable sísmico y el triger.



**FOTOGRAFÍA 06:** Personal de campo tendiendo el cable sísmico y colocando los geófonos.



**FOTOGRAFÍA 07:** Adquisición de datos del MASW-1, con el sismógrafo SEISMEX 24.



**FOTOGRAFÍA 08:** Emisión del SHOT en la línea de MASW-1.

**ANEXO 3**

**VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 026-2023-II

FECHA: 30 de octubre 2023

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** MARIO OBLITAS GONZALES

**TITULO DE LA TESIS:** ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Ensayo de Penetración Estándar (SPT)
- Ensayos geofísicos (RS-MASW)



TÉCNICO DE LABORATORIO

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

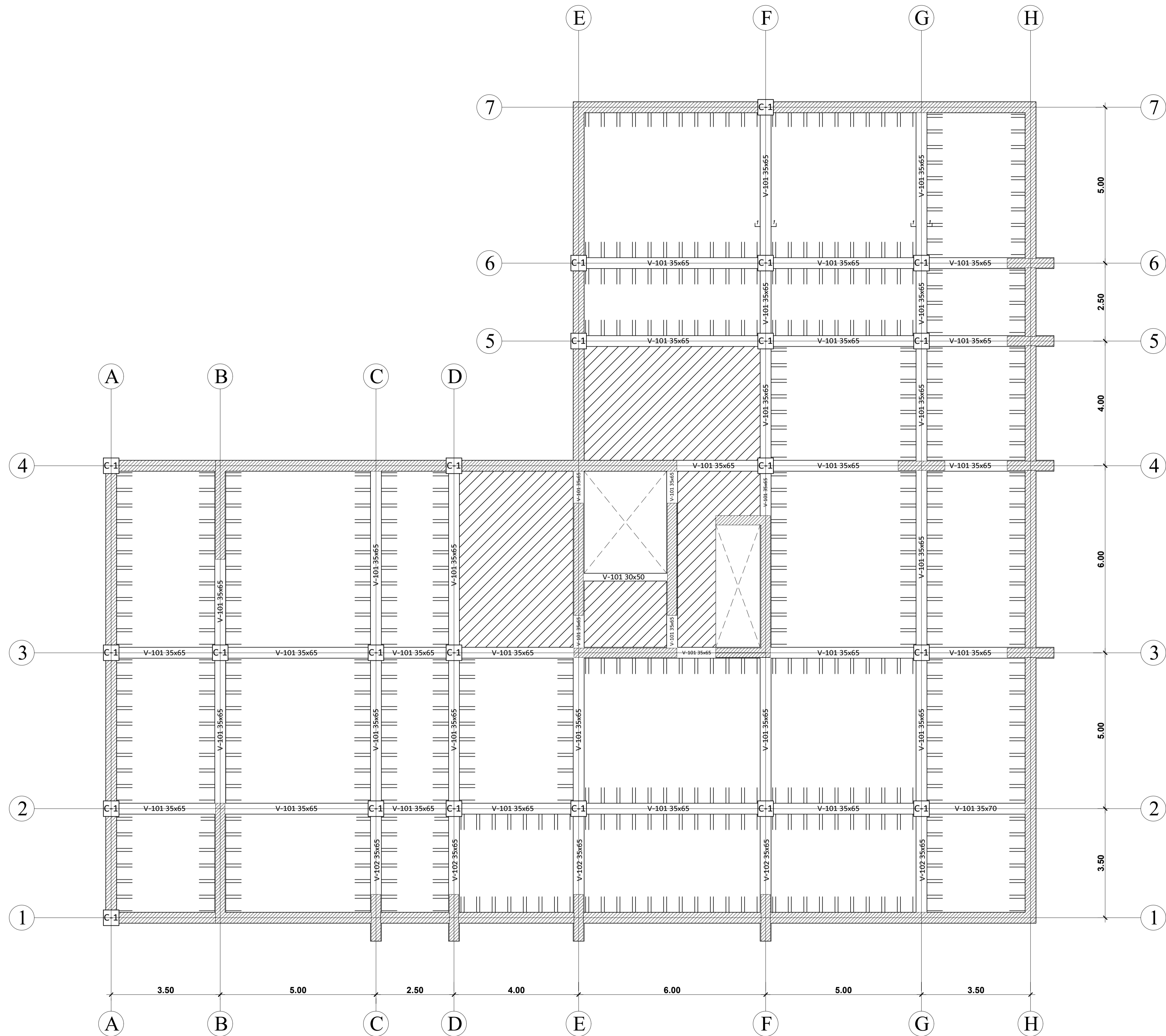
Observación: Adjunto

  
Henry Rivadeneyra Oblitas Hen.  
TÉCNICO DE LABORATORIO

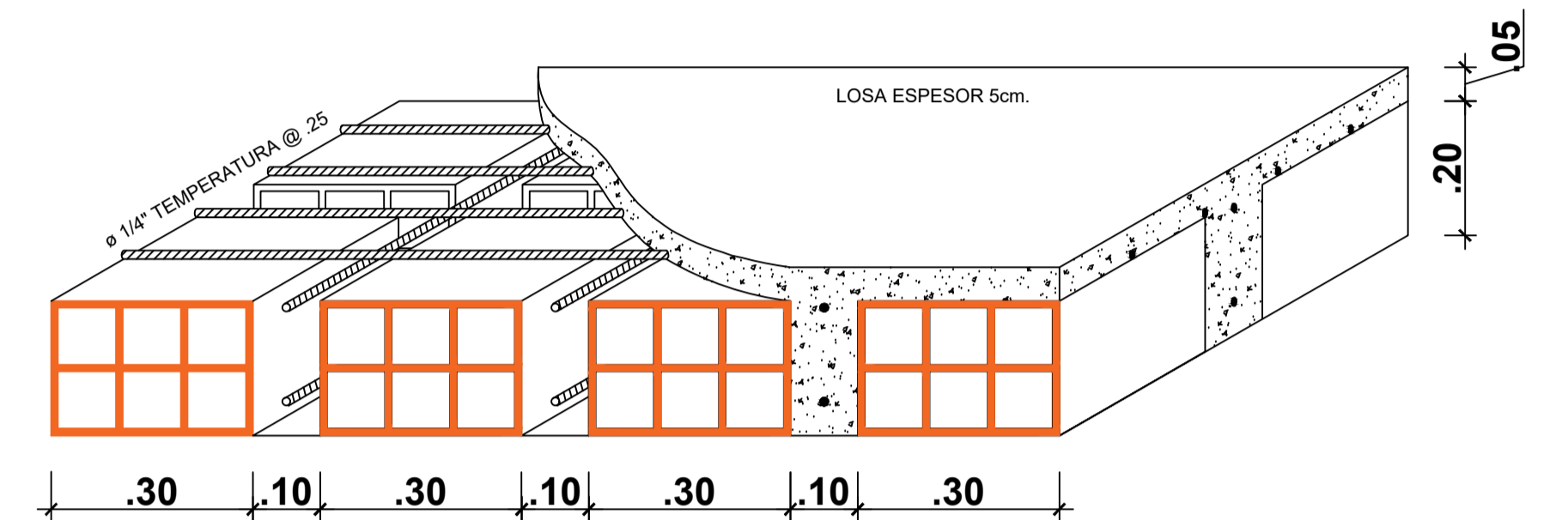
Henry Rivadeneyra Oblitas  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

**ANEXO 4**

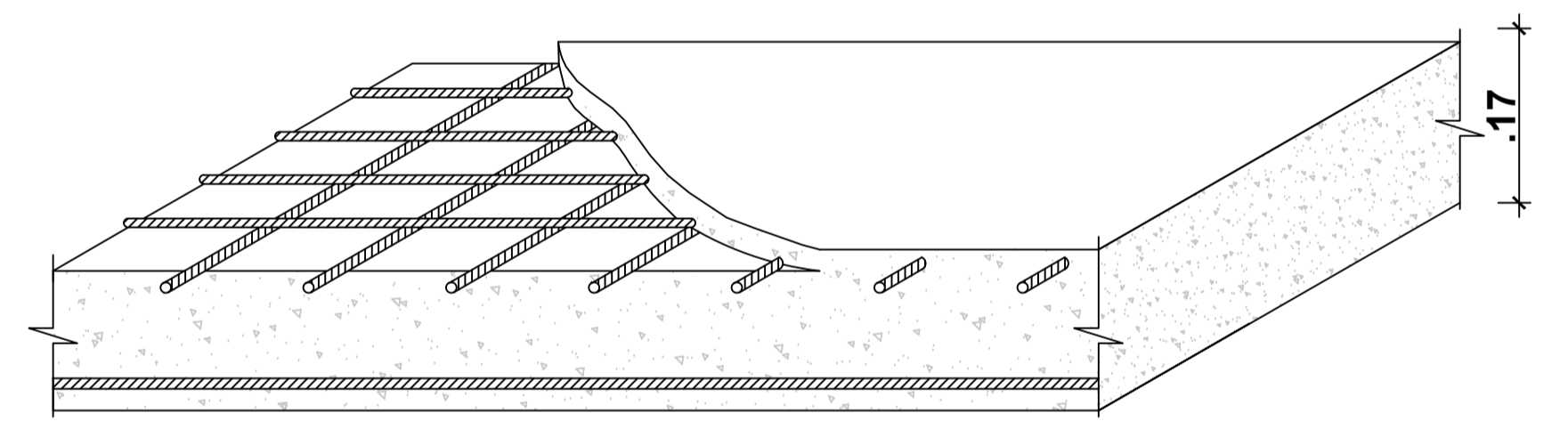
**PLANOS DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL  
Y CON DISIPADORES**




**PLANTA TIPICA SOTANO Z1,Z2,Z3**  
 ESCALA 1/50

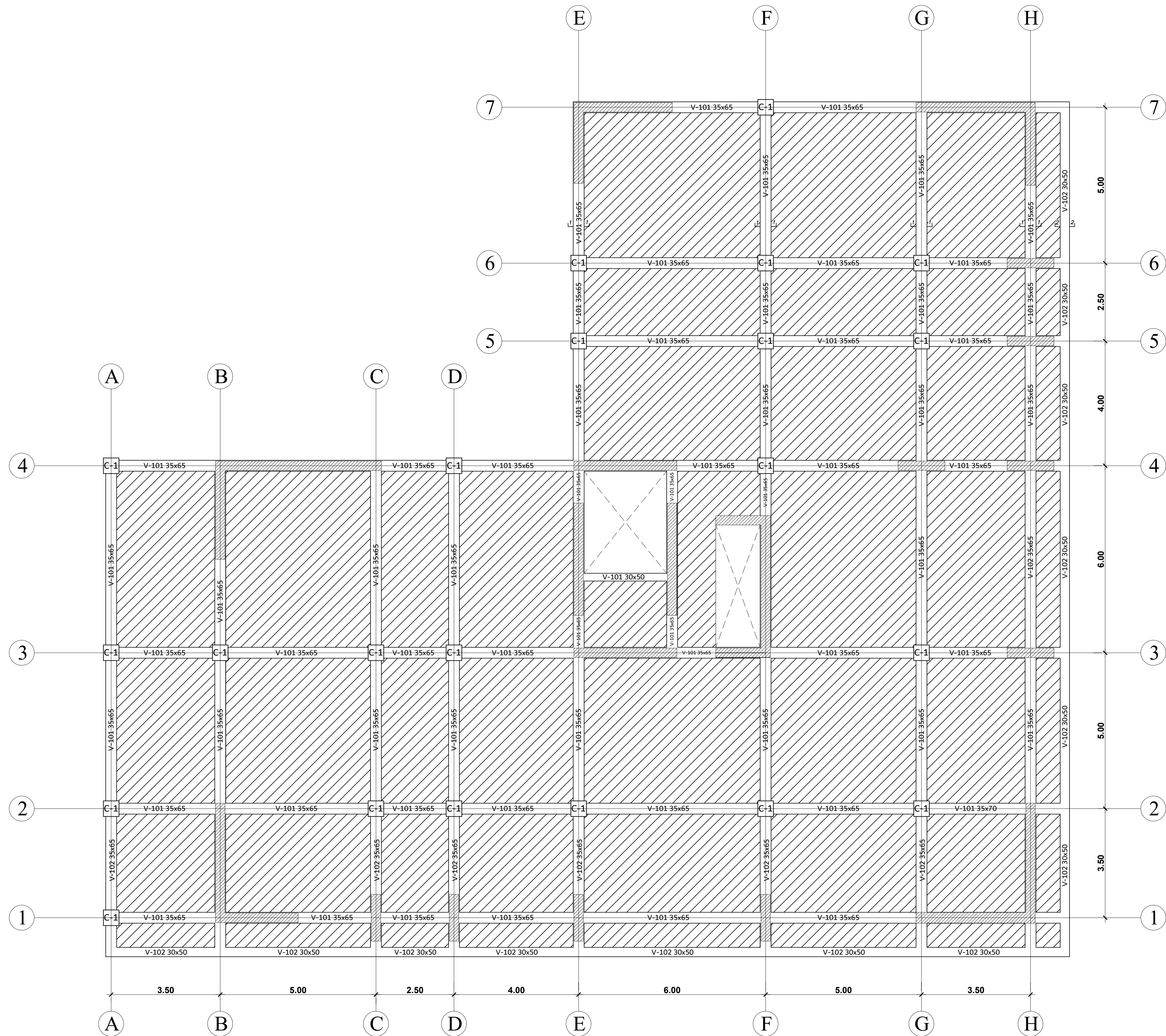


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

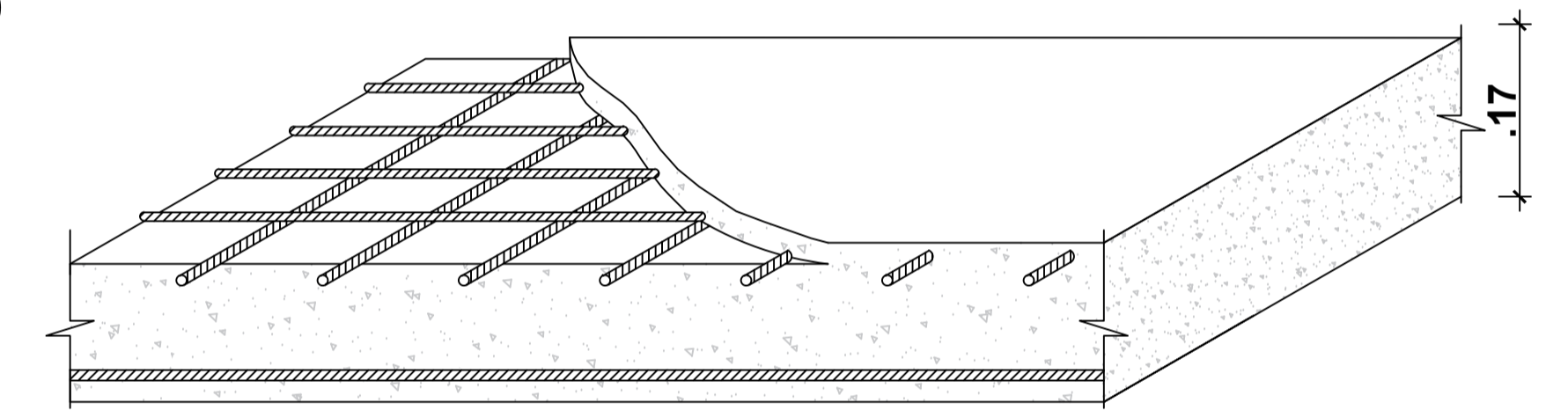


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10


 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CONVENCIONAL - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-01</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024

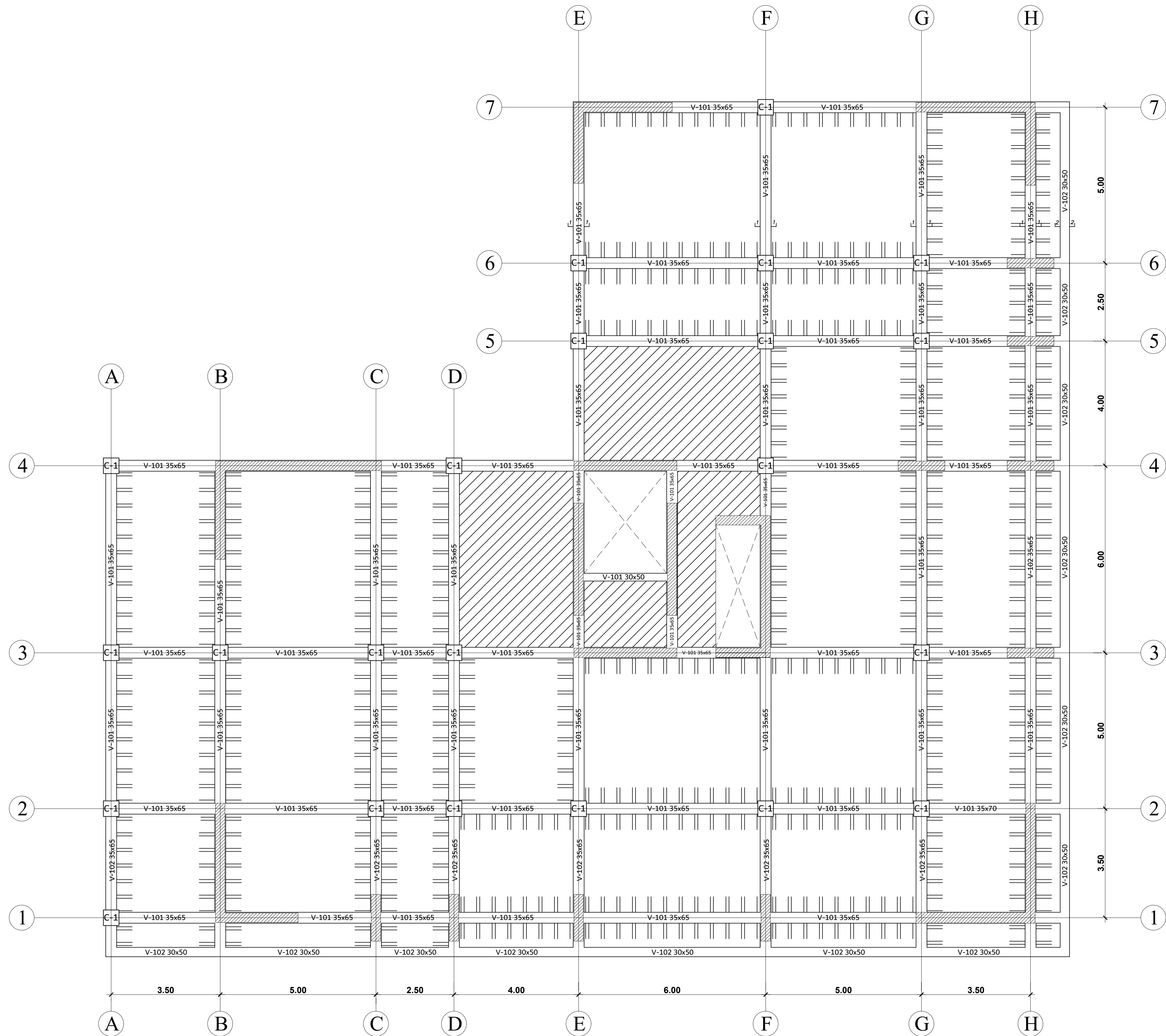


**PLANTA 2 y 3 ESTACIONAMIENTOS**  
 ESCALA 1/50

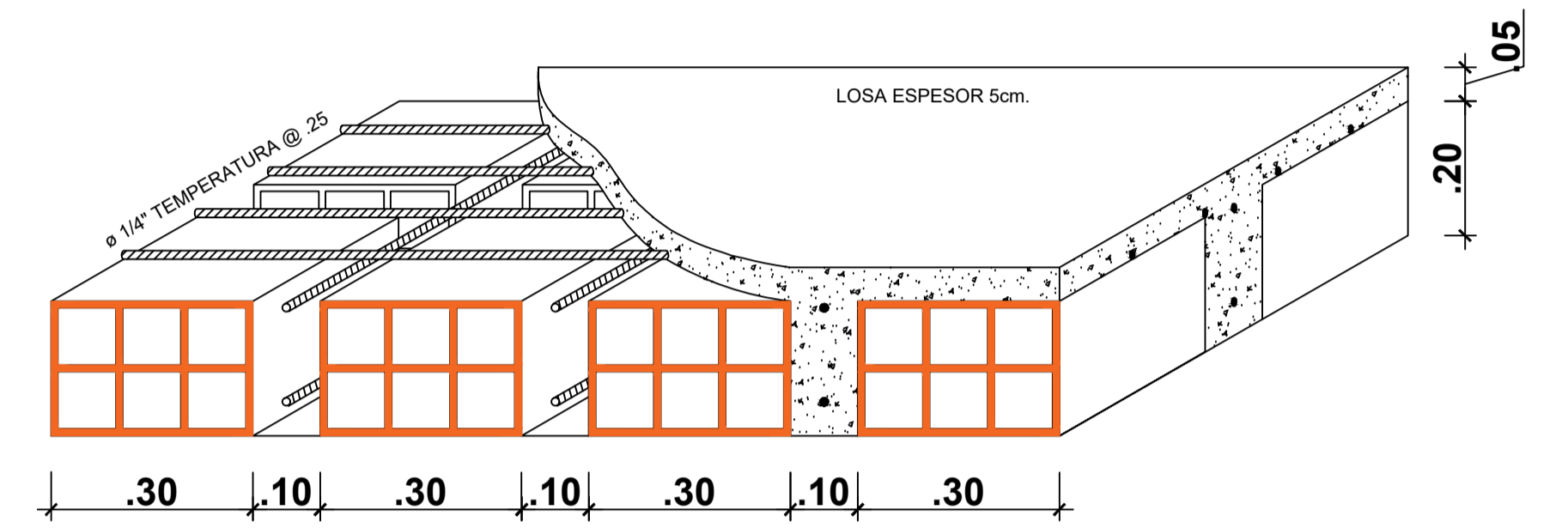


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

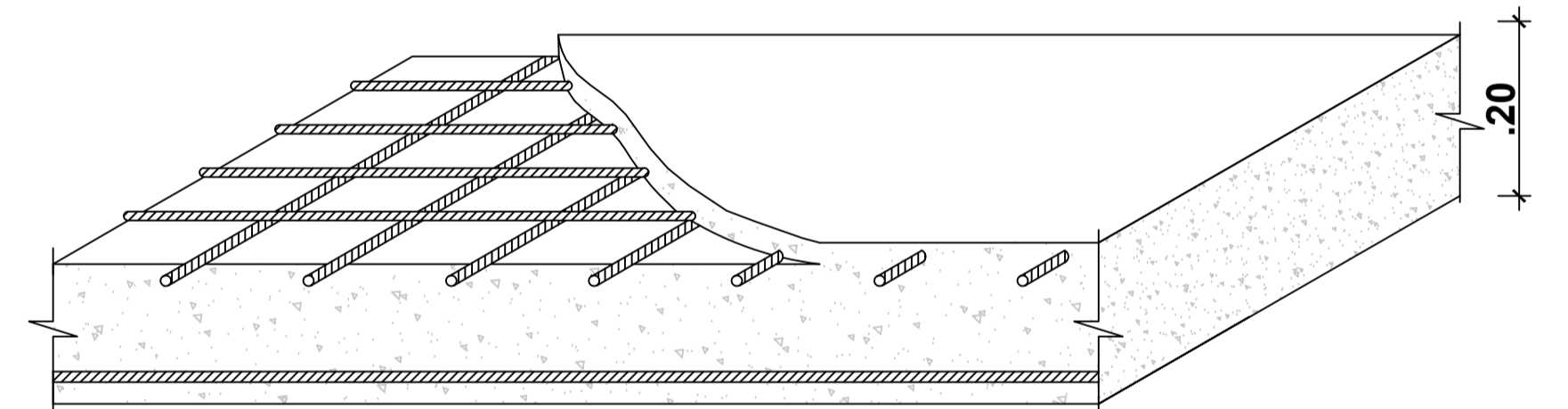
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CONVENCIONAL - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-02</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024



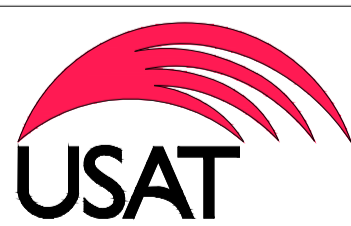
**PLANTA 3° SOCIAL**  
ESCALA 1/50

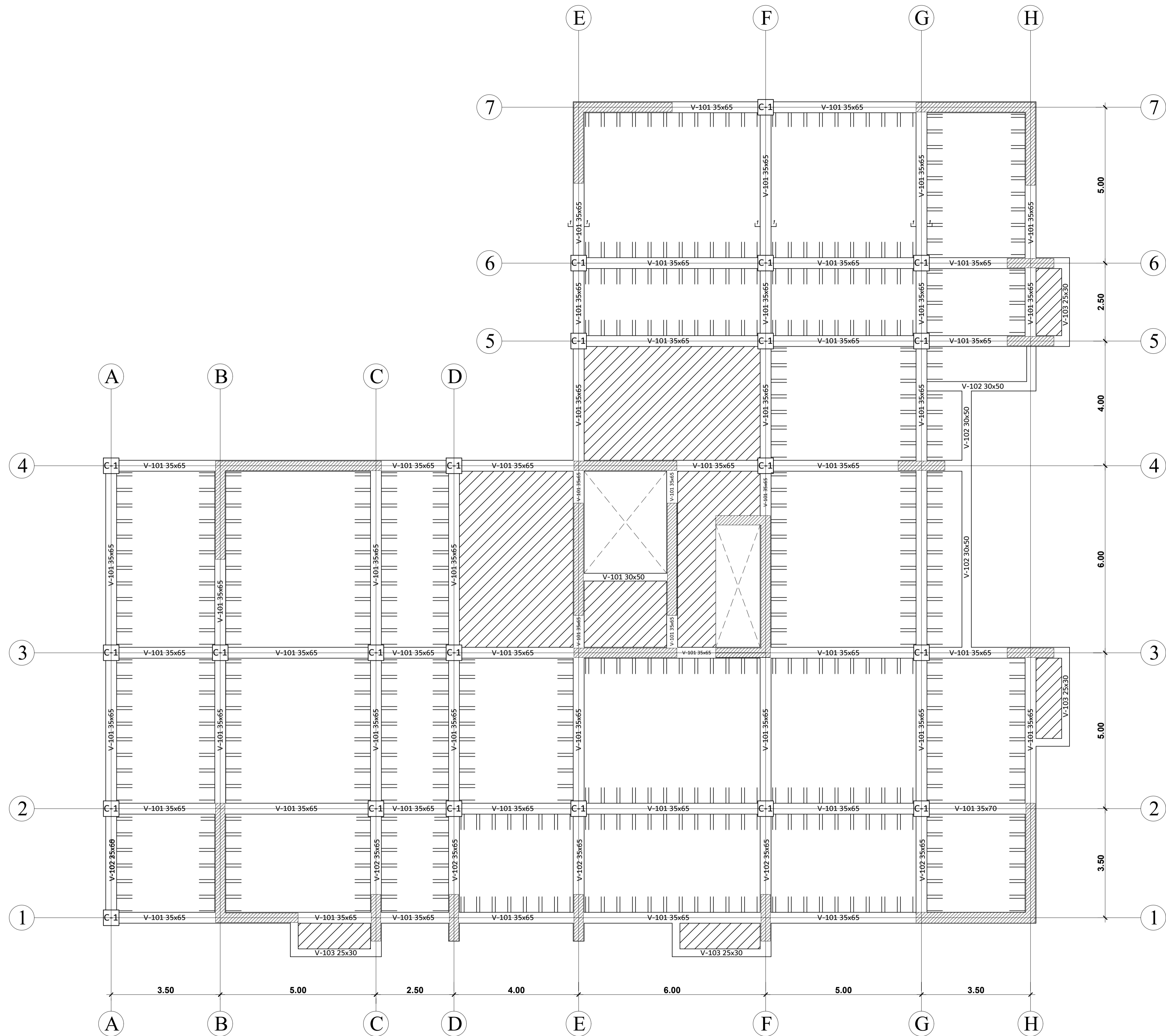


**LOZA ALIGERADA**  
ESCALA 1/10

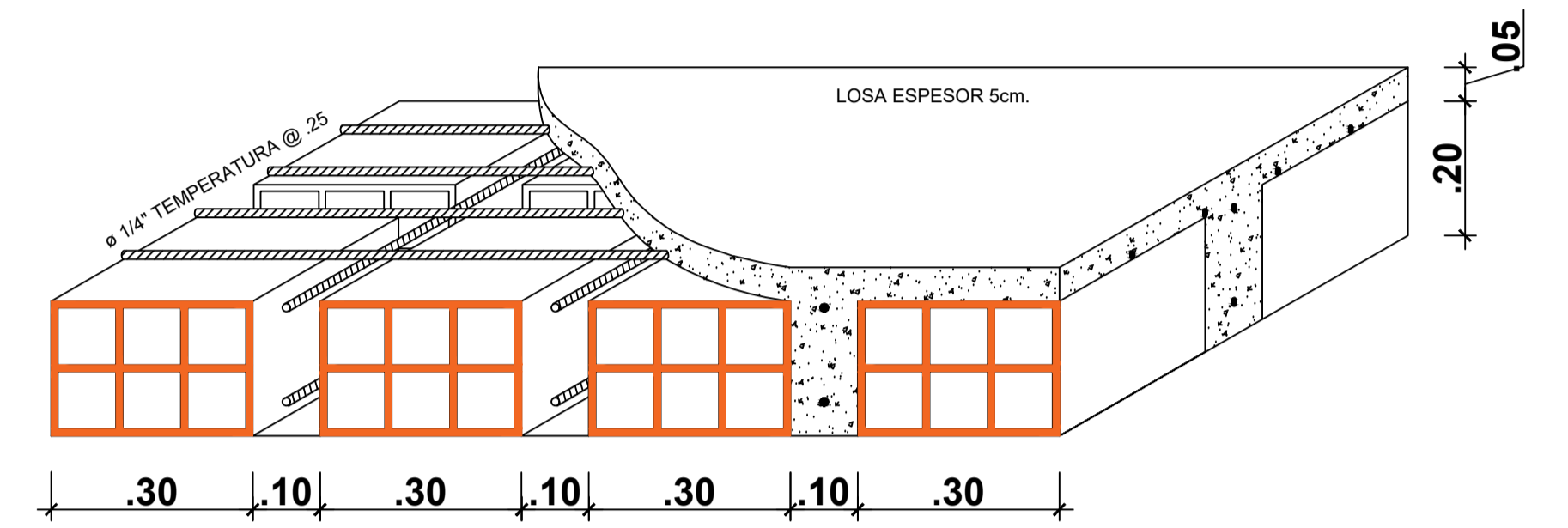


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
ESCALA 1/10

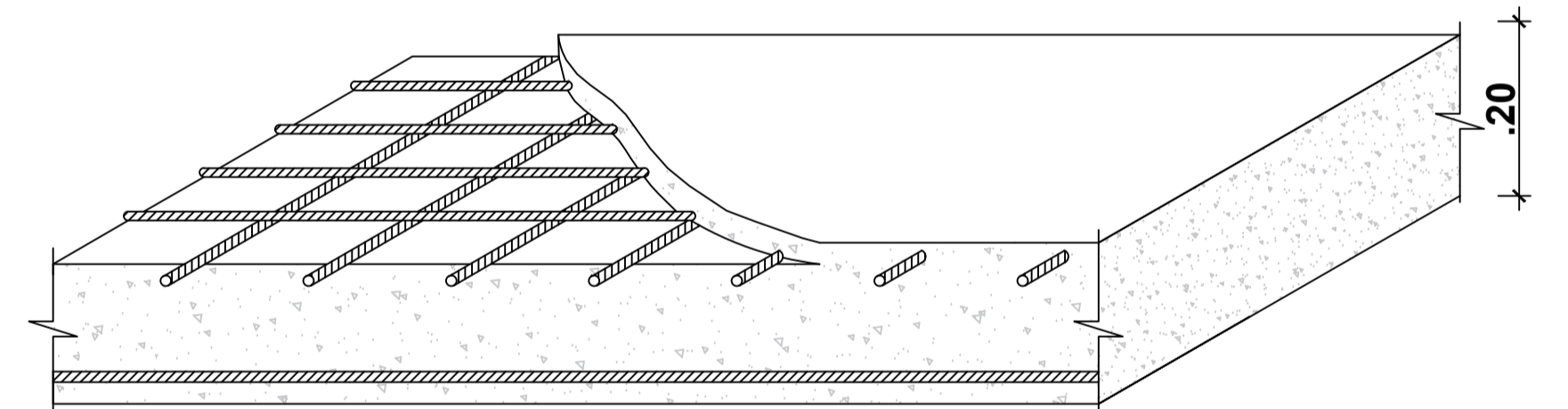
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CONVENCIONAL - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-03</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024



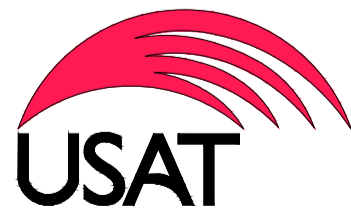
**PLANTA 4 - 10 NIVEL DEPARTAMENTOS**  
 ESCALA 1/50

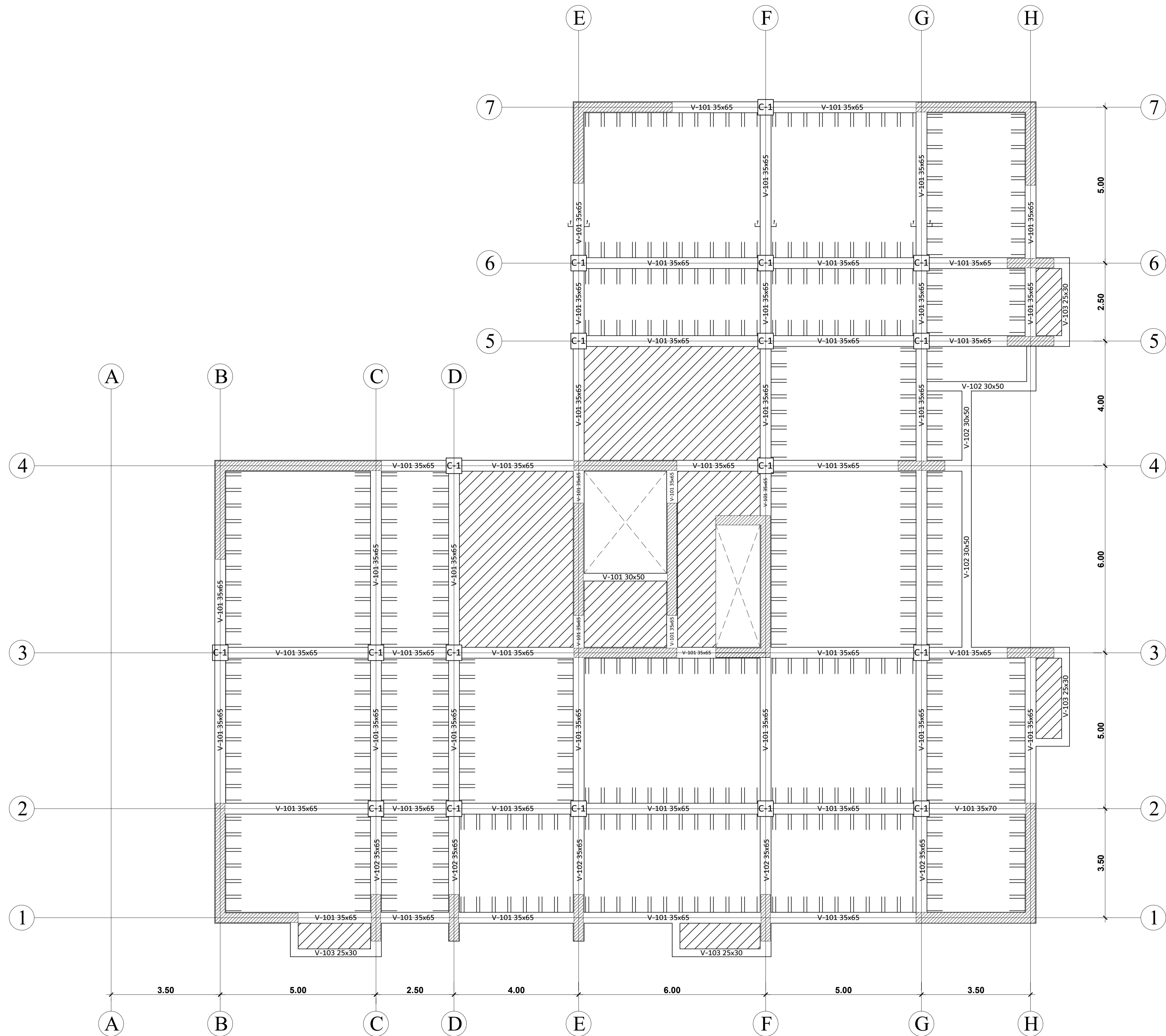


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

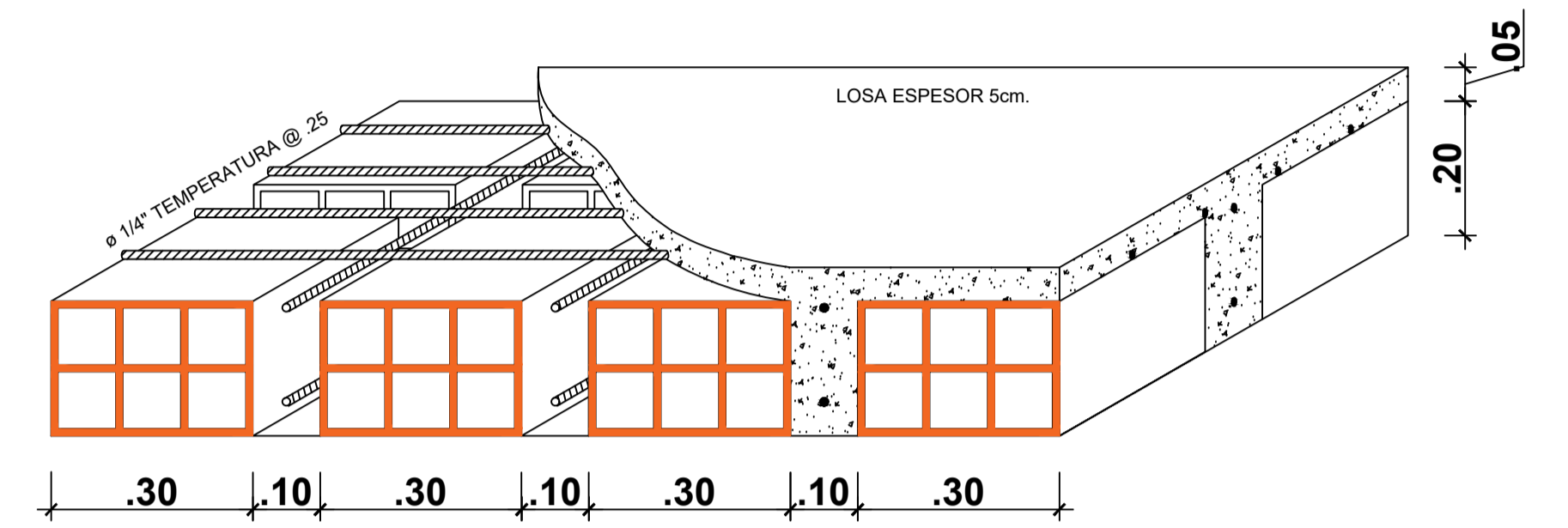


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

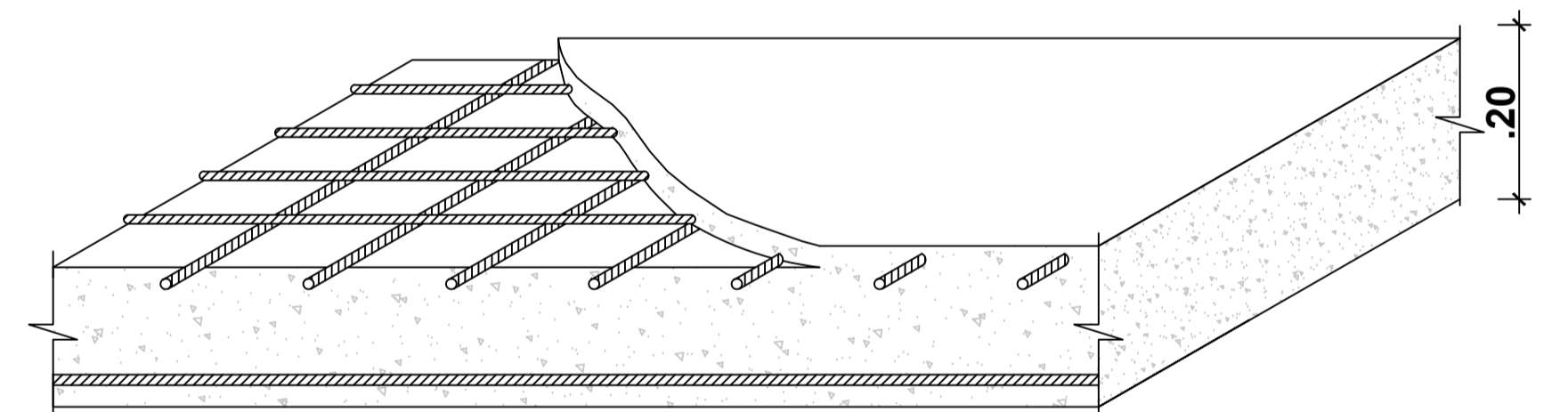
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CONVENCIONAL - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-04</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024



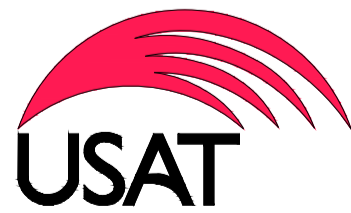
**PLANTA 4 - 10 NIVEL DEPARTAMENTOS**  
 ESCALA 1/50

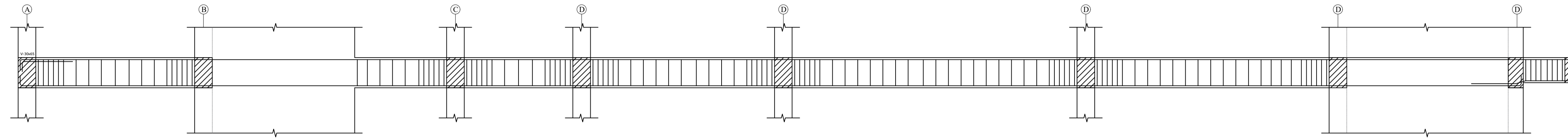


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

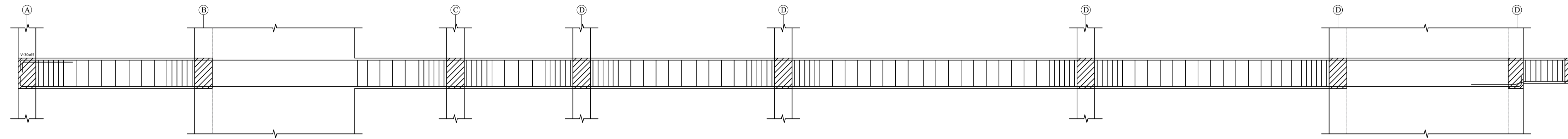


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

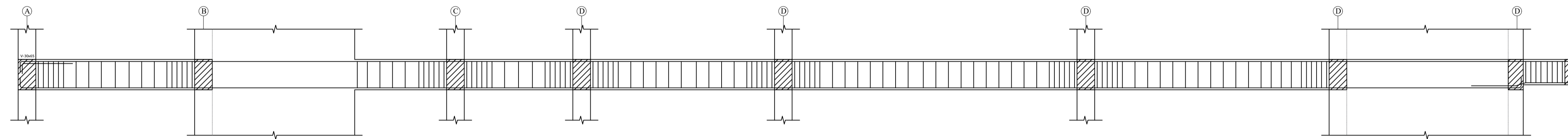
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CONVENCIONAL - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-05</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024



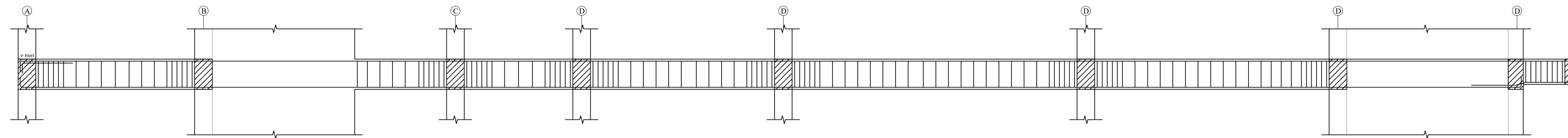
VIGA EJE 1-1  
ESCALA 1/20



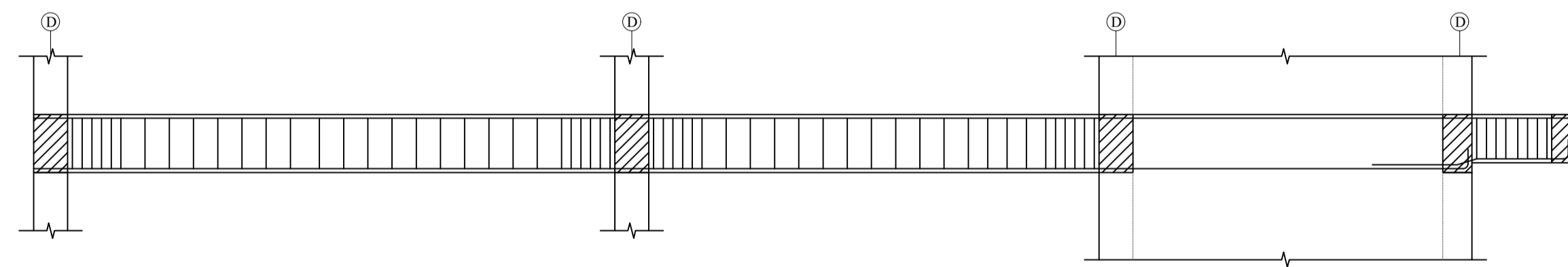
VIGA EJE 2-2  
ESCALA 1/20



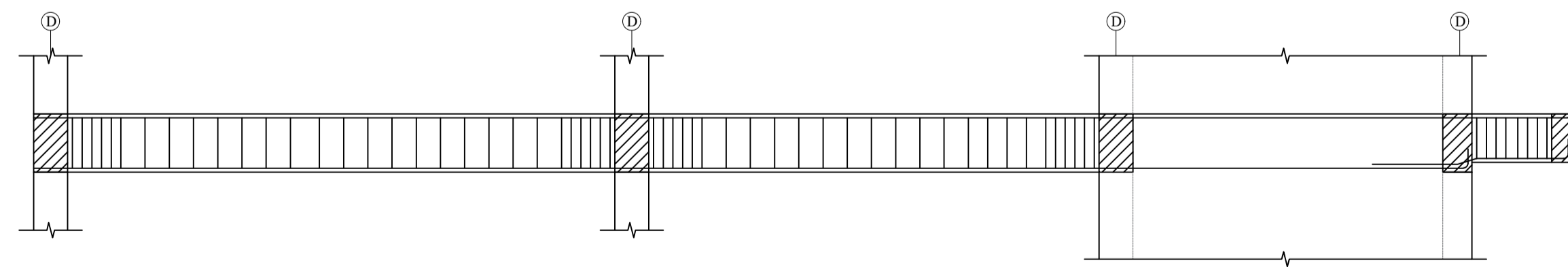
VIGA EJE 3-3  
ESCALA 1/20



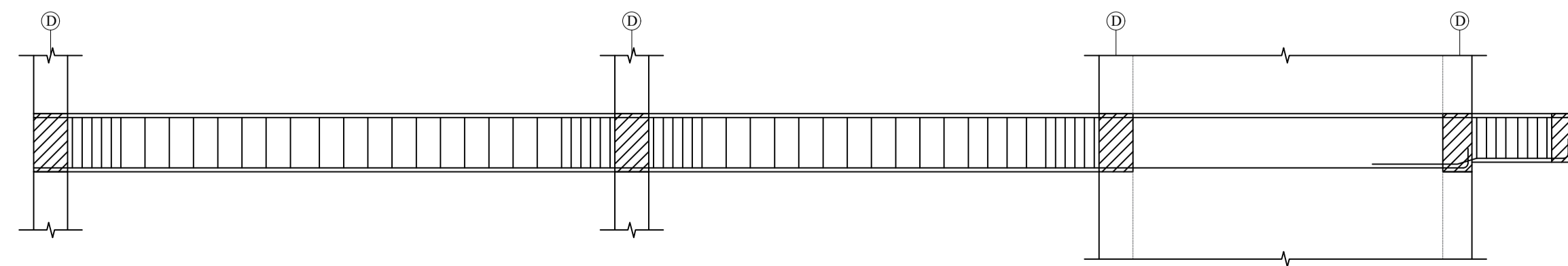
VIGA EJE 4-4  
ESCALA 1/20




VIGA EJE 5-5  
ESCALA 1/20

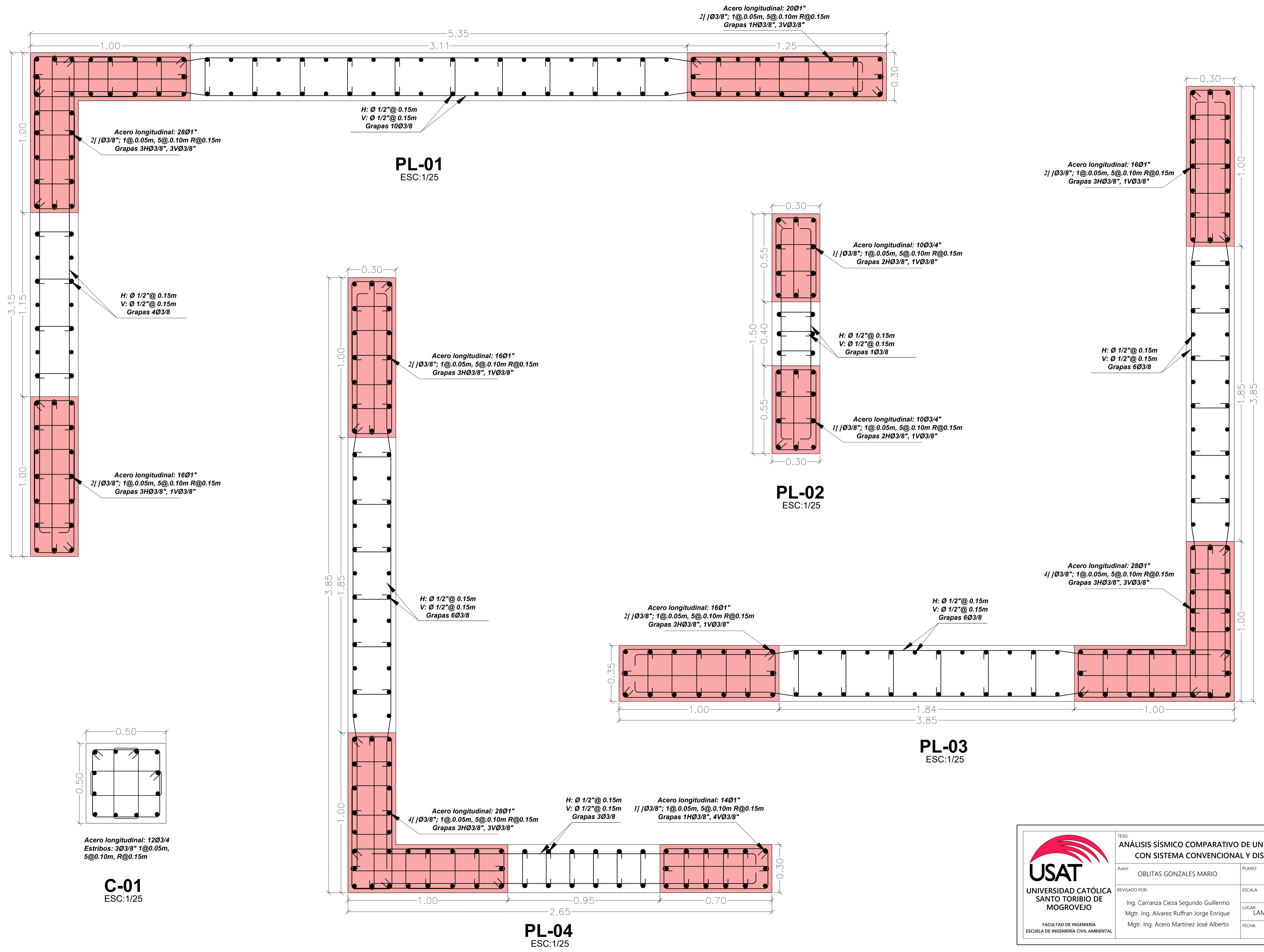


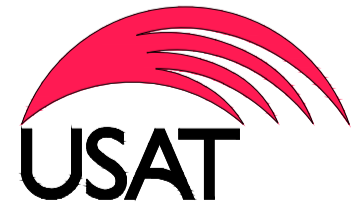
VIGA EJE 6-6  
ESCALA 1/20

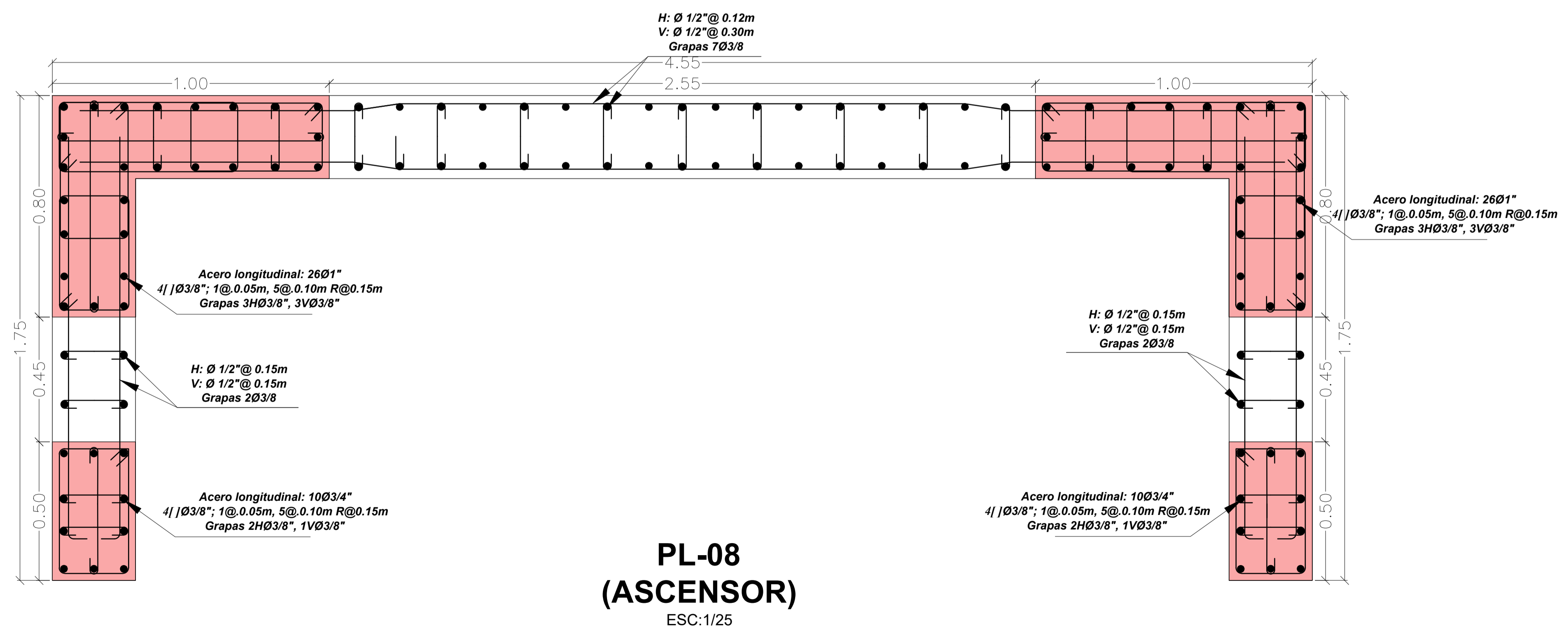
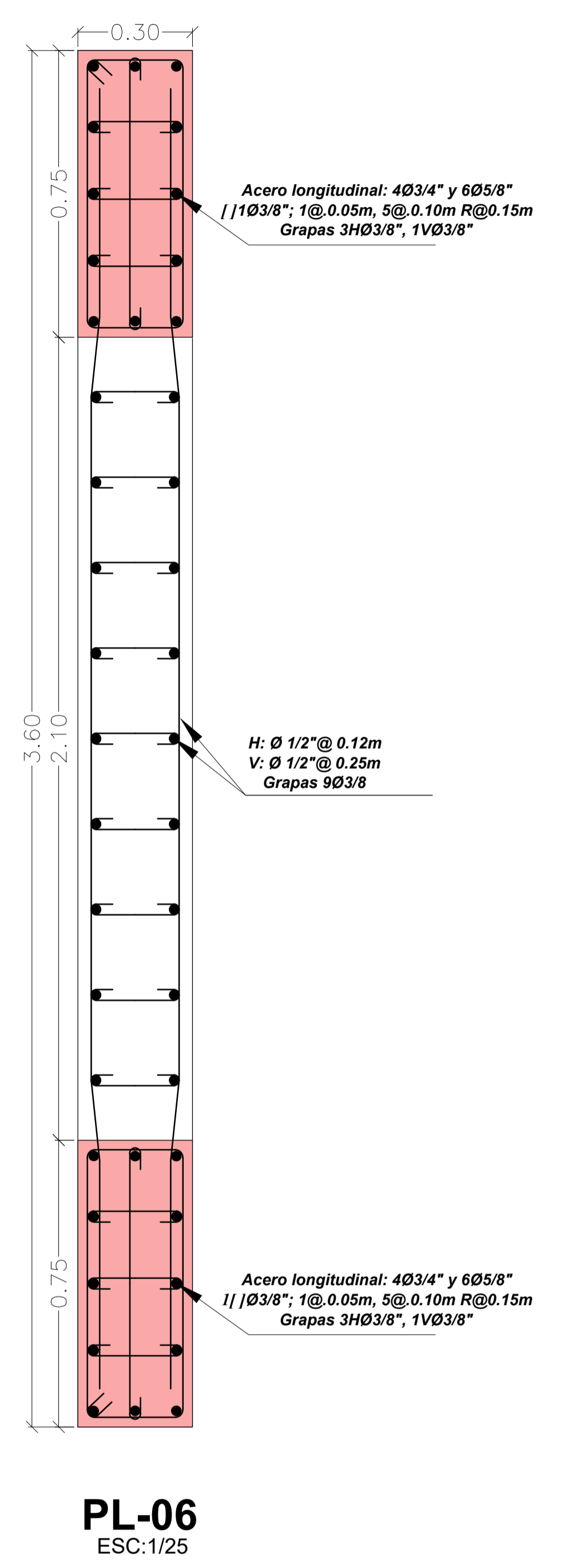
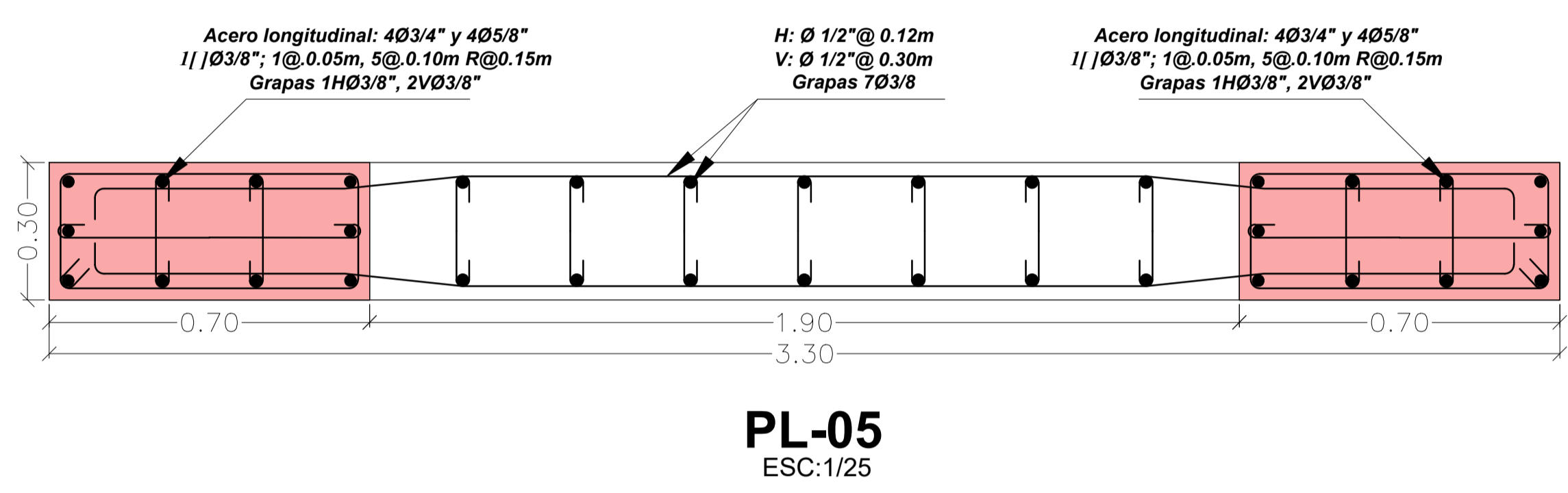
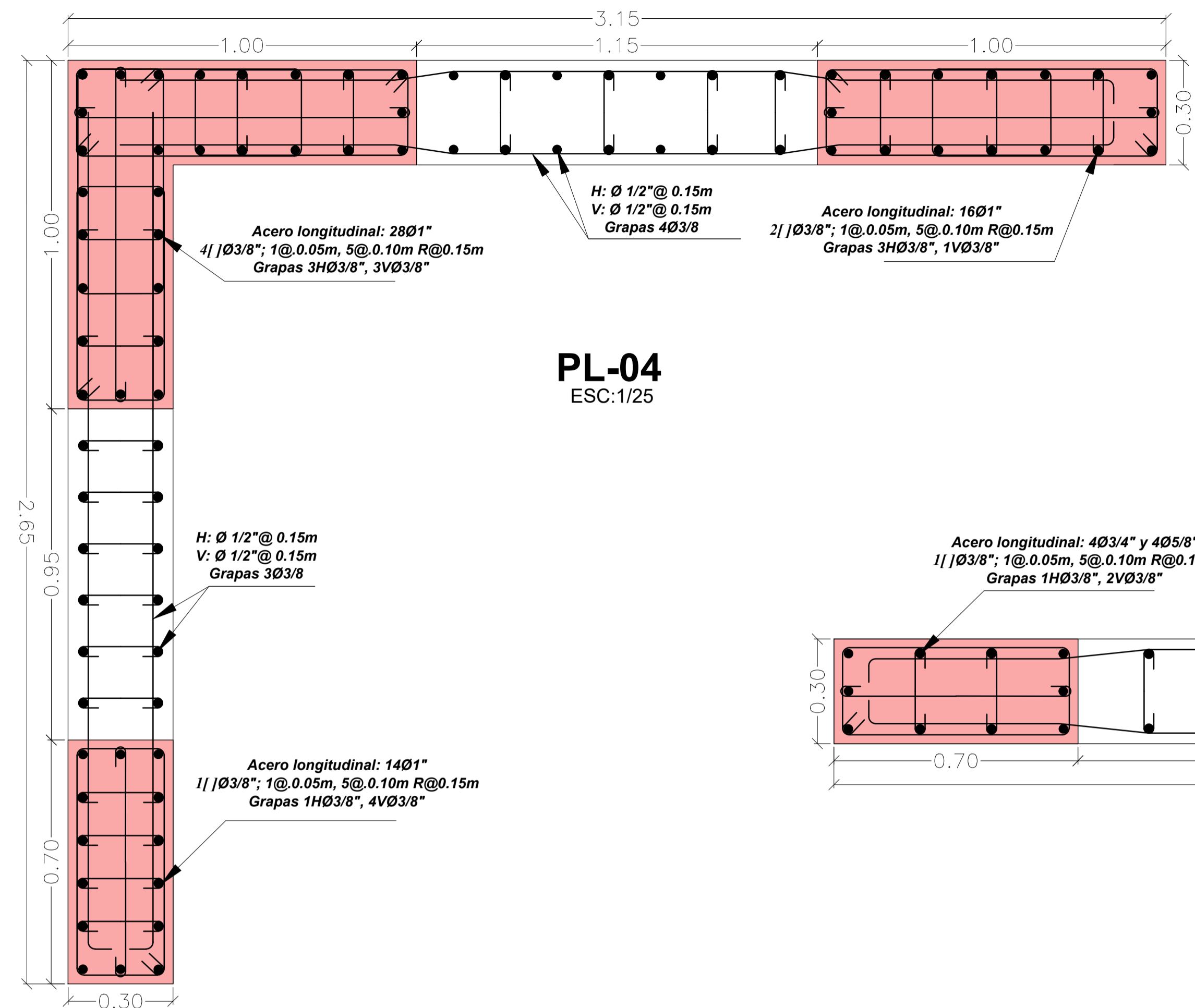



VIGA EJE 7-7  
ESCALA 1/20

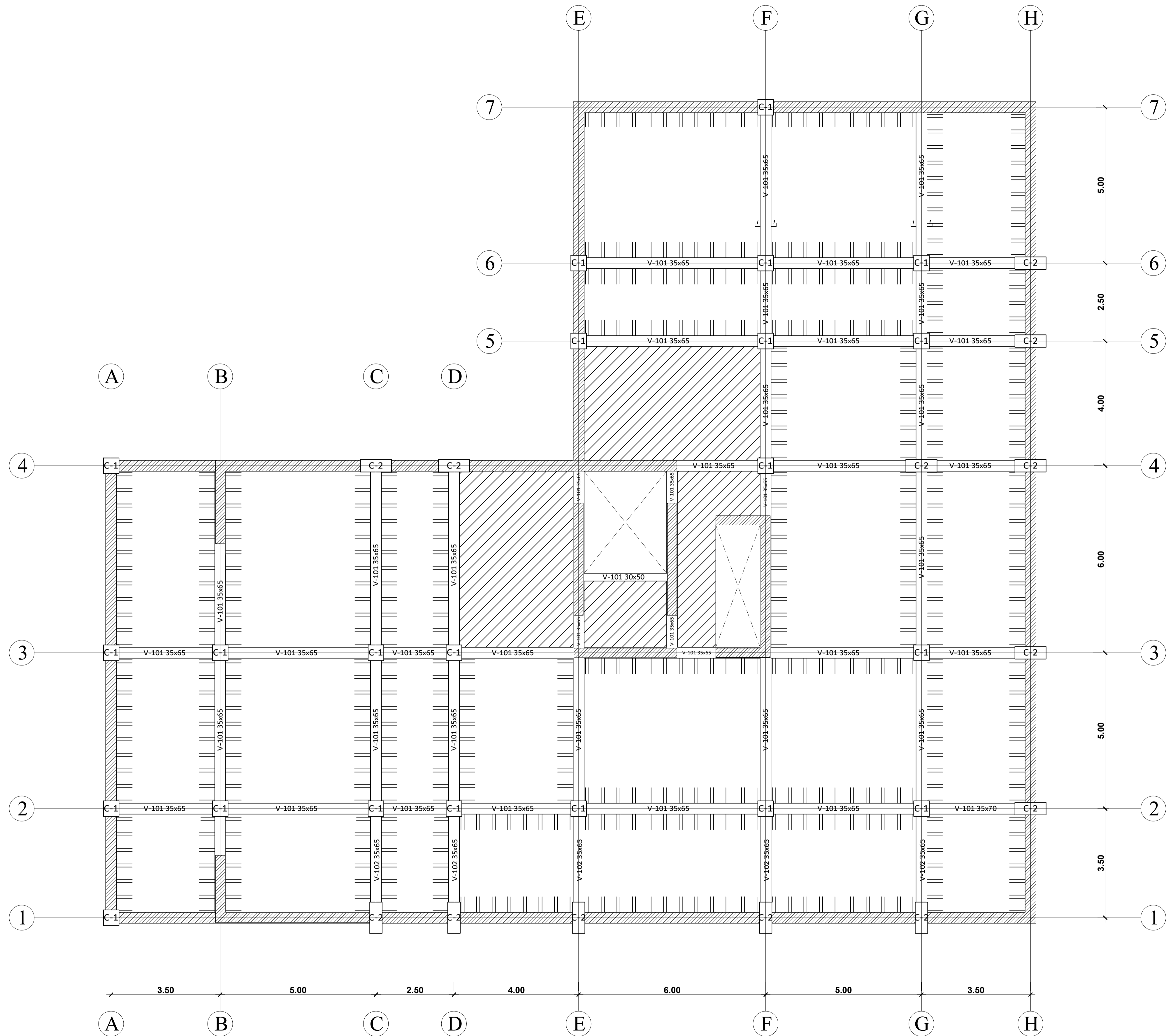
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> <b>SANTO TORIBIO DE</b> <b>MOGROVEJO</b> <small>FACULTAD DE INGENIERÍA</small> <small>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> LOSAS	
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-06</b>
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024
	<small>REVISADO POR:</small>		



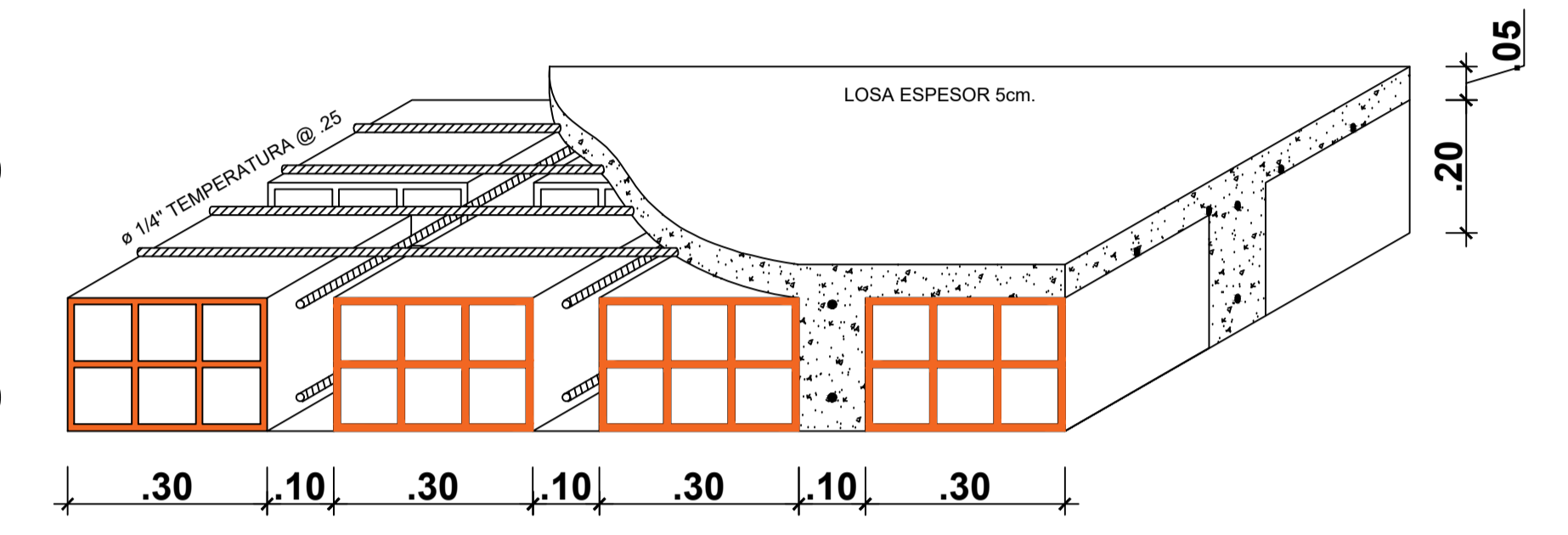
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA          ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TEMA:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> PLACAS ESTRUCTURA CONVENCIONAL		
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-07</b>	
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024	
	<small>FECHA:</small> 2024			



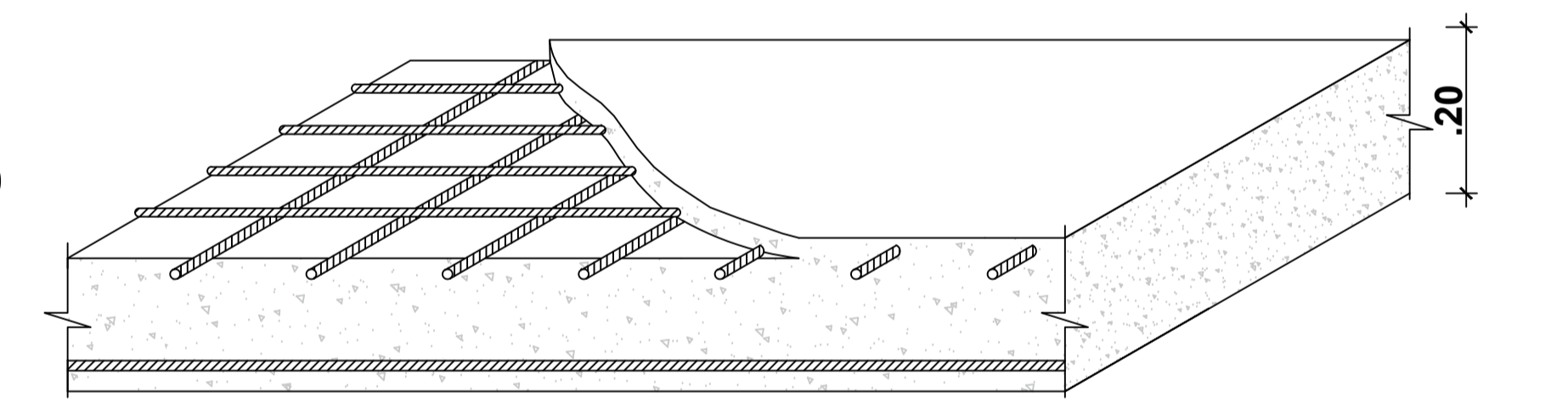
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> <b>SANTO TORIBIO DE</b> <b>MOGROVEJO</b> <small>FACULTAD DE INGENIERÍA</small> <small>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> PLACAS ESTRUCTURA CONVENCIONAL		
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-08</b>	
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024	
	<small>FECHA:</small> 2024			




**PLANTA TIPICA SOTANO Z1,Z2,Z3**  
 ESCALA 1/50

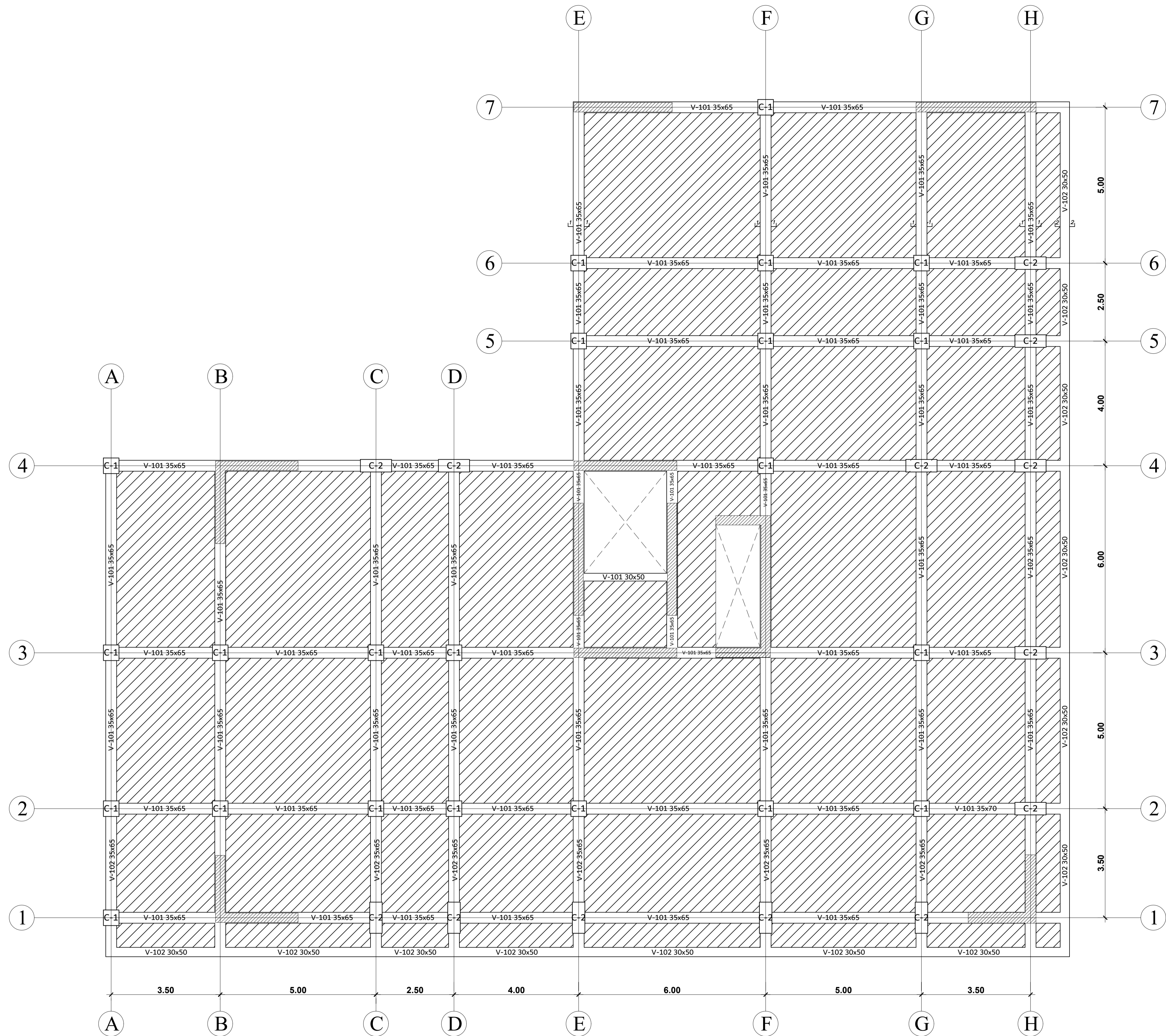


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

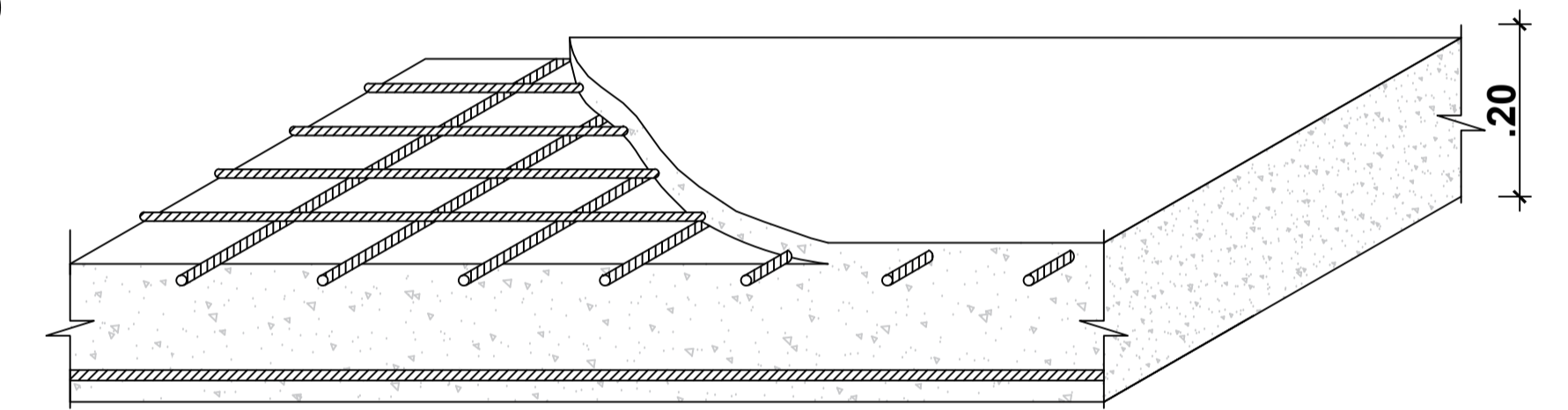


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

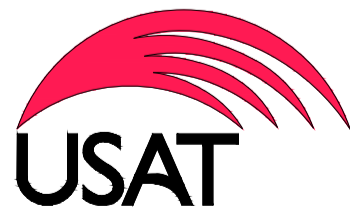
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA          ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TEMA:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> ESTRUCTURA CON DFV - LOSAS		
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-01</b>	
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024	
	<small>Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto</small>			

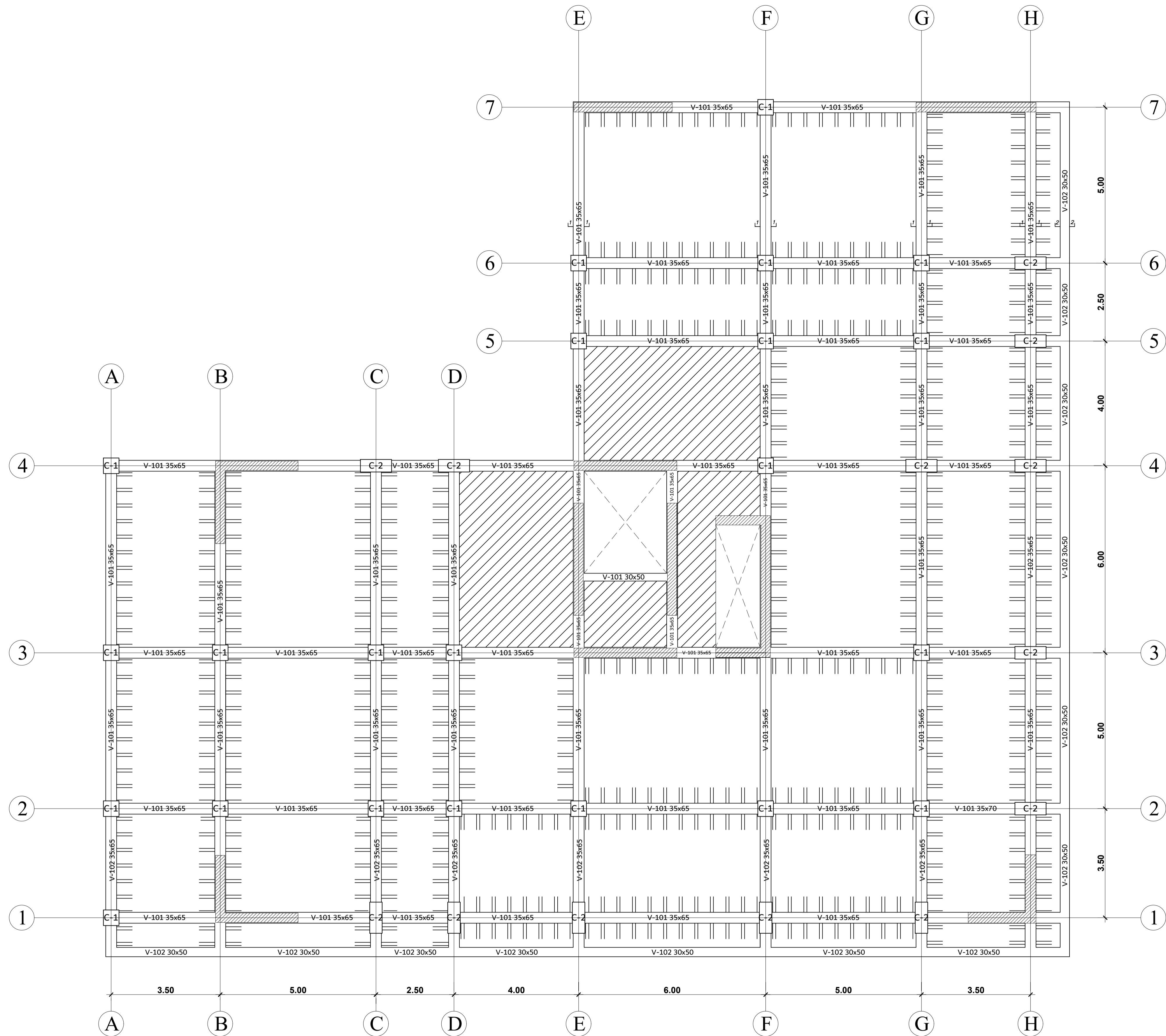


**PLANTA 2 y 3 ESTACIONAMIENTOS**  
 ESCALA 1/50

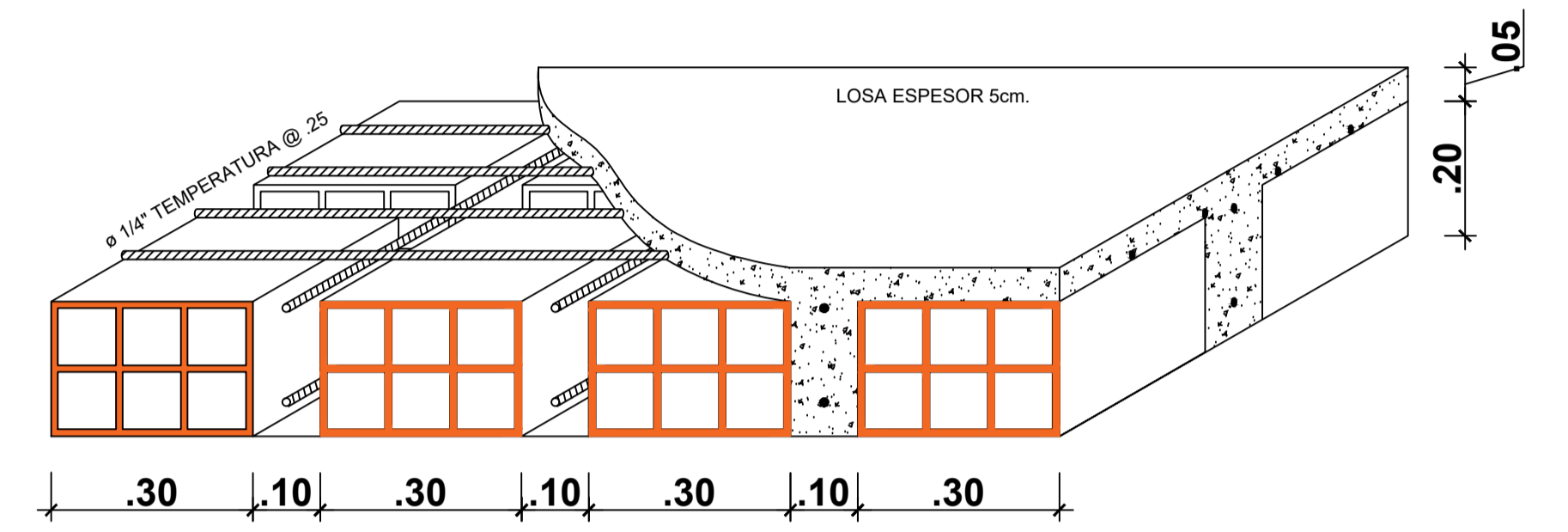


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

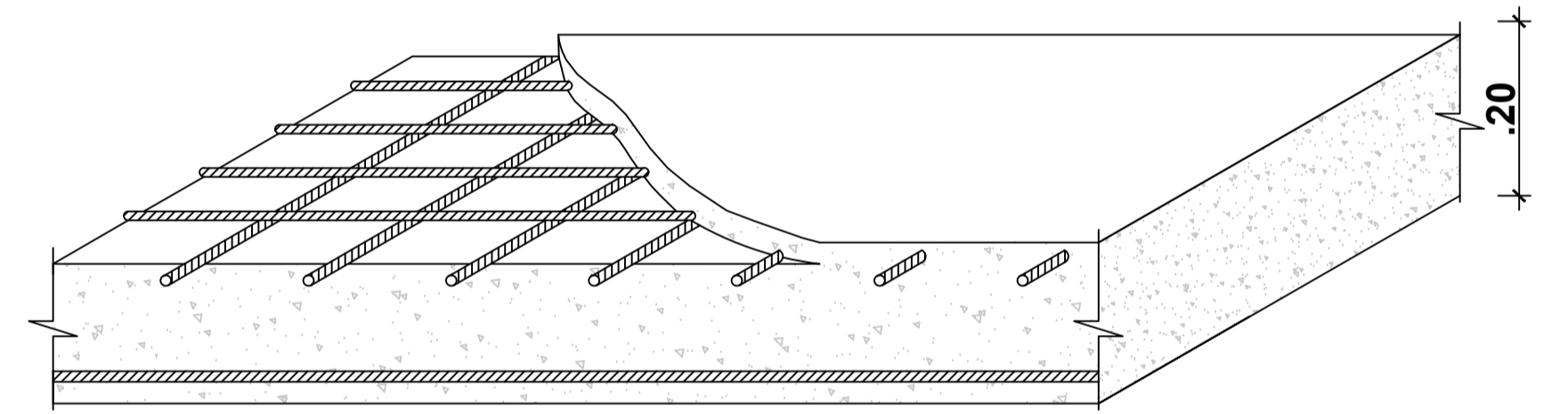
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA          ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> ESTRUCTURA CON DFV - LOSAS	
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-02</b>
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024
	<small>Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto</small>		




**PLANTA 3° SOCIAL**  
ESCALA 1/50

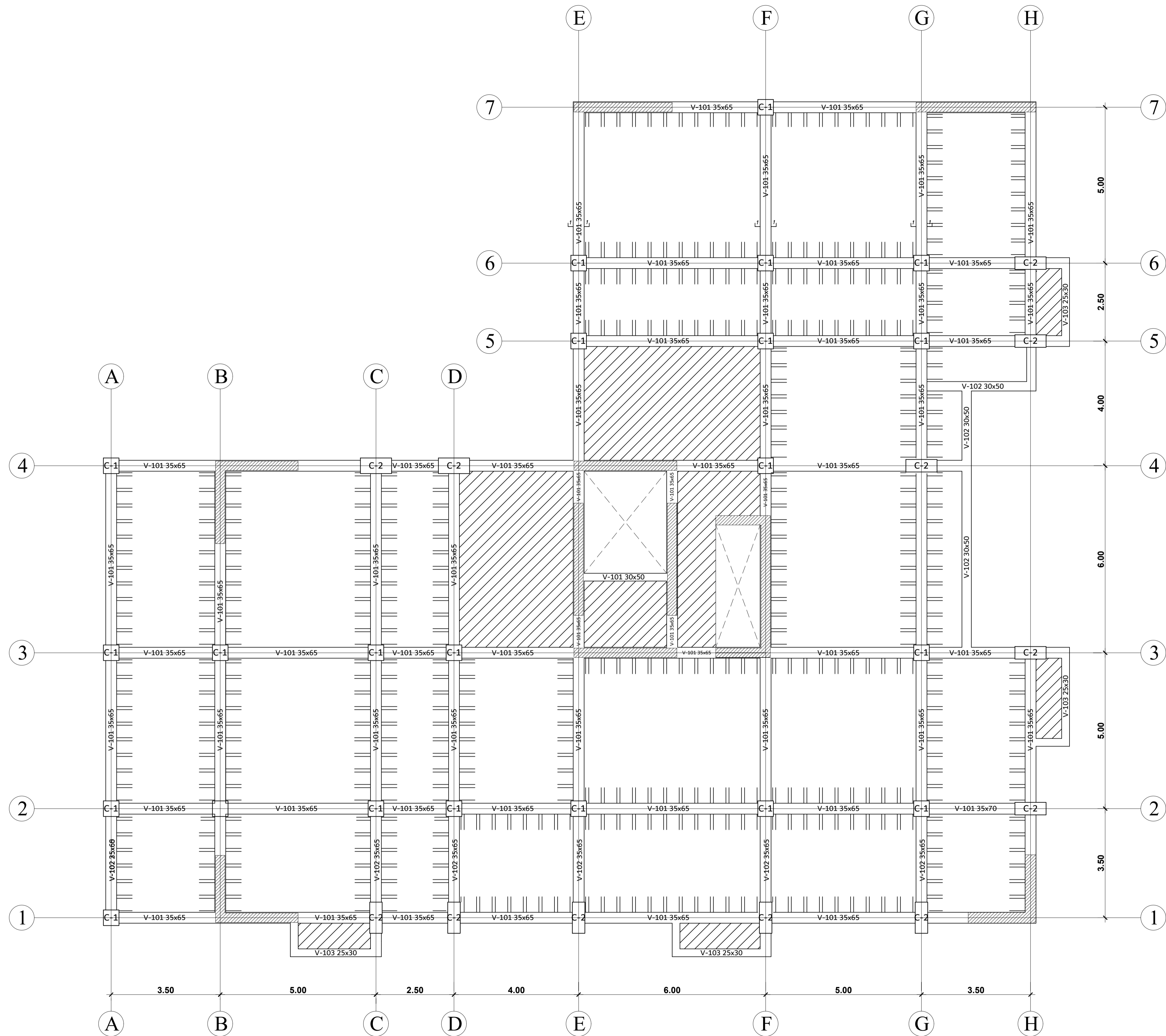


**LOZA ALIGERADA**  
ESCALA 1/10

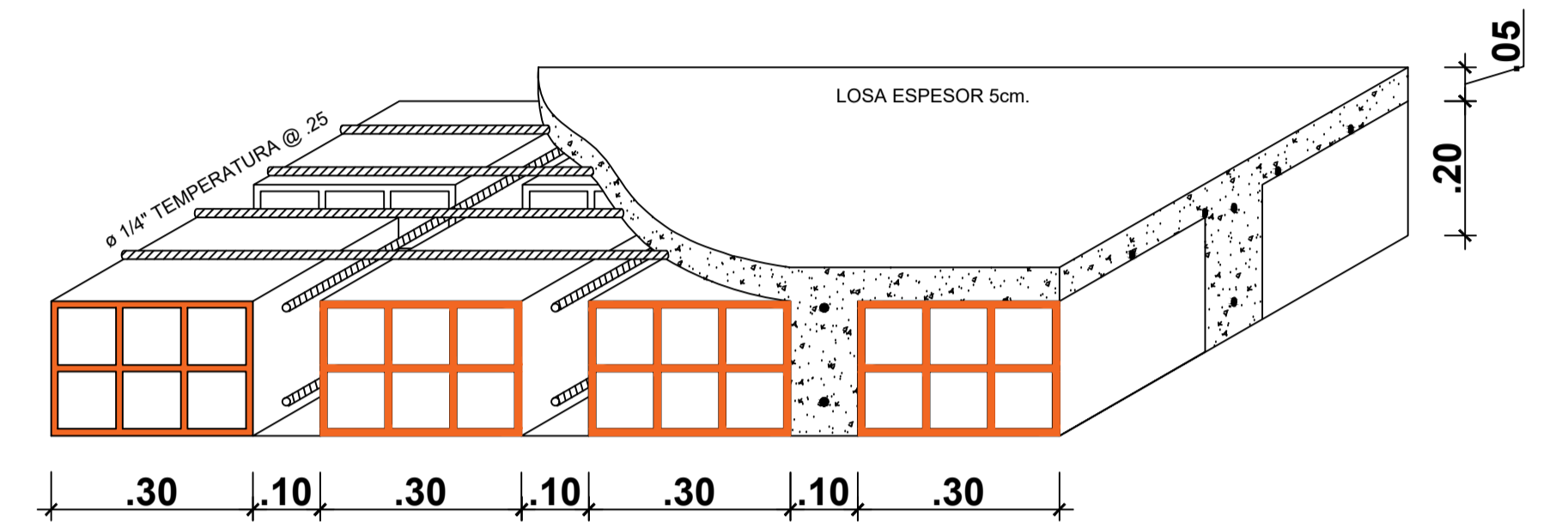


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
ESCALA 1/10

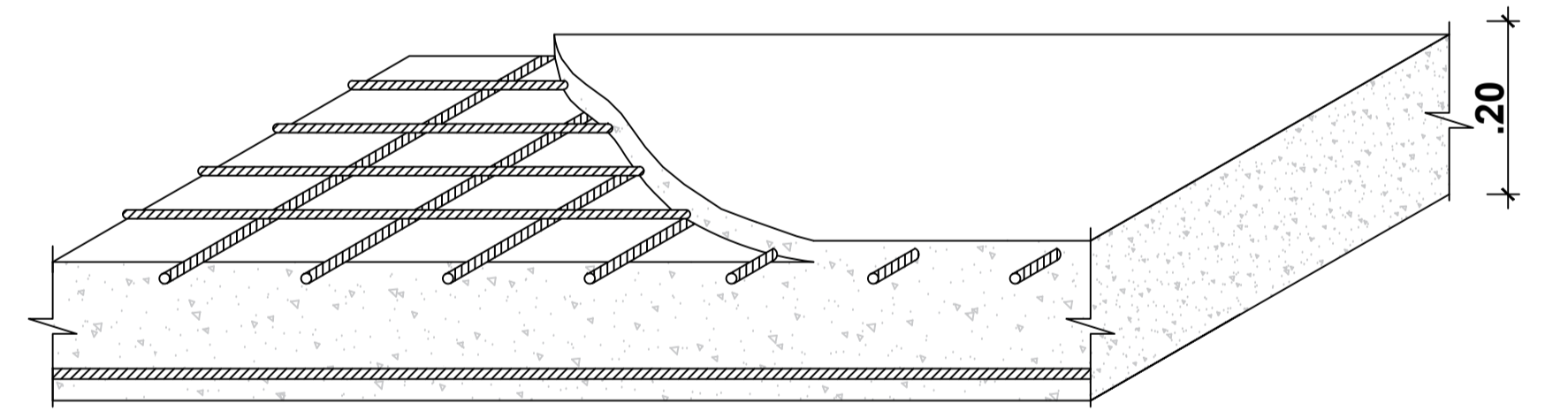
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA          ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> ESTRUCTURA CON DFV - LOSAS	
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-03</b>
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024



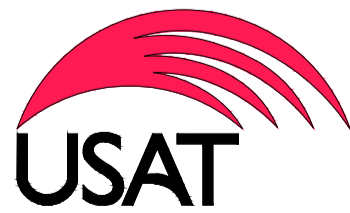
**PLANTA 4 - 10 NIVEL DEPARTAMENTOS**  
 ESCALA 1/50

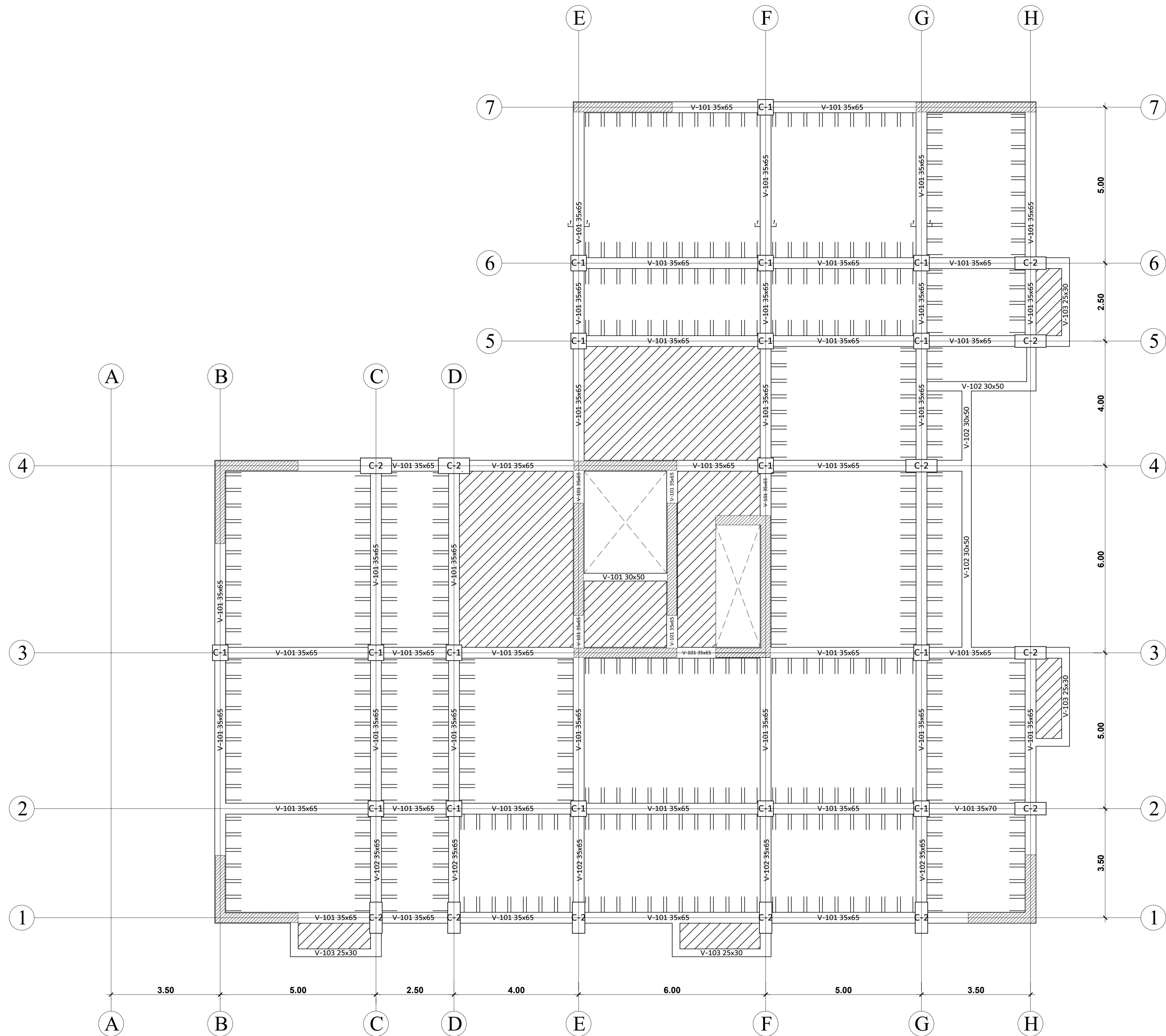


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

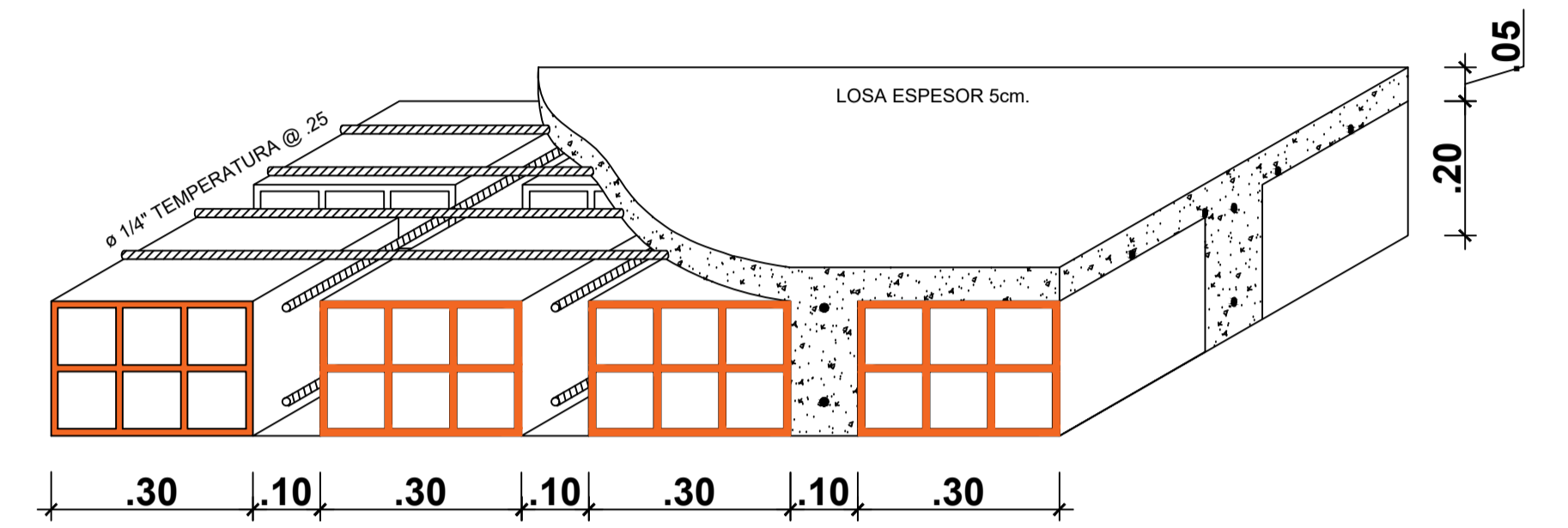


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

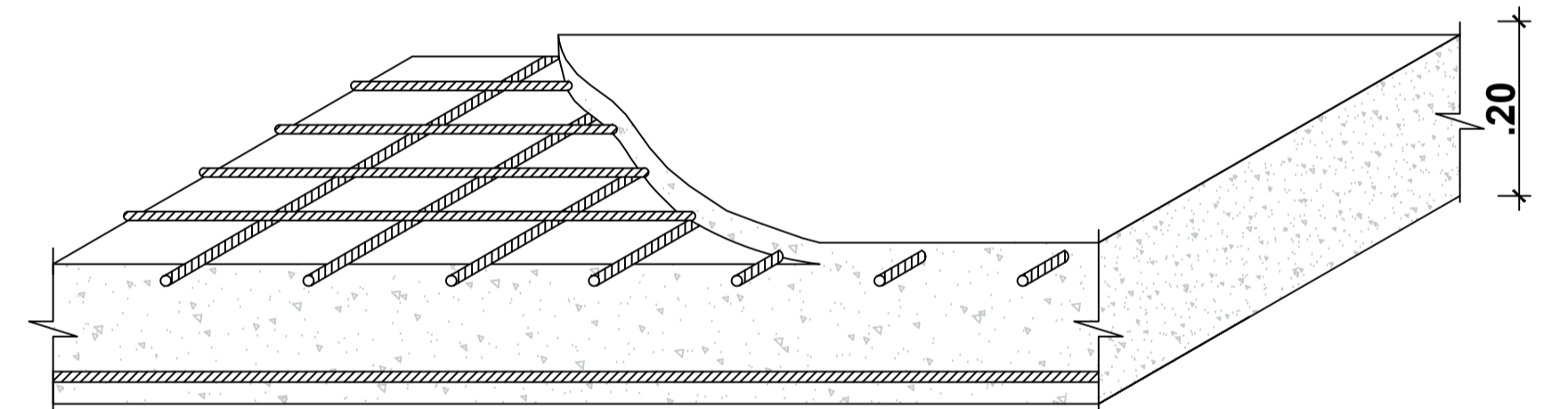
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: ESTRUCTURA CON DFV - LOSAS	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50	LÁMINA: <b>E-04</b>
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE	FECHA: 2024




**PLANTA 4 - 10 NIVEL DEPARTAMENTOS**  
 ESCALA 1/50

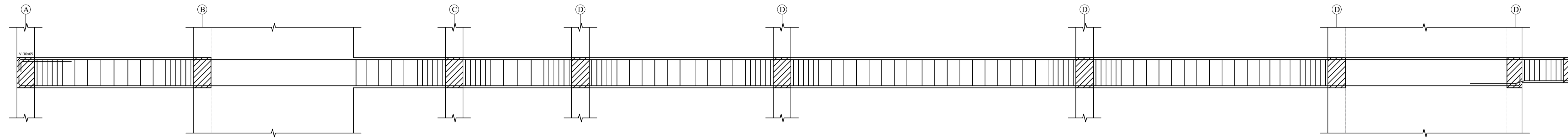


**LOZA ALIGERADA**  
 ESCALA 1/10

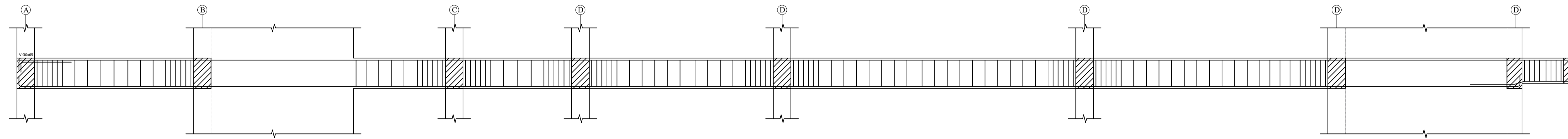


**DETALLA LOSA MACIZA 3D**  
 ESCALA 1/10

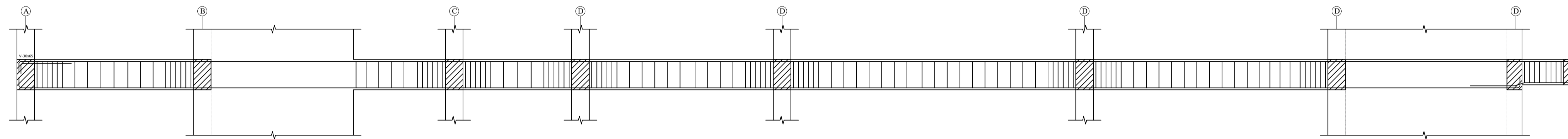
 <b>USAT</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA          ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TEMA:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA          CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> ESTRUCTURA CON DFV - LOSAS	
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50	<small>LÁMINA:</small> <b>E-05</b>
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE	<small>FECHA:</small> 2024
	<small>FECHA:</small> 2024		



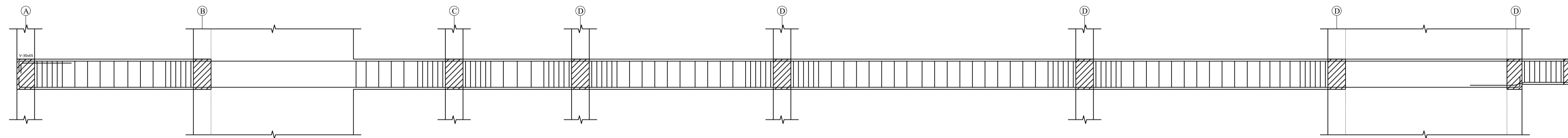
VIGA EJE 1-1  
ESCALA 1/20



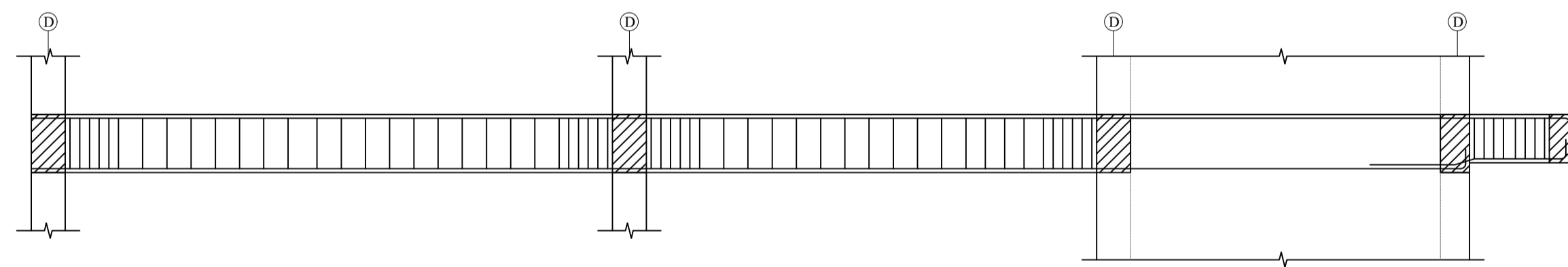
VIGA EJE 2-2  
ESCALA 1/20



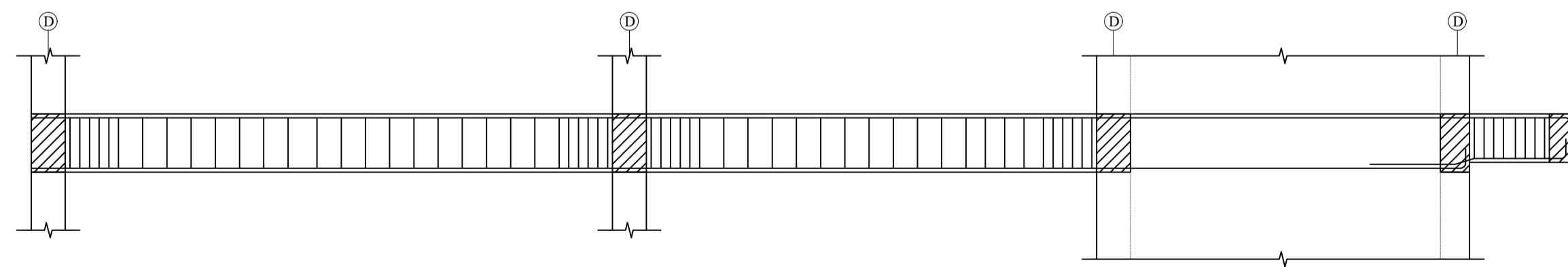
VIGA EJE 3-3  
ESCALA 1/20



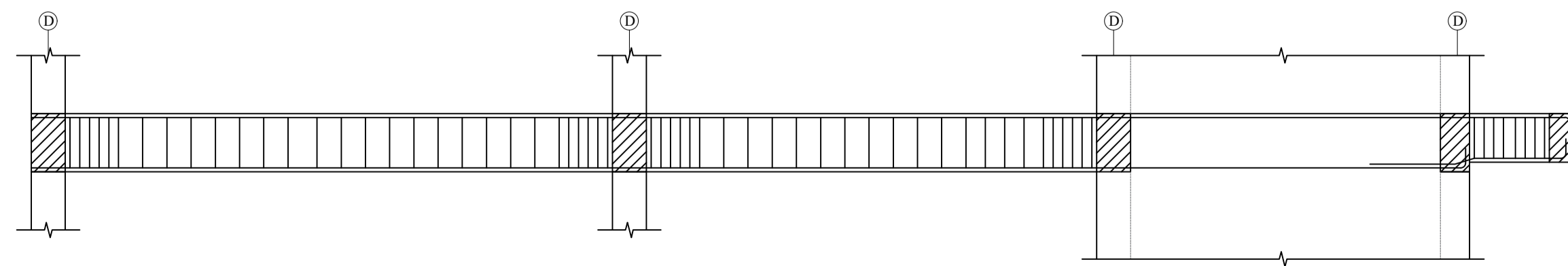
VIGA EJE 4-4  
ESCALA 1/20




VIGA EJE 5-5  
ESCALA 1/20

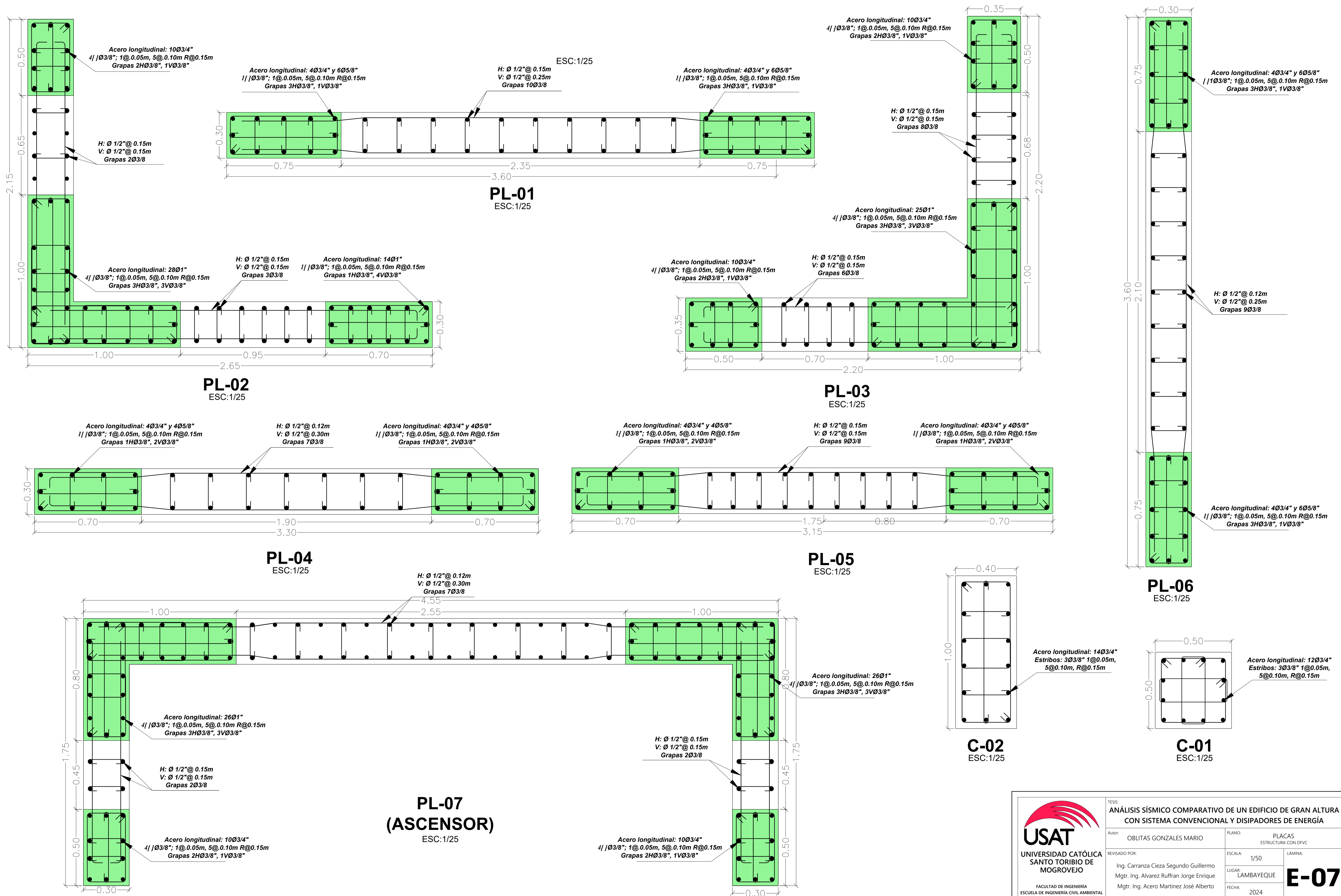



VIGA EJE 6-6  
ESCALA 1/20

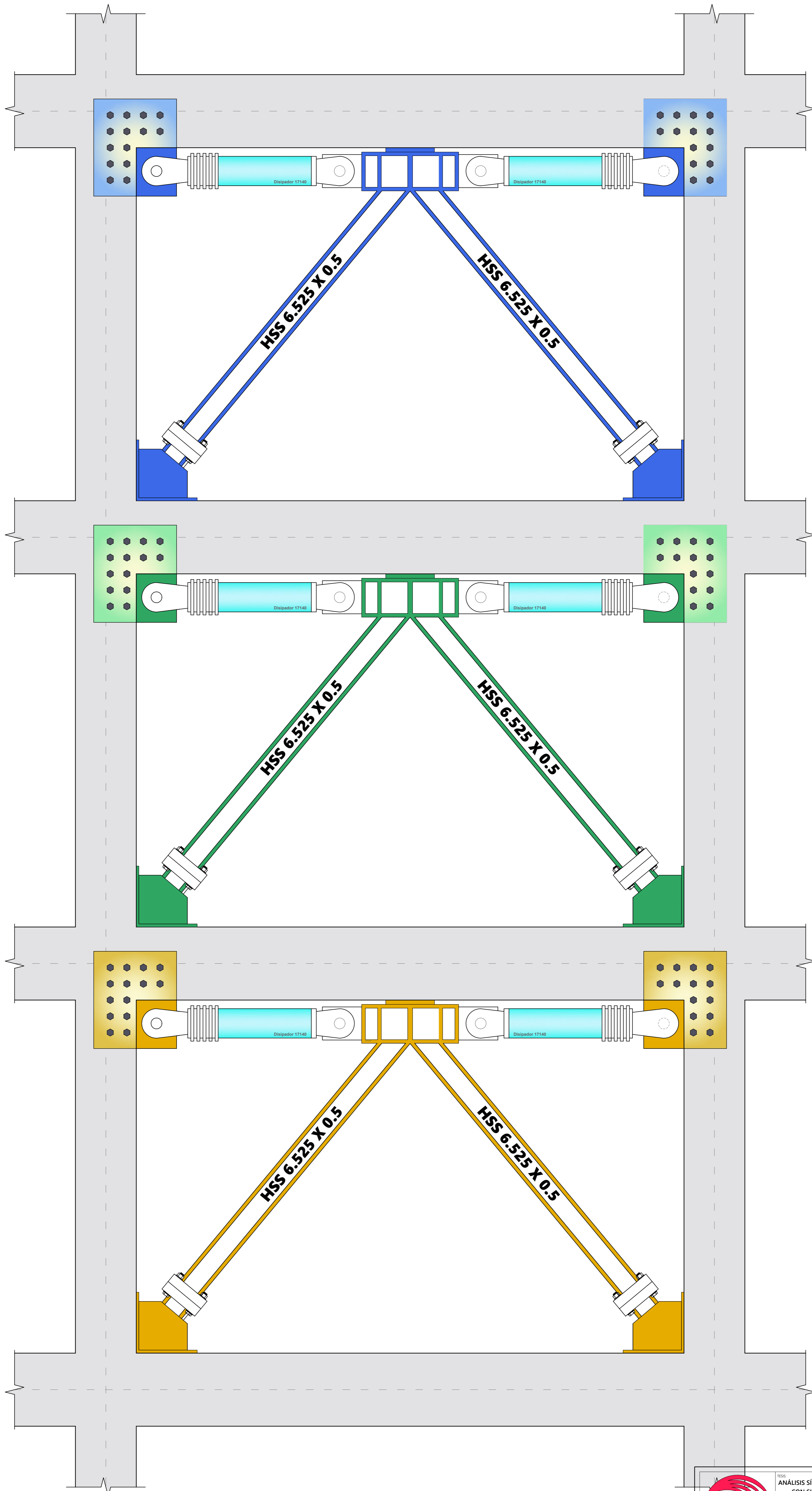


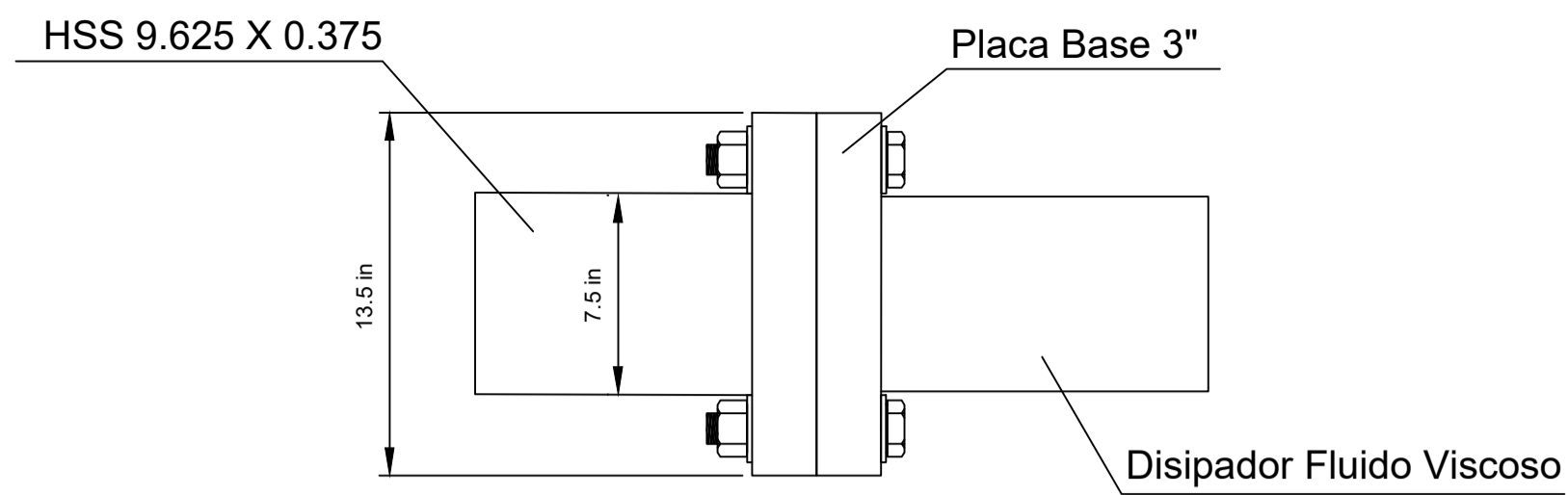
VIGA EJE 7-7  
ESCALA 1/20

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> <b>SANTO TORIBIO DE</b> <b>MOGROVEJO</b> <small>FACULTAD DE INGENIERÍA</small> <small>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> LOSAS	<b>E-06</b>	
	<small>Autor:</small> OBLITAS GONZALES MARIO	<small>ESCALA:</small> 1/50		<small>LÁMINA:</small>
	<small>REVISADO POR:</small> Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgr. Ing. Acero Martinez José Alberto	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE		<small>FECHA:</small> 2024
	<small>ESCALA:</small> 1/20	<small>LUGAR:</small> LAMBAYEQUE		<small>FECHA:</small> 2024

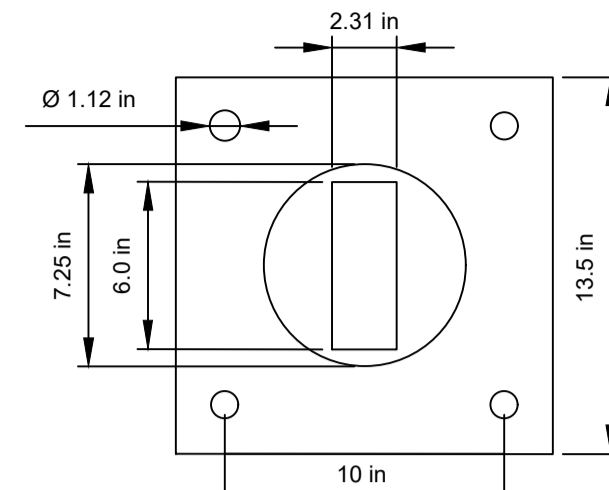


 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</b> <small>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</small>	<small>TESIS:</small> <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	<small>PLANO:</small> <b>PLACAS ESTRUCTURA CON DIVEC</b>	<b>E-07</b>	
	<small>Autor:</small> <b>OBLITAS GONZALES MARIO</b>	<small>PLANO:</small> <b>PLACAS ESTRUCTURA CON DIVEC</b>		
	<small>REVISADO POR:</small> <b>Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto</b>	<small>ESCALA:</small> <b>1/50</b>		<small>LÁMINA:</small> <b>LAMBAYEQUE</b>
	<small>FECHA:</small> <b>2024</b>	<small>FECHA:</small> <b>2024</b>		

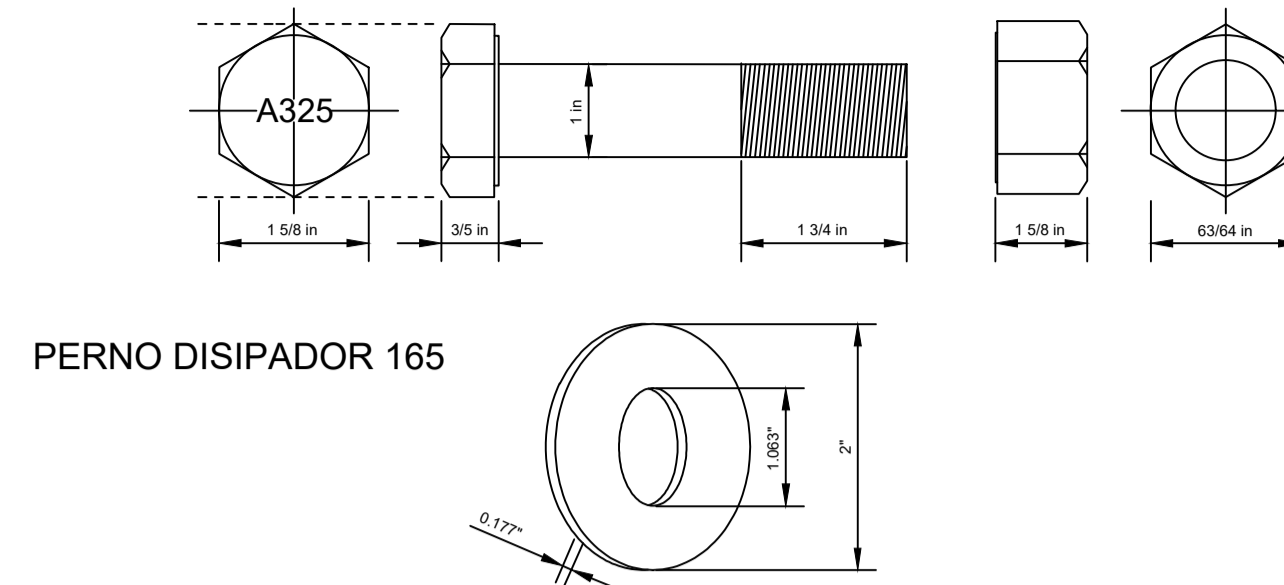




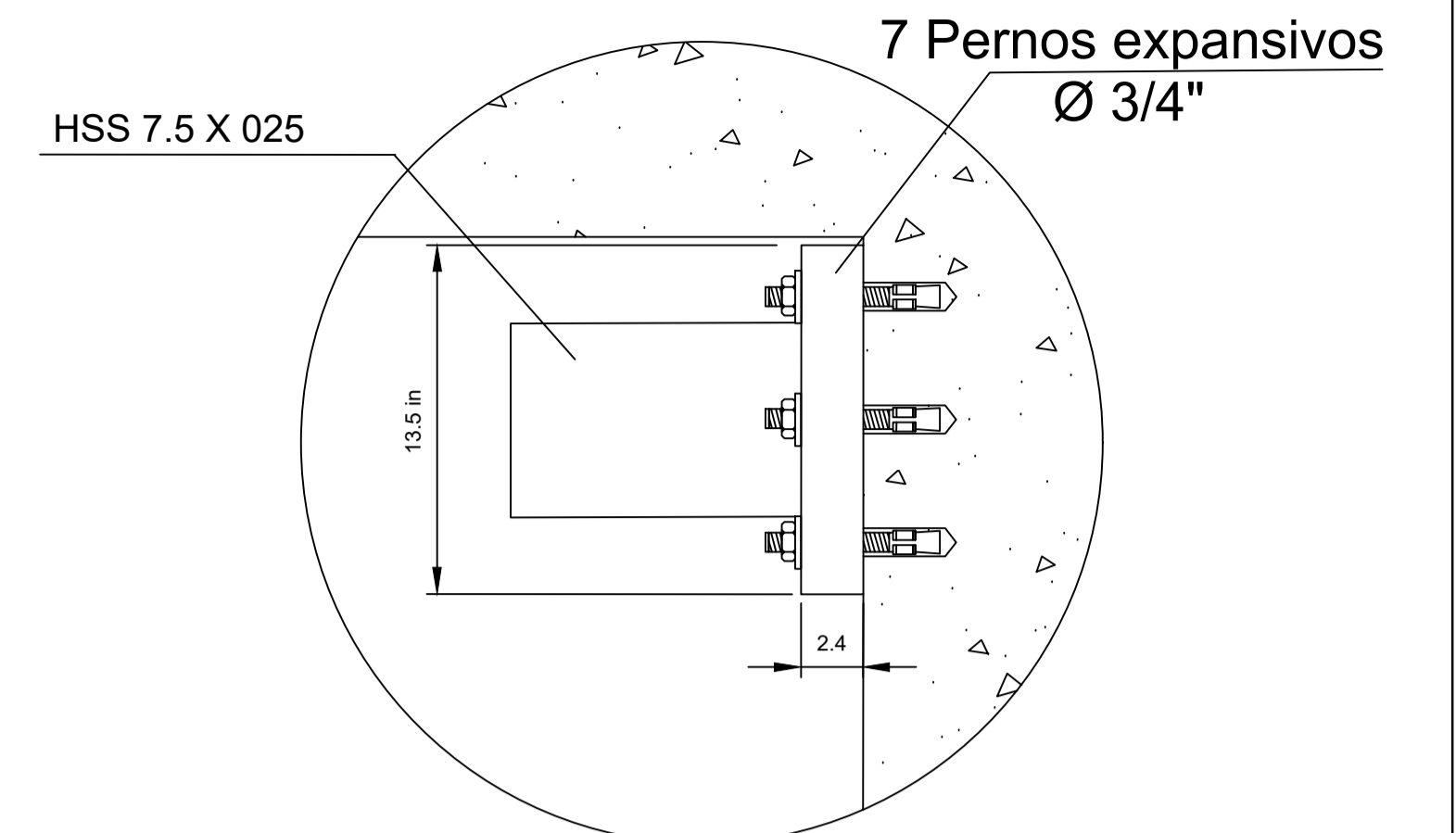
Detalle 1  
Escala: 1/10



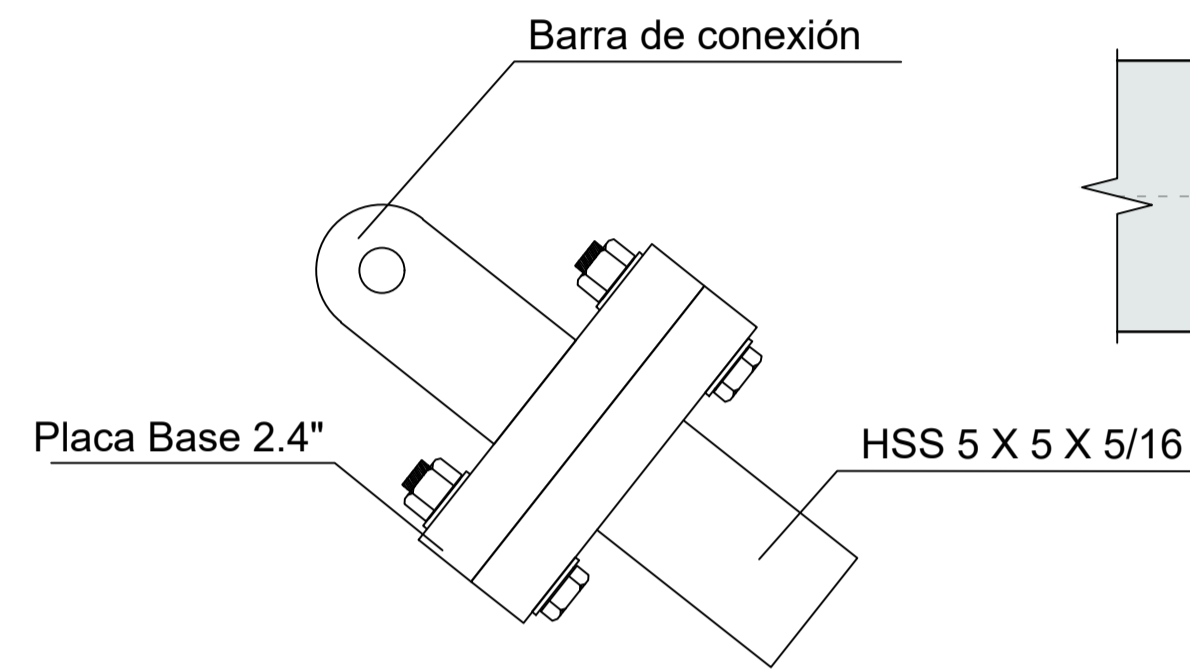
Placa metálica disipador fluido viscoso-brazo metálico  
Escala: 1/10



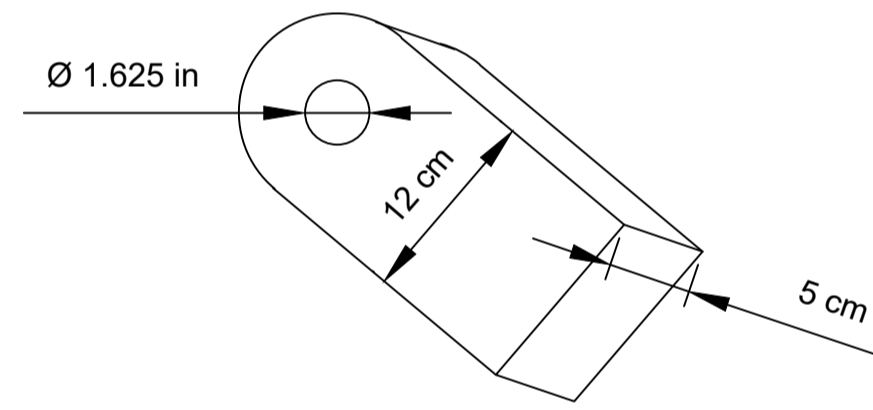
Pernos, tuerca y arandela disipador fluido viscoso-brazo metálico



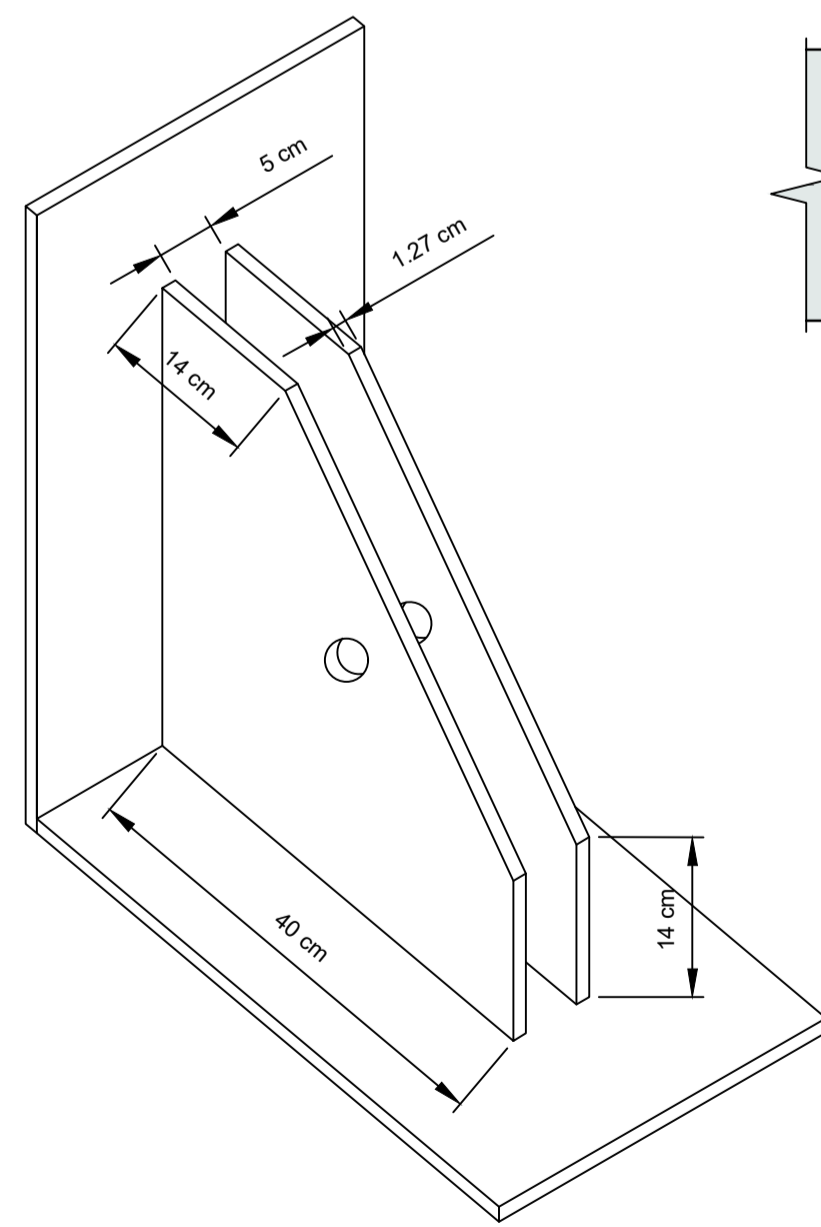
Detalle 2  
Escala: 1/10



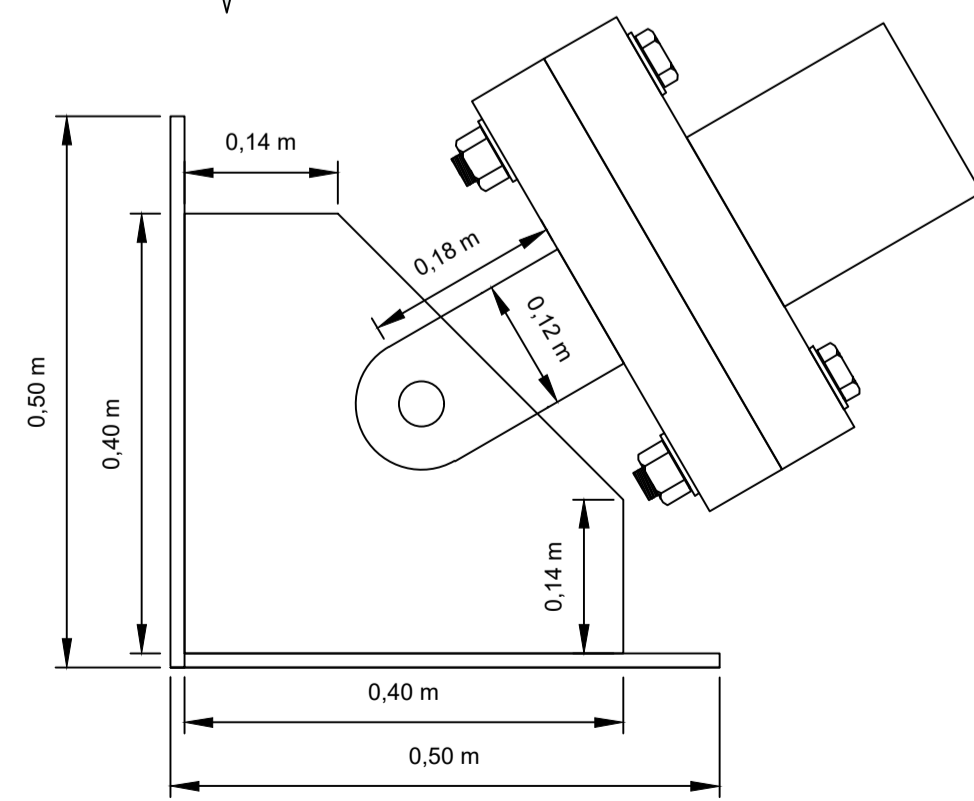
Detalle 3  
Escala: 1/10



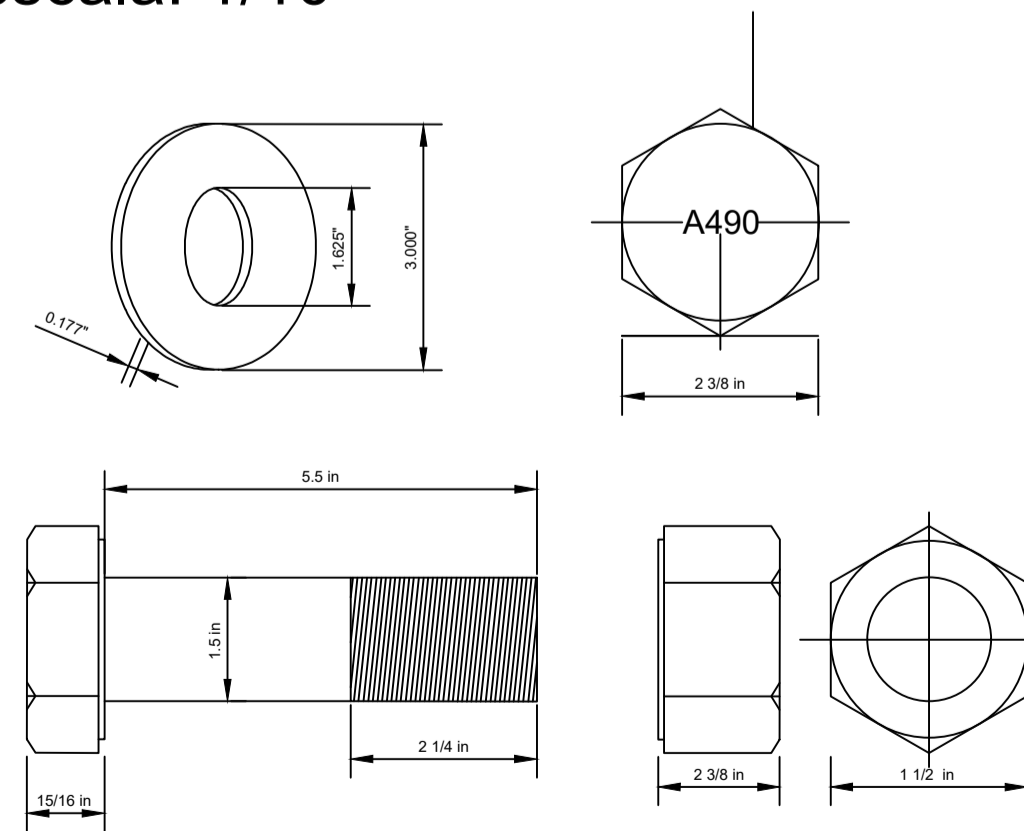
Barra de Conexión



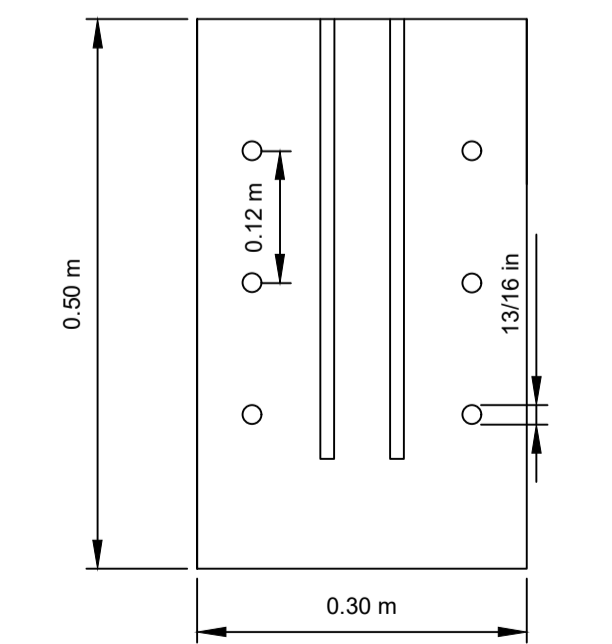
Cartela en vista isométrica  
Escala: 1/10



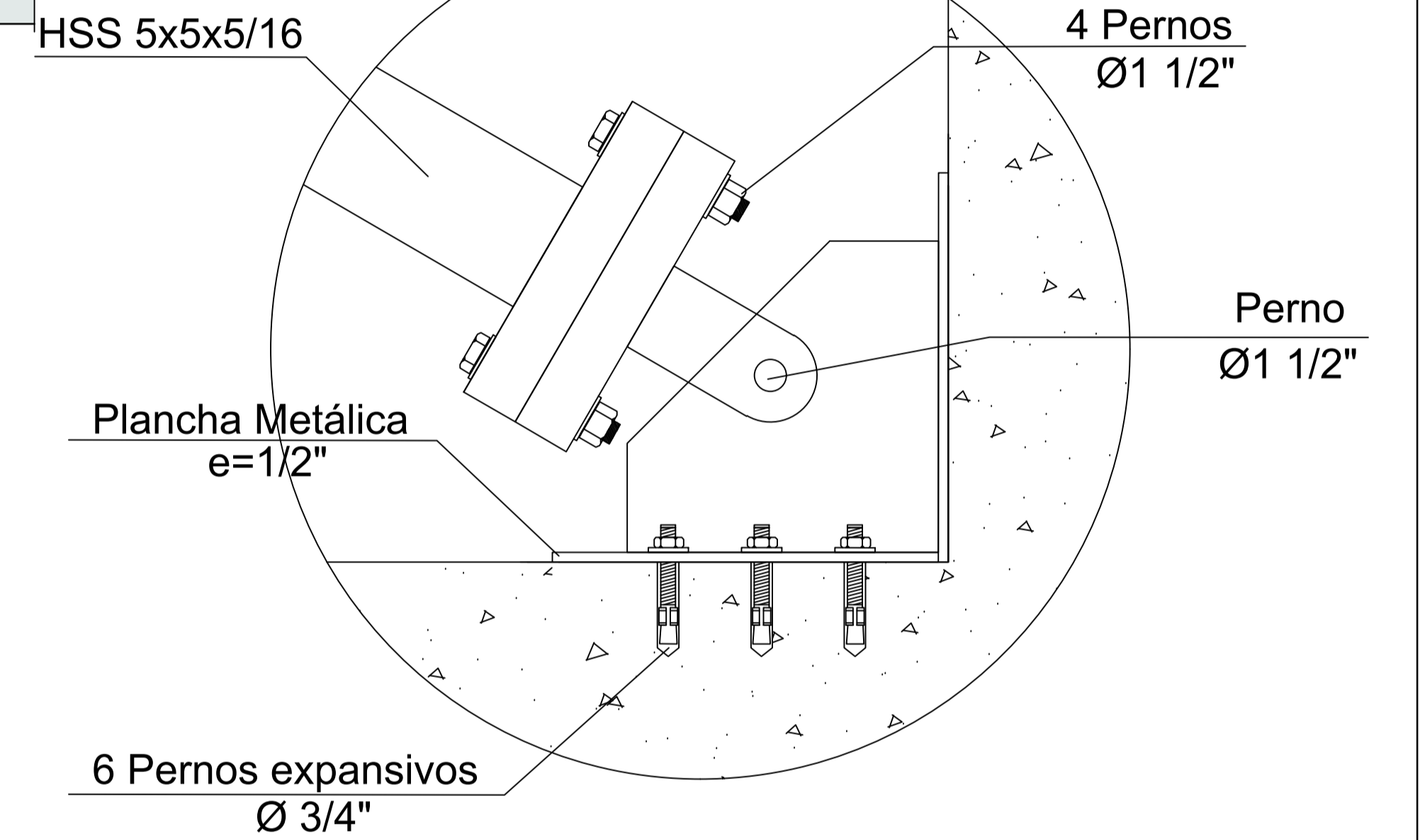
Detalles de la cartela  
Escala: 1/10



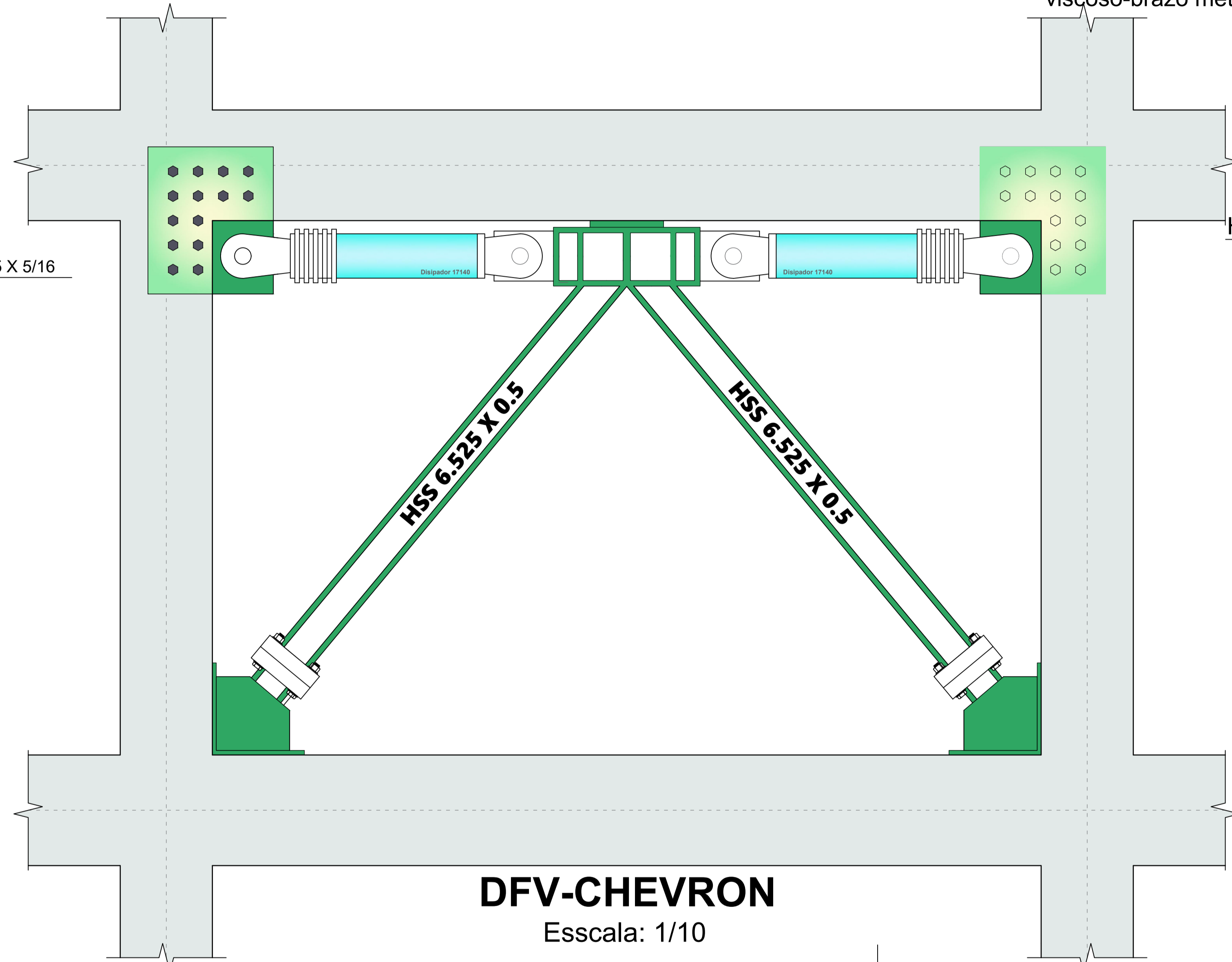
Pernos, tuerca y arandela barra de conexión



Plancha metálica de la cartela  
Escala: 1/10



Detalle 4  
Escala: 1/10



**DFV-CHEVRON**  
Escala: 1/10

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**PERFILES**  
 PERFILES HSS 7X7X1/2 ASTM A36----- Fy=2530 Kg/cm2  
 PERFILES HSS 5X5X5/16 ASTM A36----- Fy=2530 Kg/cm2

**PERNOS**  
 PERNOS DE ALTA RESISTENCIA PARA UNION CON PLACA ASTM A325 ----- Fy=8437 Kg/cm2  
 PERNOS DE ALTA RESISTENCIA PARA BARRA DE CONEXION ASTM A490 ----- Fy=10546 Kg/cm2  
 PLANCHAS METALICAS (COMO CARTELA) ACERO ASTM A36----- Fy=2530 Kg/cm2  
 PERNO EXPANSIVO ASTM A36----- Fy=3867 Kg/cm2

**SOLDADURA**  
 ELECTRODOS CELULOSICOS E60 SEGUN ASW A5.1 ----- Fy=4200 Kg/cm2

LA SOLDADURA SERA DE ACERO ELECTROLITICO Y/O ALAMBE TUBULAR. EL MATERIAL DE LOS ELECTRODOS SERA DEL TIPO E60 (FASE INICIAL) Y E070 (ACABADOS) CON UNA RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION (Fu) DE 4200 Kg/cm2 RESPECTIVAMENTE.

**DISIPADOR**  
 K=  
 C=  
 α=0.5

<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	TESIS: <b>ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA CON SISTEMA CONVENCIONAL Y DISIPADORES DE ENERGÍA</b>	PLANO: DISIPADORES DE ENERGÍA	<b>E-09</b>	
	Autor: OBLITAS GONZALES MARIO	ESCALA: 1/50		LÁMINA:
	REVISADO POR: Ing. Carranza Cieza Segundo Guillermo Mgtr. Ing. Alvarez Ruffran Jorge Enrique Mgtr. Ing. Acero Martinez José Alberto	LUGAR: LAMBAYEQUE		FECHA: 2024
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL			