

# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL AISLADOR SÍSMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO Y EL AISLADOR SÍSMICO TRIPLE PÉNDULO DE FRICCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL HOSPITAL VITARTE, LIMA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Joshelin Evelin Reyes Romero  
José Miguel Trigueros Maguiña

**Asesor:**

MBA. ING. José Luis Neyra Torres

Lima - Perú

2021



## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Neyra Torres Jose Luis, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Reyes Romero Joshelin Evelin, Trigueros Maguiña José Miguel

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Análisis comparativo del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción para la implementación en la estructura del hospital Vitarte, Lima 2020 para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

MBA. ING. José Luis Neyra Torres  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Reyes Romero Joshelin Evelin & Trigueros Maguiña José Miguel para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Análisis comparativo del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción para la implementación en la estructura del hospital Vitarte, Lima 2020.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

## DEDICATORIA

### **A mi madre.**

Por ser la base de concreto armado que formo mi camino al futuro poniendo por delante mis objetivos, metas y mis sueños, por la dedicación que tuvo en mi educación, por persistir que cada día seamos mejor persona, pero sobre todo por el amor incondicional que me brinda.

### **Mi padre.**

Por ser la estructura en mi vida, por brindarme consejos, enseñanzas y valores; por demostrarme que se puede salir adelante a pesar de los obstáculos que pueda encontrar en el camino, por enseñarme a salir de la zona de confort y atreverme a realizar cosas nuevas.

### **A mi familia.**

Por los acabados en el diseño de mi vida, por no soltar mi mano cuando sentí la derrota tan cerca, por demostrarme que en las buenas y en las malas cuento con cada uno de ellos.

### **A mi compañero(a).**

Por dedicarse en esta presentación y dar lo mejor de sí, para que este proyecto sea satisfactorio y beneficioso para ambos. Por ser la persona que apareció en mi camino sin que yo lo decidiera y que a partir de ahora no solo será mi amigo(a) sino esposo(a).

*Reyes, J. & Trigueros, J.*

## AGRADECIMIENTO

### **A Dios.**

Por cuidar de mi espiritualmente y mantenerme con buena salud desde que nací hasta la actualidad, y que seguramente guiara mi camino hacia un futuro mejor.

### **A mis padres.**

Por darme la oportunidad de estudiar desde que tuve conocimiento y así poder formarme como un gran profesional, a los cuales siempre llevare muy dentro de mi corazón.

### **A mis amigos.**

Por hacer que a lo largo de la vida universitaria sea menos difícil, asimismo aquellos que me han acompañado desde muy pequeño(a) escribiendo en mi corazón los mejores recuerdos.

### **A mi asesor.**

MBA. ING. Jose Luis Neyra Torres, por el apoyo en la realización del presente trabajo y brindarnos sus conocimientos que ha adquirido a través de los años.

### **A mi alma mater.**

Universidad Privada del Norte, porque en sus salones pude aprender lo mejor de mi carrera y en sus pasadizos las mejores anécdotas.

*Reyes, J. & Trigueros, J.*

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
ACRÓNIMOS	13
SÍMBOLO	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.1.1. Realidad problemática internacional	18
1.1.2. Realidad problemática nacional	19
1.1.3. Realidad problemática local	21
1.1.4. Antecedentes	22
1.1.5. Definiciones conceptuales	25
1.2. Formulación del problema	43
1.2.1. Formulación del problema general	43
1.2.2. Formulación de problemas específicos	43
1.3. Objetivo	44
1.3.1. Objetivo general	44
1.3.2. Objetivos específicos	44
1.4. Hipótesis	45
1.4.1. Hipótesis general	45

1.4.2. Hipótesis específicas	45
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>	<b>46</b>
2.1. Tipo de investigación	46
2.2. Variable y operacionalización	47
2.2.1. Definición conceptual	47
2.3. Población y muestra	47
2.3.1. Población	47
2.3.2. Muestra	48
2.4. Materiales, instrumento y métodos	52
2.4.1. Materiales	52
2.4.2. Instrumento	53
2.4.3. Aspectos Éticos	53
2.4.4. Métodos	53
2.5. Procedimiento	56
2.5.1. Del objetivo específico N° 1	56
2.5.2. Del objetivo específico N° 2	56
2.5.3. Del objetivo específico N° 3	63
2.5.4. Del objetivo específico N° 4	75
2.5.4. Del objetivo específico N° 5	80
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>	<b>81</b>
3.1. Del objetivo específico 1	81
3.2. Del objetivo específico N°2	90
3.3. Del objetivo específico N° 3 y N° 4	91
3.4. Del objetivo específico N° 5	98
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>99</b>

REFERENCIAS	102
ANEXOS	104
ANEXO N°1 Tabla de operacionalización de variable	104
ANEXO N°2 Registro sísmico	104
ANEXO N°3 Plano de estructuras del primer piso – hospital vitarte	106
ANEXO N°4 Plano de estructuras del segundo piso – hospital vitarte	107
ANEXO N°5 Plano de estructuras del tercer piso – hospital vitarte	108
ANEXO N°6 Plano de estructuras del cuarto piso – hospital vitarte	109
ANEXO N°7 Plano de estructuras del quinto piso – hospital vitarte	110
ANEXO N°8 Plano de especificaciones técnicas y detalles	111
ANEXO N°9 Ficha técnica – aislador sísmico triple péndulo de fricción	112
ANEXO N°10 Ficha técnica – aislador sísmico goma de alto amortiguamiento	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de zona “Z”.....	28
Tabla 2. Factor de uso.....	29
Tabla 3. Categoría y sistema estructural de las edificaciones .....	32
Tabla 4. Sistemas estructurales.....	33
Tabla 5. Factor de Irregularidad $I_a$ .....	35
Tabla 6. Factor de Irregularidad $I_p$ .....	38
Tabla 7. Restricciones.....	40
Tabla 8. Desplazamientos laterales relativos admisibles.....	42
Tabla 10. Deformación en dirección X- HDR.....	93
Tabla 11. Deformación en dirección Y - HDR.....	93
Tabla 12. Derivas máximas en dirección X - HDR.....	93
Tabla 13. Derivas máximas en dirección Y - HDR.....	93
Tabla 14.- Deformación en dirección X - TPF.....	96
Tabla 15.- Deformación en dirección Y - TPF.....	96
Tabla 16.- Derivas máximas en dirección X - TPF.....	97
Tabla 17.- Derivas en dirección Y - TPF.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Zonificación sísmica en el mapa peruano - Las intensidades de los movimientos telúricos dependen de la zona sísmica. Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030 .....	20
Figura 2.- Divisiones de categoría - La implementación de sistemas sísmicos depende del nivel de atención que brinde el centro de salud. Fuente: Propia. ....	21
Figura 3.- Aislador sísmico HDR - Fuente: CDV – Ingeniería Sísmica. ....	26
Figura 4.- Aislador sísmico TPF - Fuente: CDV – Ingeniería Sísmica. ....	26
Figura 5.- Hospital Vitarte – Fuente: Agencia Peruana de Noticias .....	27
Figura 6.- Ubicación - Hospital Vitarte. Fuente: Propia.....	48
Figura 7.- Bloque C – Hospital Vitarte. Fuente: Propia .....	52
Figura 8.- Red de Acelerógrafos del CISMID. Fuente: Página CISMID .....	57
Figura 9.- Registros Sísmicos - Red de Acelerógrafos del CISMID. Fuente: Propia ....	57
Figura 10.- Datos de Aceleraciones - Block de Notas. Fuente: Propia .....	58
Figura 11.- Exportación de datos del documento CSV al Matlab. Fuente: Propia.....	59
Figura 12.- Código de espectro [Este - Tiempo] / [Norte – Tiempo]. Fuente: Propia ...	59
Figura 13. Espectro [Este - Tiempo]. Fuente: Propia .....	60
Figura 14.- Espectro [Norte - Tiempo]. Fuente: Propia .....	60
Figura 15.- Combinación de espectros. Fuente: Propia.....	61
Figura 16.- Espectro sísmico - se generó un espectro sísmico a partir de la combinación de cinco aceleraciones sísmicas. Fuente: Propia .....	62
Figura 17.- Plano - Hospital Vitarte. Fuente: Propia .....	63
Figura 18.- Capas - AutoCAD. Fuente: Propia .....	64
Figura 19.- Levantamiento de plano del Hospital Vitarte. Fuente: Propia .....	64
Figura 20.- Formato .dxf. Fuente: Propia .....	65
Figura 21.- Sistema de unidades MKS. Fuente: Propia.....	65
Figura 22.- Datos generales. Fuente: Propia.....	66
Figura 23.- Capas - AutoCAD. Fuente: Propia .....	66
Figura 24.- Sistema de grillas. Fuente: Propia.....	67
Figura 25.- Propiedades de materiales. Fuente: Propia .....	67
Figura 26.- Diseño de elementos estructurales. Fuente: Propia .....	68
Figura 27.- Cuadro de acero. Fuente: Propia.....	68

Figura 28.- Cargas actuantes. Fuente: Propia.....	69
Figura 29.- Combinaciones de carga. Fuente: Propia.....	69
Figura 30.- Cargas por área. Fuente: Propia.....	70
Figura 31.- Espectro Etabs. Fuente: Propia.....	70
Figura 32.- Tiempo Historia. Fuente: Propia.....	71
Figura 33.- Modelado - Etabs. Fuente: Propia.....	71
Figura 34.- Diafragma por nivel. Fuente: Propia.....	72
Figura 35.- Diafragma primer nivel. Fuente: Propia.....	72
Figura 36.- Diafragma segundo nivel. Fuente: Propia.....	73
Figura 37.- Diafragma tercer nivel. Fuente: Propia.....	73
Figura 38.- Diafragma cuarto nivel. Fuente: Propia.....	74
Figura 39.- Diafragma quinto nivel. Fuente: Propia.....	74
Figura 40.- Propiedades generales HDR. Fuente: Propia.....	75
Figura 41.- Ingreso de propiedades en la dirección U1 - HDR. Fuente: Propia.....	75
Figura 42.- Ingreso de propiedades en la dirección U2 y U3 - HDR. Fuente: Propia....	76
Figura 43.- Modelado del aislador HDR. Fuente: Propia.....	76
Figura 44.- Ingreso de propiedades generales TPF. Fuente: Propia.....	77
Figura 45.- Ingreso de propiedades en la dirección U1 – TPF. Fuente: Propia.....	78
Figura 46.- Ingreso de propiedades en dirección U2 y U3 - TPF. Fuente: Propia.....	79
Figura 47.- Modelado del aislador TPF. Fuente: Propia.....	79
Figura 48.- Resultados comparativos. Fuente: Propia.....	80
Figura 49.- Detalle de cálculo - magnitud. Fuente: Propia.....	90
Figura 50.- Momento máximo - HDR. Fuente: Propia.....	91
Figura 51.- Verificación de elementos estructurales - HDR. Fuente: Propia.....	92
Figura 52.- Diagrama de Interacción en columna - HDR. Fuente: Propia.....	92
Figura 53.- Fuerza de análisis en el sentido XX y YY – HDR. Fuente: Propia.....	94
Figura 54.- Momento máximo – TPF. Fuente: Propia.....	95
Figura 55.- Verificación de elementos estructurales – TPF. Fuente: Propia.....	95
Figura 56.- Diagrama de Interacción en columna - HDR. Fuente: Propia.....	96
Figura 57.- Fuerza de análisis en el sentido XX y YY - TPF. Fuente: Propia.....	97
Figura 58.- Base de datos - Power BI. Fuente: Propia.....	98
Figura 59.- Cuadro estadístico de la comparación de los resultados del aislador HDR y TPF. Fuente: Propia.....	98
Figura 60.- Resultados obtenidos en el análisis. Fuente: Propia.....	98

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .....	31
Ecuación 2 .....	31
Ecuación 3 .....	31
Ecuación 4 .....	41
Ecuación 5 .....	55
Ecuación 6 .....	55
Ecuación 7 .....	90

## ACRÓNIMOS

CISMID	Centró Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres
HDR	Goma de Alto Amortiguamiento
NTP	Norma Técnica Peruana
NTS	Norma Técnica de Salud
TPF	Triple Péndulo de Fricción
SMF	Pórticos Especiales Resistentes a Momentos
IMF	Pórticos Intermitentes Resistentes a Momentos
OMF	Pórticos Ordinaria Resistentes a Momentos
SCBF	Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados
OCBF	Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados
EBF	Pórticos Excéntricamente Arriostrados

## SÍMBOLO

$\Delta i / h_{ei}$	Límites para la distorsión del entrepiso
CM	Cargas Muertas
CS	Carga de Sismo
CV	Cargas Vivas
D	Duración
$d_i$	Distancias topes
$E_c$	Módulo de elasticidad
$f'_c$	Fuerza a compresión
fft	Transformada rápida de Fourier
G	Módulo de elasticidad al esfuerzo de corte
HNE	Señal Sísmica Este
HNN	Señal Sísmica Norte
$I_a$	Irregularidades estructurales en altura
$I_p$	Irregularidades estructurales en planta
$I_a, I_p$	Factores de Irregularidad
P	Peso de la estructura
P - S	Fase
R	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
$R_i$	Radios de curvatura
$R_o$	Reducción de las fuerzas sísmicas
t	Tiempo
U	Factor de Uso
$U_i$	Coefficiente de fricción
$y_1$	Transformada de Hilbert
$y_2$	Amplitud máxima
Z	Factores de Zona
$\Delta_{max}$	Extremo del edificio
$\Delta_{prom}$	Condición de carga

## RESUMEN

La investigación tiene como objetivo principal determinar el comportamiento sísmico del Hospital Vitarte incorporando dos tipos de aisladores: Goma de Alto Amortiguamiento (HDR) y Triple Péndulo de Fricción (TPF), el cual cuenta con seis bloques, sin embargo, se determinó el bloque más sustancial: Bloque C con cinco niveles, por el cual se seleccionó realizando un muestreo no probabilístico, que pertenece la categoría A (edificaciones esenciales) de la norma E.0.30 (diseño sismorresistente). El modelamiento se realizó con el software ETABS versión 2018, teniendo en cuenta los requisitos de resistencia que la norma E.060 (concreto armado). El aislamiento sísmico de cualquier tipo es una tecnología que consiste en colocar dispositivos flexibles en la base de la edificación de manera que el disipan toda energía generada por un sismo en el terreno ocasionando que la estructura no sufra grandes daños. La edificación con HDR tiene un desplazamiento en la estructura en la dirección “X” de 0.00518072 m. y en “Y” un 0.00043944 m. las fuerzas en las bases y la edificación con TPF tiene un desplazamiento en la estructura en la dirección “X” de 0.007777 m. y en “Y” un 0.001631 m. las fuerzas en las bases.

**Palabras clave:** comportamiento sísmico, goma de alto amortiguamiento, triple péndulo de fricción.

## ABSTRACT

The main objective of the research is to determine the seismic behavior of the Vitarte Hospital by incorporating two types of insulators: High Damping Rubber (HDR) and Triple Friction Pendulum (TPF), which has six blocks, However, the most substantial block was determined: Block C with five levels, by which a non-probabilistic sampling was selected, which belongs to category A (essential buildings) of standard E.0.30 (seismic design). The modeling was carried out with the ETABS software version 2018, taking into account the resistance requirements of standard E.060 (reinforced concrete). Seismic isolation of any kind is a technology that consists of placing flexible devices at the base of the building so that they dissipate all energy generated by an earthquake in the ground causing the structure to not suffer major damage. The building with HDR has a displacement in the structure in the direction "X" of 0.00518072 m. and in "Y" a 0.00043944 m. the forces in the bases and the building with TPF has a displacement in the structure in the direction "X" of 0.007777 m. and in "Y" a 0.001631 m. the forces at the bases.

**Keywords:** seismic behavior, high damping rubber, triple friction pendulum.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Al pasar de los años la población ha presenciado diversos movimientos telúricos, los cuales han generado derrumbes y destrucción en diferentes estructuras, cobrando así la vida de diversas personas al rededor del mundo. Por ende, como alternativa de solución se optó por la implementación de aisladores sísmicos en las estructuras, ya que dichos dispositivos tienen como característica disipar la energía generada en el terreno tras el encuentro de las placas tectónicas.

Gabriel Salazar en el artículo terremotos y salud: lecciones y recomendaciones, resume de manera sintetizada los sucesos en el Estado de México:

El 19 de septiembre de 2017 México se vio afectado nuevamente por un sismo que destruyó decenas de edificios y casas en la Ciudad de México y afectó las estructuras públicas. Al 25 de septiembre, la Secretaría de Salud reportaba daños en la red hospitalaria que afectaron a unos 34 hospitales, 7 Unidades Médicas Familiares, 13 centros de salud y dos clínicas de especialidades, en la Ciudad de México y en los Estados de México, Puebla, Morelos y Veracruz. (2018).

Siendo de conocimiento que el movimiento telúrico no diferencia el tipo de edificación al que generara una falla estructural y por ende ponen en riesgo la vida de las personas. Se debe tomar en cuenta que al suceder dicho desastre natural los establecimientos de salud deben continuar con el flujo continuo en su atención, por ello en la presente tesis se considera como alternativa de solución la implementación de aisladores sísmicos en las estructuras, ya que dichos dispositivos tienen como característica disipar la energía generada en el terreno tras el encuentro de las placas tectónicas.

### 1.1.1. Realidad problemática internacional

Erick Trujillo resume de manera precisa:

En el caso de Sudamérica, Chile ha sido el primer país en incorporar aisladores sísmicos a sus estructuras, quienes además cuentan con la norma NCh2745 –2003 para el análisis de estas edificaciones, este código fue el resultado de la adaptación a la realidad chilena del código UBC (Uniform Building Code) del año 1997 y su compatibilización con la norma chilena NCh433.Of1996. Entre los edificios actualmente aislados en Chile se tienen: el conjunto habitacional Comunidad Andalucía construido entre los años 1991 y 1992 para un estudio hecho por la Universidad Católica de Chile, el centro médico San Carlos de Apoquindo de la Universidad Católica de Chile construido en el año 2000 y el Hospital Militar inaugurado en el año 2008. (2017, p. 12)

En Perú es necesario emplear criterios en la construcción de aislamiento sísmico debido a que el país se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, lo que significa que está ubicado en una de las zonas más destructivas de la tierra debido a la alta fricción entre las placas tectónicas. Por ello se emplea la norma E.031 – Aislamiento sísmico (2020), que en el caso de la presente tesis se adaptara en la estructura del Hospital Vitarte, cabe señalar que actualmente dicho establecimiento se encuentra sin aislamiento sísmico.

Jacob Valerio sintetiza de manera coherente:

A finales de la década de los 70´ unos pocos edificios aislados fueron construidos en Japón fue el inicio del desarrollo de los SREI (Steel reinforced elastomerisalator), en los cuales, se vulcanizan las capas de caucho y las placas de acero intercaladas con el fin de aumentar la rigidez vertical. Hasta el año 1985 sólo tres proyectos habían sido completados. Entre 1985 y 1994 durante el Boom de la economía japonesa el número de edificios aislados empezó a incrementarse a razón de 10 edificios por año. En 1978 se construyó un viaducto en Toe - Toe en North Island, en Nueva Zelanda. Fue la primera estructura con aisladores sísmicos hecho con capas intercaladas de caucho y acero con un núcleo de plomo en el centro para que ayude a disipar la energía. Este tipo de aisladores llamados LRB (Lead Rubber Bearing) son de amplio uso actualmente. (2015, p.19)

En la actualidad Japón ya no es el único país que emplea estos dispositivos que ayudan a disipar la energía generada en la tierra, es decir que a lo largo del tiempo se ha ido construyendo nuevos proyectos con aislamiento sísmico en todo el mundo, es por ello que los establecimientos que alberguen una alta capacidad de demanda de seres humanos deben ser seguros ante cualquier siniestro que se pueda producir en la tierra. Los hospitales son considerados como establecimientos esenciales que estructuralmente deben resguardar el bienestar de cada persona, es por ello que en el año 2020 se realizó la actualización de la norma E.031, exigiendo que los establecimientos que sean de categoría A deben contar con algún tipo de aislador sísmico.

### **1.1.2. Realidad problemática nacional**

Al analizar los resultados y según lo plasmado en la Norma Técnica Peruana (NTP) E.030 – Diseño Sismorresistente. “Toda edificación y cada una de sus partes debe ser diseñada y construida para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados” (NTP E.030, 2018, p.6).

En la presente tesis pondremos en conocimiento del lector que la edificación del Hospital Vitarte fue construida en el año 2018, la cual no cuenta con algún tipo de aislamiento sísmico, por ende, pone en riesgo la vida de las personas tras algún evento sísmico.

En la Figura N°1 se aprecia la zonificación en el mapa peruano según el nivel sísmico clasificado por la NTP E.030, el cual divide en 4 diferentes zonas sísmicas.



Figura 1.- Zonificación sísmica en el mapa peruano - Las intensidades de los movimientos telúricos dependen de la zona sísmica. Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030

La NTP E.031- Aislamiento Sísmico indica que:

La presente Norma técnica establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones con cualquier tipo de sistema de aislamiento sísmico, así como las disposiciones aplicables de los ensayos necesarios para validar el comportamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento sísmico (NTP E031, 2018, p.3).

En la investigación se empleará dos tipos de aisladores sísmicos (Aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y Aislador sísmico triple péndulo de fricción) y tras la utilización del software Etabs se modelará la estructura del Hospital Vitarte, en la que se ingresará un espectro sísmico para su análisis ante un movimiento telúrico.

En la Norma Técnica de Salud N°113 indica que los establecimientos de salud de categoría A (edificaciones esenciales) se subdividen en A1 y A2, los cuales son separados por diferentes niveles de atención según el tipo de centros de salud para así poder determinar cuáles deben contar con algún sistema de protección sísmica (NTS N°113, 2015).

Los establecimientos de salud de categoría A (edificaciones esenciales) se subdividen en A1 y A2, los cuales son separados por diferentes niveles de atención según el tipo de centros de salud para así poder determinar cuáles deben contar con algún sistema de protección sísmica.

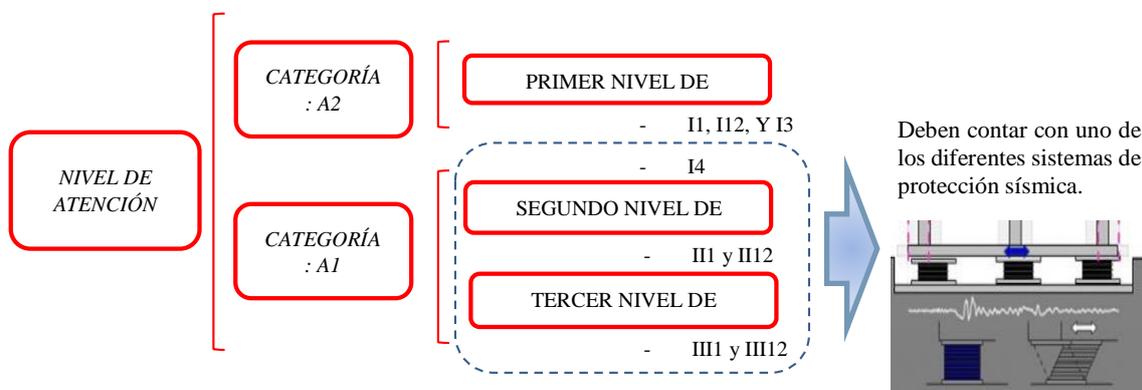


Figura 2.- Divisiones de categoría - La implementación de sistemas sísmicos depende del nivel de atención que brinde el centro de salud. Fuente: Propia.

### 1.1.3. Realidad problemática local

Erick Trujillo (2017) afirma que:

En cuanto a la aplicación en edificaciones peruanas aisladas, se da inicio el año 2012 con la construcción del edificio de oficinas de la empresa Graña y Montero de 7 pisos conformada por 28 aisladores elastoméricos y 8 deslizadores planos de fricción, durante el 2013 el Aulario de la Pontificia Universidad Católica del Perú de 7 niveles y 3 sótanos con aisladores elastoméricos y deslizadores planos de fricción, el año 2014 se inició la construcción del edificio multifamiliar de 15 pisos Atlantik Tower, el nuevo local de la universidad UTEC de 12 niveles, la nueva biblioteca de la PUCP de 4 niveles, en el año 2015 se ejecuta la construcción de la biblioteca de la Universidad Nacional de Ingeniería de 4 pisos y el edificio multifamiliar Colonial de 15 pisos (p. 13).

Las empresas mencionadas en el párrafo anterior dan a conocer esta nueva tecnología (aisladores sísmicos), incorporándolas en sus edificaciones. El estado peruano se ha visto en la necesidad de buscar una solución para que los centros de salud sigan teniendo un flujo continuo antes, durante y después de un sismo, es por ello que han relacionado vida con seguridad.

Jorge Mestanza (2015) informa en el siguiente párrafo que:

En el Perú la primera experiencia en diseño con aisladores sísmicos fue en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y está en construcción la nueva biblioteca de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) usando este tipo de sistema (p. 9).

Así como los establecimientos mencionados han implementado los aisladores sísmicos para la seguridad de sus estudiantes y colaboradores, en la presente tesis se busca aplicar estos dispositivos y mostrar los beneficios, ya que la fuerza cortante en la estructura disminuye notoriamente en comparación de cuando dicha edificación no cuenta con aisladores sísmicos.

#### **1.1.4. Antecedentes**

##### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

En Chile la ocurrencia de eventos sísmicos es menor al resto de países latinoamericanos, según el Banco de Desarrollo de América Latina:

La ocurrencia de eventos naturales en América Latina y el Caribe afecta a nuestras sociedades e incide en el desarrollo sostenible de nuestros pueblos. Haití y Chile sufrieron, en 2010, los embates de fuertes terremotos y respondieron, según su nivel de preparación, a las repercusiones que tales acontecimientos tuvieron en sus economías. En el caso de Haití, el valor total de los daños y pérdidas, ocasionados por el terremoto (vivienda, escuelas, hospitales, edificios, carreteras, puentes, aeropuertos), rondó el 120% de su PIB (año 2009). En el caso chileno, aunque con menor impacto en cuanto a daños de infraestructura y pérdidas humanas lamentables, fue necesaria la reconstrucción de un significativo número de viviendas, carreteras, aeropuertos y puentes, así como la reparación de

estructuras estratégicas, hospitales y escuelas, lo cual representó cerca de un cuarto de su PIB (2016, p. 10).

Al pasar los años se ha visto que los movimientos telúricos traen como consecuencia pérdidas humanas y materiales, dejando a miles de personas en las calles tras el derrumbe de sus casas generado por dicho acontecimiento, causándoles enfermedades hasta fallecimientos de las personas afectadas.

Urbina, O. en su investigación de titulación afirman que:

Guatemala es un territorio de alta magnitud sísmica, debido a que se encuentra situada dentro de tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos, tratando de evitar la mayor pérdida de seres humanos en una edificación, durante un evento sísmico, la aislación sísmica en edificaciones y la colocación de disipadores de energía en marcos de concretos resistentes a momento, tiene como función principal disminuir los efectos de los sismos en las estructuras (2014, p. 13).

Nuestro país es uno de los lugares con más frecuencia sísmica debido a que se encuentra ubicada en una las placas tectónicas (placa de nazca y la placa sudamericana), es por ello, que todos los profesionales deberían de considerar el uso de algún sistema de aislamiento sísmico.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

En la investigación de grado Pino, M. & Ita, P. determinan:

Después de un evento sísmico, se debe contar con los servicios de salud para el manejo de emergencias; por esta razón, los hospitales más importantes deben estar protegidos sísmicamente. Para el caso de hospitales existentes, una de las alternativas de protección sísmica es el reforzamiento con aislamiento sísmico; sin embargo, no se ha aplicado hasta el momento esta alternativa en el Perú. En este trabajo se evalúa la factibilidad técnica y económica de utilizar aisladores en hospitales existentes de importancia en Perú para mejorar la seguridad sísmica (2018, p. 2).

La implementación de un sistema de aislamiento sísmico es primordial y necesario en un hospital, ya que estos establecimientos están encargados de resguardar la vida humana, logrando a su vez que la estructura no sufra daños tras movimientos telúricos, permitiendo que dicho centro de salud tenga mayor tiempo de vida útil.

En la investigación empírica Quenta Augusto afirma que:

El estudio desarrollado en la tesis, es el diseño estructural de una Infraestructura Hospitalaria empleando aisladores sísmicos. El aislamiento de base es una tecnología que ha sido probado en varios países para el diseño sísmico de estructuras. El sistema reduce la probabilidad de que elementos estructurales y no estructurales sufran daño en una edificación sujeta a fuerzas sísmicas. Como resultado del uso de aisladores sísmicos se han evitado la pérdida de vidas humanas (2017, p. 17).

El terreno peruano es altamente sísmico por ello se busca que las estructuras categorizadas como primer nivel de atención (centro de salud) deben contar con uno de los sistemas de protección sísmica con el fin de mitigar el daño hacia la estructura.

En la investigación Martín del Rosario concluye que:

El estudio del desempeño del hospital y la construcción de la curva de capacidad de la estructura con y sin sistemas de aislación estará limitado a la realización del modelo y del Análisis tiempo-historia, para el cual se utilizarán 5 registros de sismos recientes representativos. Asimismo, estará limitado a la construcción de los diagramas Momento - Curvatura de las distintas secciones de vigas y columnas, así como el desarrollo del modelo y el análisis Pushover de la estructura (2018, p.2).

La evaluación del comportamiento de una estructura a un proceso inelástico y no lineal en un centro de salud busca analizar el desempeño y capacidad del establecimiento con aisladores sísmicos para lograr que la estructura no llegue a su punto de agrietamiento – falla de colapso tras el suceso de movimientos telúricos.

Cáceres Y. & Aquino C. afirman que:

La filosofía de diseño sismorresistente en la mayoría de países del mundo al igual que en el Perú, se fundamenta principalmente en dos aspectos, la baja probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico severo y el elevado costo que implica construir una estructura que tenga un comportamiento elástico, durante la ocurrencia del mencionado evento. Es por ello que se acepta el daño (controlado) como parte del comportamiento sísmico de un edificio, es decir se admite que la estructura se sacrifique deformándose plásticamente con la condición de que no colapse, garantizando así la vida de sus ocupantes (2017, p. 1).

Construir una edificación que pueda soportar aceleraciones sísmicas severas pueden llegar a tener un costo más elevado que lo usual, debido a que mantiene una funcionalidad continúa salvaguardando a las personas, lo que significa que la estructura no presente daños a gran escala.

#### 1.1.5. Definiciones conceptuales

- **Aislador sísmico goma de alto amortiguamiento (HDR)**

En la tesis de titulación realizada por Ramos A. afirma que:

El término de aislador elastomérico de alto amortiguamiento es aplicado para soportes elastoméricos donde el elastómero es usado (caucho natural o sintetizado) para proporcionar un aumento significativo de amortiguamiento, usualmente del 8% al 15% del crítico, comparado con los aisladores LDR. El amortiguamiento adicional es producido modificando los componentes del caucho y alterando sus propiedades químicas (2018, p. 9).



Figura 3.- Aislador sísmico HDR - Fuente: CDV – Ingeniería Sísmica.

□ **Aislador sísmico triple péndulo de fricción (TPF)**

Ruiz P. afirma en su tesis de titulación presentada que:

Al ser llamado triple péndulo de fricción, el aislador tiene cuatro superficies de contacto, sin embargo, es usual que las superficies interiores sean iguales y por tanto se reduce a tres superficies con diferente coeficiente de fricción. Esto implica que hay cuatro coeficientes de fricción ( $U_i$ ), cuatro radios de curvatura ( $R_i$ ) y cuatro distancias topes ( $d_i$ ). Estos aisladores son conocidos por tener la capacidad de alcanzar grandes periodos y desplazamientos (2017, p. 9).

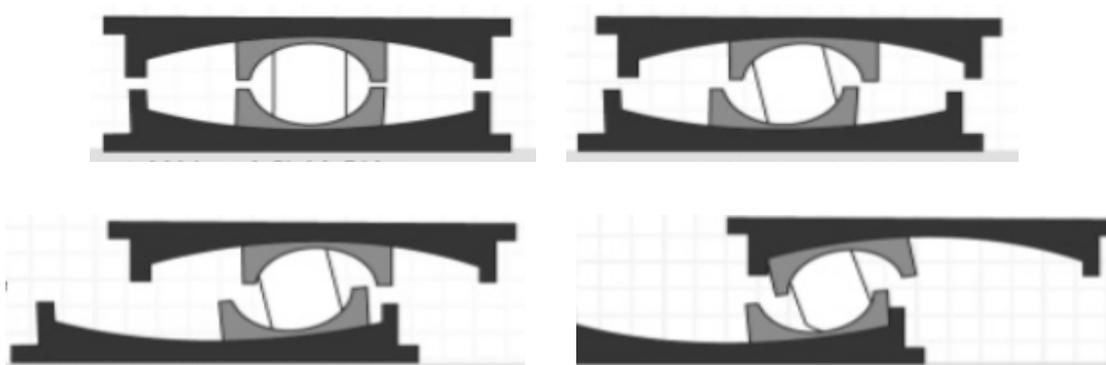


Figura 4.- Aislador sísmico TPF - Fuente: CDV – Ingeniería Sísmica.

#### □ Estructura de concreto armado

En la revista realizada por Giordani C. & Leone D. definen que la estructura:

Es un conjunto estable de elementos resistentes de una construcción con la finalidad de soportar cargas y transmitir las, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo. Esto es, un conjunto capaz de recibir cargas externas, resistirlas internamente y transmitir las a sus apoyos. El suelo es por último quien recibe todos los efectos producidos por estas fuerzas (s.f., p. 2).



Figura 5.- Hospital Vitarte – Fuente: Agencia Peruana de Noticias

#### □ Aceleración sísmica

En la tesis de titulación elaborada por Corzo, M. (s.f) comparte que:

La aceleración no es constante durante el intervalo de evaluación fue desarrollada por Newmark (Newmark, 1959), utilizando un estimativo de la aceleración al final del intervalo, que se va corrigiendo por medio de un proceso iterativo lo que hace posible resolver el problema (p.117).

□ **Tiempo – Historia**

En la investigación realizada por Manquelaquén, R., concluye que:

El análisis dinámico tiempo-historia aplicado al modelo considera las condiciones impuestas por las normas sísmicas, es decir, tres registros sísmicos de aceleración reales como mínimo, tiempo de duración sobre los 120 [s], evento cercano a la zona de construcción y combinación de los espectros de cada registro por sobre el espectro de diseño en el rango de interés. Para cumplir este último requisito, se determinan los espectros de cada registro sísmico de aceleración utilizando el método de aceleración promedio (2018, p.42)

□ **Zonificación sísmica**

De acuerdo con propuesto por Arredondo, L. la zonificación sísmica:

Es considerada como una metodología de trabajo adecuada para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades. El objetivo es evaluar la respuesta de los suelos ante la amenaza sísmica, para ello se analiza con un enfoque multidisciplinario la información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica a fin de obtener el mapa de zonificación sísmico-geotécnico (2016, p.2). (Ver Figura 1)

Tabla 1. Factor de zona "Z"

Tabla N° 1	
FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30 (2020).

□ **Perfiles del suelo**

Según Cruz, M.; Herrera, M.; Taboada; A. & García, L. afirman que:

El perfil del suelo se define como la desviación típica de las elevaciones superficiales del suelo, considerando los cambios debidos a la pendiente del terreno, y las huellas que puedan dejar los neumáticos de las máquinas y ciertos implementos de laboreo (2019, p.4).

□ **Edificaciones y factor de uso**

En la NTP E. 0.30, Diseño Sismorresistente afirma que:

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas. El factor de uso o importancia (U), se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$  (2019; p.12).

Tabla 2. Factor de uso

<b>CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"</b>		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias	1.5

de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.

- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.

- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.

- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.

- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.

- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos o bibliotecas. También se consideran de pósitos de granos y almacenes importantes para el abastecimiento	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acaree peligrosos adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0

B	Construcciones provisionales para depósitos,	Ver nota
Edificaciones	casetas y otras similares.	2
Temporales		

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

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

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

#### □ Resistencia requerida

En la NTP E. 0.60, Concreto Armado (2009) Se especifica que:

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} \quad \text{Ecuación 1}$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm \text{CS} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm \text{CS} \quad \text{Ecuación 3}$$

□ **Categoría y sistemas estructurales**

En la siguiente tabla se muestra la clasificación vigente para el sistema estructural de acuerdo a la NTP E.0.30 (2019).

*Tabla 3. Categoría y sistema estructural de las edificaciones*

<b>CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES</b>		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural. Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
	2 y 1	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema. Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos,
B	4, 3 y 2	Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 Y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

(\*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

(\*\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se puede usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

□ **Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_o$ )**

Según Gonzales, C. & Veli, A. “El coeficiente de reducción sísmica se calcula multiplicando los coeficientes básicos de reducción sísmica por factores de irregularidad ya se en planta y elevación” (2016, p. 18).

*Tabla 4. Sistemas estructurales*

**SISTEMAS ESTRUCTURALES**

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_o$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermitentes Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7

Pórticos Ordinarios	
Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos	
Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto</b>	
<b>Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería</b>	
<b>Armada o</b>	3
<b>Confinada</b>	
<b>Madera</b>	7 (**)

---

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

□ **Factores de Irregularidad ( $I_a$ ,  $I_p$ )**

Como se señala en la NTP E.030 (2019). El factor  $I_a$  se determina como el menor de los valores correspondiente a las irregularidades existentes en altura en las dos direcciones de análisis, por otro lado, el factor  $I_p$  se determina como el menor de los valores correspondiente a las irregularidades existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Tabla 5. Factor de Irregularidad  $I_a$

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.75
<p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	

**Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)**

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

0.50

**Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)**

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

**Irregularidad de Masa o Peso**

0.90

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

**Discontinuidad en los Sistemas Resistentes** 0.80

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

**Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)** 0.60

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

---

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

Tabla 6. Factor de Irregularidad  $I_p$

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>		<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
<b>Irregularidad</b>	<b>Torsional</b>	
<p>Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>		0.75
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b></p> <p>Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos</p>		0.60

del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta$  prom).

Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.

**Esquinas**

**Entrantes**

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

0.90

**Discontinuidad**

**del**

**Diafragma**

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

0.85

0.90

**Sistemas**                      **No**                      **Paralelos**

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

Tabla 7. Restricciones

### CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

□ **Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)**

Se emplean valores constantes, para sistemas estructurales de periodos largos y periodos cortos. Por lo que en la NTP E.0.30 (2019) se refiere en el artículo 22 que “el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina como el producto del coeficiente  $R_0$  y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$ ”

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad \text{Ecuación 4}$$

□ **Peso de la estructura (P)**

En el artículo 26 de la NTP E.0.30 (2019), expresa que la estimación de peso (P):

se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera.

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener

□ **Desplazamientos laterales relativos admisibles**

En la NTP E.0.30 (2019), artículo 32 detalla que:

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión).

*Tabla 8. Desplazamientos laterales relativos admisibles*

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>( <math>\Delta_i / h_{ei}</math> )</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Datos tomados de la NTP E0.30

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Formulación del problema general

- PG. ¿Cuál es el comportamiento de la estructura del Hospital Vitarte ante un evento sísmico utilizando aisladores HDR y aisladores FPT, Lima 2020?

### 1.2.2. Formulación de problemas específicos

- PE1. ¿En qué de zona sísmica se encuentra el Hospital Vitarte, Lima 2020?
- PE2. ¿Con que fin se realiza la combinación de los registros extraídos de la página Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020?
- PE3. ¿Cómo modelar en el software Etabs la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020?
- PE4. ¿Cómo implementar el aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción en el diseño de la estructura del hospital vitarte, lima 2020?
- PE5. ¿Cómo sintetizar en el programa Power BI los resultados obtenidos en la comparación del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción para la implementación en la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020?

### 1.3. Objetivo

#### 1.3.1. Objetivo general

- OG. Analizar el comportamiento de la estructura del Hospital Vitarte utilizando aisladores HDR y aisladores FPT, Lima 2020

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- OE1. Identificar la zona sísmica en la que se encuentra el Hospital Vitarte, Lima 2020.
- OE2. Generar un espectro sísmico a partir de los registros extraídos de la página Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) para la aplicación en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020.
- OE3. Analizar en el software Etabs el comportamiento de la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020.
- OE4. Evaluar el comportamiento al implementar el aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción en el diseño de la estructura del hospital vitarte, lima 2020.
- OE5. Esquematizar la modulación de los resultados obtenidos en la comparación del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción para la implementación en la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

- HG1. En el análisis comparativo el aislador sísmico HDR tiene un mejor desempeño que el aislador sísmico FPT para la implementación en la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020.
- HG2. En el análisis comparativo el aislador sísmico FPT tiene un mejor desempeño que el aislador sísmico HDR para la implementación en la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- HE1. Según la NTP. E0.30 la zona sísmica 4 es en la que se encuentra el Hospital Vitarte, Lima 2020.
- HE2. Se generó un espectro sísmico de mayor magnitud a partir de los registros extraídos de la página Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) para la aplicación en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020
- HE3. Se determinó el modelamiento del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción en el Hospital Vitarte, Lima 2020.
- HE4. Se establecen los valores específicos del comportamiento del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción en el diseño de la estructura del hospital vitarte, lima 2020.
- HE5. Sintetizar en el programa Power BI la modulación de los resultados obtenidos en la comparación del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción para implementación en la estructura del Hospital Vitarte, Lima 2020

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Según Vara Arístides (2012) en su investigación de tipo descriptiva define que:

Estos diseños están hechos para describir con mayor precisión y fidelidad posible, una realidad empresarial o un mercado internacional o local. Los diseños descriptivos son, generalmente, cuantitativos. Son estudios que se abocan más a la amplitud y precisión que a la profundidad. (p.208)

La presente investigación es tipo descriptiva, ya que describe los datos obtenidos de la modulación en la comparación del aislador sísmico goma de alto amortiguamiento y el aislador sísmico triple péndulo de fricción en la estructura del hospital Vitarte.

Por otro lado, el estudio tiene un enfoque cuantitativo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que: “Es una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera “objetiva” y sistemática, que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico” (p.251).

Es de enfoque cuantitativo ya que se realizó la recolección de datos de registros sísmicos de la página CISMID para generar un espectro de mayor magnitud, que no se ha registrado en el Perú anteriormente.

El diseño de la presente investigación según su naturaleza es no experimental, explicativo. Bernal Torres, César Augusto (2010) afirma que:

Así como se afirma que la investigación descriptiva es el nivel básico de la investigación científica, la investigación explicativa o causal es para muchos expertos el ideal y nivel culmen de la investigación no experimental, el modelo de investigación “no experimental” por antonomasia. La investigación explicativa tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios científicos. (p.115)

En la presente tesis se denomina no experimental debido a que se están empleando aceleraciones sísmicas obtenidas de registros sísmicos en el Perú, considerando además el termino explicativo, puesto que se tiene como antecedente las normas técnicas peruanas que respaldan el desarrollo del análisis.

## 2.2. Variable y operacionalización

### 2.2.1. Definición conceptual

#### **Variable: Aisladores Sísmicos**

Según la Norma Técnica de Edificaciones E0.31, en el artículo N°4 define el aislador: “Elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas” (2019, p. 66).

Para la presente investigación tenemos dos tipos variables:

- ✓ **Independiente:** Aislador Sísmico Goma de Alto Amortiguamiento y Aislador Sísmico Triple Péndulo de Fricción.
  - ✓ **Dependiente:** Estructura del Hospital Vitarte.
- (Ver Anexo N° 1)

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

Según Gómez et al. (2016), define población como:

... un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. Es necesario aclarar que cuando se habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a seres humanos sino que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc. (p.202)

El ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) según Decreto Supremo N° 030 - 2019 – Vivienda, actualiza la Norma Técnica

Peruana E.031 “Aislamiento Sísmico”, por lo cual se deberá emplear obligatoriamente los dispositivos de aislamiento en los establecimientos de salud de categoría A1, es por ello que en el presente estudio la población está constituida por el bloque A, bloque B y bloque C del Hospital Vitarte ubicada en el departamento de lima, distrito de vitarte. El cual cuenta con un área aproximada de 1672 m<sup>2</sup>.

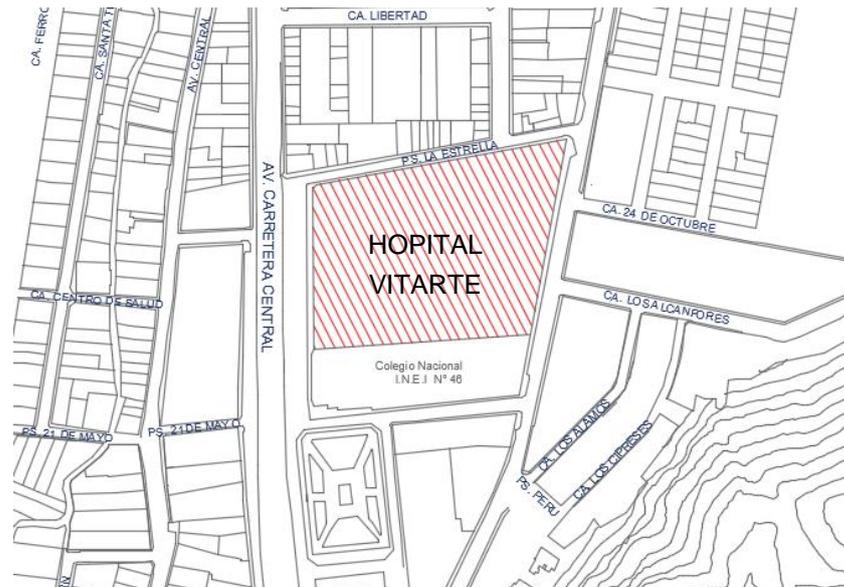


Figura 6.- Ubicación - Hospital Vitarte. Fuente: Propia

### 2.3.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 173)

En la presente investigación la muestra se determinó mediante el muestreo no probabilístico, optando por el bloque C del Hospital Vitarte, debido que el bloque en mención cuenta con instalaciones con mayor demanda de atención por ser áreas indispensables, lo que quiere decir que el flujo debe ser contante ante cualquier desastre natural que se presente.

Según su arquitectura el establecimiento cuenta con los siguientes ambientes:

□ Primer piso:

Capilla, Servicios higiénicos, Cuarto de limpieza, Vestuarios, Sala de espera para público y pacientes hospitalizados, Farmacia, Oficina de jefatura y de administración, Modulo de informes, Productos fiscalizados, Productos inflamables, Talleres de terapia grupal, Club de terapia de lenguaje, Sala de reuniones, Deposito de equipos y materiales, Consultorio de terapia ocupacional, Cuartos de almacén, Cámara frigorífica, Prod. Fotosensible, Prod. para devolución, Prod. peligros, Hidroterapia, Cubículo de fisio-terapia, Embalaje despacho, Zona de cuarentena, Gimnasio general, Cons. Cirugía, Inyectables inmunizaciones, Sala de lectura e interpretación, Sala de criterio, Sala técnica, Monta camillas, Sala de tomografía, Área de apoyo, Mamografía, Densitometría Ósea, Cuarto de ecografía, Rayos X, Sala de comando, Sala de administración de medicamentos, Sala de tratamiento, Sala de programas, Sala de procedimiento menores (Tópico), Residuos sólidos, UPS consulta externa, Sala de observaciones adultos, Archivo historias clínicas, Sala observación pediatría, Sala de enfermeras, Exclusa, Cto. Séptico, Sala observación aislados pediatría y adultos, Sala de lectura e interpretación, S. Obs. Gineco – Obst., Departamento de equipos e instrumentos.

□ Segundo piso:

Cafetería, Biblioteca, Estar médico y enfermeras, Resid. Para residentes médicos, Lavado y esterilización, Salas de almacenamiento -2 °C a +6 °C y -30 °C, Oficina de jefatura, Lactario para personal, Vestuario, Servicios Higiénicos, Sala de usos múltiples, Consultorio urología / neurocirugía, Sala naso endoscopia + procedimientos menores, Sala cistoscopia, Consultorio otorrino – laringología, Sala audiometría + cabina

audio métrica + pruebas de equilibrio, Sala de espera, Monta – camillas, Consultorio traumatología, Consultorio infertilidad, Sala evaluación psicológica, Consultorio de psicología, Cuarto de comunicación, Cultivo, Exclusa, Bacilos copia, Laboratorio de bioquímica, Laboratorio de hematología, Laboratorio de inmunología, Laboratorio de urianálisis, Admisión clasificación y muestras, Preparación de reactivos, Ducha de emergencia, Preparación de medios, Recepción de muestras, Cub. T. M., Sala entrevista hemoterapia, Área de distribución, Recibo muestras y unidades de sangre, Consultorio neonatología, Cons. Materno perinatal, Profilaxis y estímulo pre natal, Consultorio integral del niño y neonato – CRED, Consultorio integral del niño y neonato – PAI, Consultorio de ginecología, Sala colposcopia, Sala de procedimientos menores (Tópico), Cons. medicina interna, Consultorio otorrino, Cons. Obstetricia (ARO), Sala recuperación (PUERPERIO), Consultorio planificación familiar, Sala dilatación, Consultorio de nutrición, Ambiente UPS, Recepción control, Sala de yeso, Trabajo obstetricias, Evaluación y preparación del paciente, Residuos Sólidos, Ropa sucia / cuarto séptico, Monitoreo fetal, Sala de partos, Sala de observación niño sano, Sala atención inmediata recién nacido.

□ Tercer piso:

Estación monitoreo enfermera, Sala UCI / UCI pediátrico, Ante – cámara, Cuarto séptico, Servicios higiénicos y vestidores, Cambio de botas, Estar de personal, Repostero, Recepción y control, Residuos sólidos, Oficina de jefatura, Sala de juntas (Reuniones), Sala de procedimientos (Tópico), Exclusa, Rayos X, Departamento de equipos + instrumental, Departamento de materiales e insumos, Cuarto de limpieza, Ropa sucia, Ropa limpia, Cambio de ropa familiares y visitas, Sala de espera, Cunas, Servicios higiénicos, Lactario, Departamentos de equipos e insumos, Cuarto de noticias.

□ Cuarto piso:

Sala de neonatos, Sala juegos pediátricos, Trabajo sucio, Ropa limpia, Estación de enfermeras, Habitación lactantes, Habitación pre escolares, Habitación adolescentes, Repostero pediatría, Obstetricia, Sala de procedimientos (Tópico), Depósitos de equipos y materiales, Sala de reuniones, Habitación de escolares, Servicios higiénicos, Camillas – Sillas de ruedas, Ropa sucia, Cuarto séptico, Sala reuniones, Residuos sólidos, Sala de estas visitas, Residuos sólidos, Habitación aislada, Habitación medicina, Cuarto de comunicación, Monta – camillas, Ginecología, Obstetricia, Estación obstétricas, Habitación de medicina.

□ Quinto piso:

Habitación aislada, Servicios higiénicos, Sala de cirugía, Sala de procedimientos (Tópico), Sala reuniones, Área de apoyo, Área de camillas y sillas de ruedas, Depósito de residuos sólidos, Cuarto de limpieza, Depósito de equipos, Oficina de jefatura, Trabajo sucio, Ropa limpia, Ropa sucia, Obstetricia.

Según su estructura el establecimiento de salud desde el primer al quinto piso está conformado por concreto armado y albañilería confinada. (VER ANEXO desde el N° 3 al N° 8)



Figura 7.- Bloque C – Hospital Vitarte. Fuente: Propia

## 2.4. Materiales, instrumento y métodos

### 2.4.1. Materiales

- Planos del hospital vitarte
- Laptop
- Impresora
- Software (Matlab, Etabs y power BI)
- Utensilios de escritorio
- Hojas bond
- Libros de sismorresistencia

#### 2.4.2. Instrumento

El instrumento de la presente investigación es un levantamiento de datos, el cual consiste en un análisis de contenido

Hernández y Andrade en su investigación científica da a conocer que:

El análisis de contenido podría considerarse como una estrategia dentro del campo de la investigación social que ayuda a conocer a través del discurso o del texto, el significado y/o representaciones que las personas se construyen sobre distintos aspectos de la realidad. (2020, p. 11)

En la investigación se analizará del comportamiento de la estructura del hospital Vitarte con la implementación del aislador sísmico HDR y FPT ante el suceso de un evento sísmico.

#### 2.4.3. Aspectos Éticos

El presente estudio ha considerado la estructura metodológica brindada por la Universidad Privada del Norte, considerando que para el diseño del espectro sísmico se ha realizado una recolección de datos de la página CISMID, por otro lado, el modelamiento de la estructura del hospital Vitarte se ha regido a la Norma Técnica de Edificaciones E 0.30, E0.31 y la Norma Técnica de Salud N° 113. Así mismo los valores del espectro, los datos y resultados del modelamiento no han sido distorsionados ni manipulados, las citas se realizaron conforme lo indica las normas APA, séptima edición.

#### 2.4.4. Métodos

##### □ Espectro – Matlab

- Para ingresar los valores que se encuentran en el documento CSV en el programa Matlab es necesario digitar el código:  
Espectro=xlsread ('SPECTRO.xlsx', 'A2:A119605').

□ Modelamiento de la estructura – Software ETABS

Hoy en día existen una gran cantidad de herramientas de diseño y análisis estructural, que facilitan en buena manera la obtención de los resultados de análisis y diseño siempre y cuando que la persona que interactúa con la herramienta tenga basto conocimiento de las normas y códigos utilizados en el análisis. (Terrones M. & Vilca T., 2018)

Para el análisis del comportamiento sísmico del Hospital Vitarte con los aisladores sísmicos HDR y FPT se empleó el software Etabs, haciendo uso de la Norma Técnica de Edificaciones E0.30 y E0.31 actualizadas.

El programa ETABS es un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos con características especiales para el análisis y diseño estructural de edificaciones. Este programa trabaja dentro de un sistema de datos ingresados, todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema de análisis y diseño con una versátil interfase. Los efectos que el programa proporciona son instantáneos y automáticos. (Corzo K., 2014)

- Se identifica el factor de zona y factor de uso según la Norma Técnica E0.30 (2019), posteriormente se halla la resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV):

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

- Sin embargo, en el diseño del Hospital Vitarte se consideran cargas de sismo (CS), la resistencia requerida será como mínimo

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

$$U = 0.9 CM \pm CS$$

- Se determina la categoría y sistema estructural según la tabla N°3 y la zona sísmica en la Figura 1 a la que pertenece el

Hospital Vitarte, así mismo el coeficiente básico de reducción en la tabla N°4 y factores de irregularidad en la tabla N°5 y tabla N°6. Posteriormente se determina el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

- Se calcula el peso de la estructura como semejanza de la carga viva, además se clasifica el desplazamiento lateral relativos admisibles en la tabla N°8.

Todos los términos mencionados son de suma importancia para ser ingresados en el programa Etabs y se determinen valores cercanos a la respuesta que la estructura pueda llegar a tener en la vida real tras movimientos telúricos.

- Para establecer los tipos de concreto y acero se emplea la fórmula para determinar el Módulo de elasticidad ( $E_c$ ):

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'c} \quad \text{Ecuación 5}$$

- Módulo de elasticidad al esfuerzo de corte ( $G$ ):

$$G = E / 2 ( 1 + \nu ) \quad \text{Ecuación 6}$$

## 2.5. Procedimiento

- En la Norma Técnica de Edificaciones E0.30 se define el tipo de zona sísmica y parámetros de diseño que le corresponde al distrito de Ate que es donde está ubicado el Hospital Vitarte.
- De la página CISMID se extraen las aceleraciones sísmicas, considerando el tipo de suelo grava arenosa (GP / GW) según lo única el plano E-01 (ver Anexo N° 9), es por ello que para la presente tesis se optó por registros sísmicos del departamento de Ica, Loreto, Ancash, Tacna y Arequipa.
- En el software MATLAB se ejecuta el espectro sísmico para la utilización en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte.
- En el programa ETABS se desarrolla el modelamiento del bloque C de la estructura del Hospital Vitarte
- Se incorpora al diseño los aisladores sísmicos HDR, FPT y el espectro generado en el software MATLAB para su análisis.

### 2.5.1. Del objetivo específico N° 1

#### Zona sísmica – NTP E030

- En la Figura 1 se observa una representación gráfica de las zonas sísmicas del Perú. El Hospital Vitarte se encuentra ubicada en Ate el cual se encuentra en la zona sísmica 4

### 2.5.2. Del objetivo específico N° 2

#### Espectro – Matlab

- De la página CISMID se extrajo los registros sísmicos que presenten mayor magnitud en los departamentos de Ica, Ancash, Arequipa, Loreto y Tacna (Ver Anexo N°2)

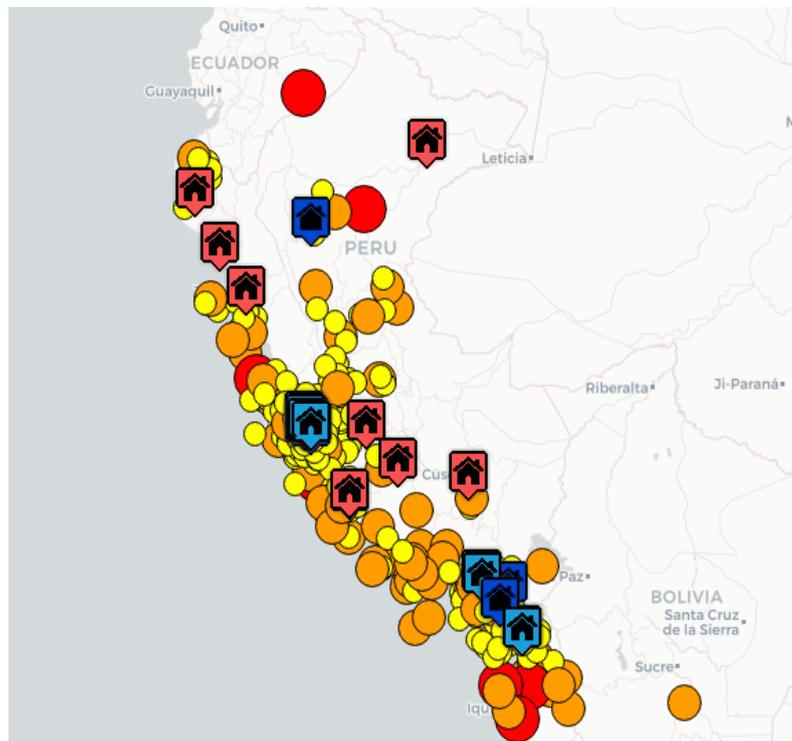


Figura 8.- Red de Acelerógrafos del CISMID. Fuente: Página CISMID

- Luego de descargar el ZIP con todos los registros sísmicos, se hace la elección de la base de datos que tenga una mayor incidencia en cuanto a magnitud se refiera.



Figura 9.- Registros Sísmicos - Red de Acelerógrafos del CISMID. Fuente: Propia

- Exportar el contenido del programa block de notas el cual contiene las magnitudes del sismo a la herramienta informática de Excel. Para cargar los datos al Matlab se debe guardar el archivo Excel como CSV.

#### # 5. ACCELERATION DATA

# HNE HNN HNZ

-0.00644846	0.00385603	-0.00884044
-0.00902397	-0.00408609	-0.00813765
0.00104402	-0.00291812	-0.01540058
0.00057576	0.00408966	-0.01610351
-0.01277014	0.00432326	-0.00110928
-0.00715079	0.01833880	-0.00181221
-0.00363868	0.01997396	0.00521630
0.00338550	0.00969591	0.00919909
0.01204866	0.00432331	0.00263901
0.00877073	0.00268817	0.00310752
-0.00246791	-0.00315162	0.00685602
-0.00949206	-0.01062656	0.02021025
-0.01019446	-0.01179451	0.02044446
-0.00668236	-0.00852421	0.00685582
-0.00153128	-0.00782342	-0.00649855
-0.00715059	-0.00899137	-0.01516719
-0.01159921	-0.00431951	-0.00720154
-0.01253575	-0.00081562	0.00240411
-0.00457501	0.00362264	-0.00228168
-0.00012635	0.00058595	-0.00649889
-0.00223358	0.00408985	-0.00017324
0.00502474	0.01950694	0.01083812
-0.00363838	0.01857258	0.01880377
-0.00574561	0.01296638	0.01341513
0.00525893	0.00689300	0.00802649
0.00830276	0.00642582	0.00334070
0.00947347	0.00782739	-0.00368794
0.00408830	0.00175400	-0.00064230
0.00455659	-0.00151627	-0.00837380
0.00947353	-0.00852403	-0.01821387
0.01532702	-0.01039275	-0.01961965
0.01743429	-0.01202789	-0.02243115
0.00666392	-0.01039273	-0.00462550



Figura 10.- Datos de Aceleraciones - Block de Notas. Fuente: Propia

- Se digita el código mencionado en el apartado 2.3.3. para que el programa Matlab pueda reconocer los datos que se ingresen desde el documento CSV.

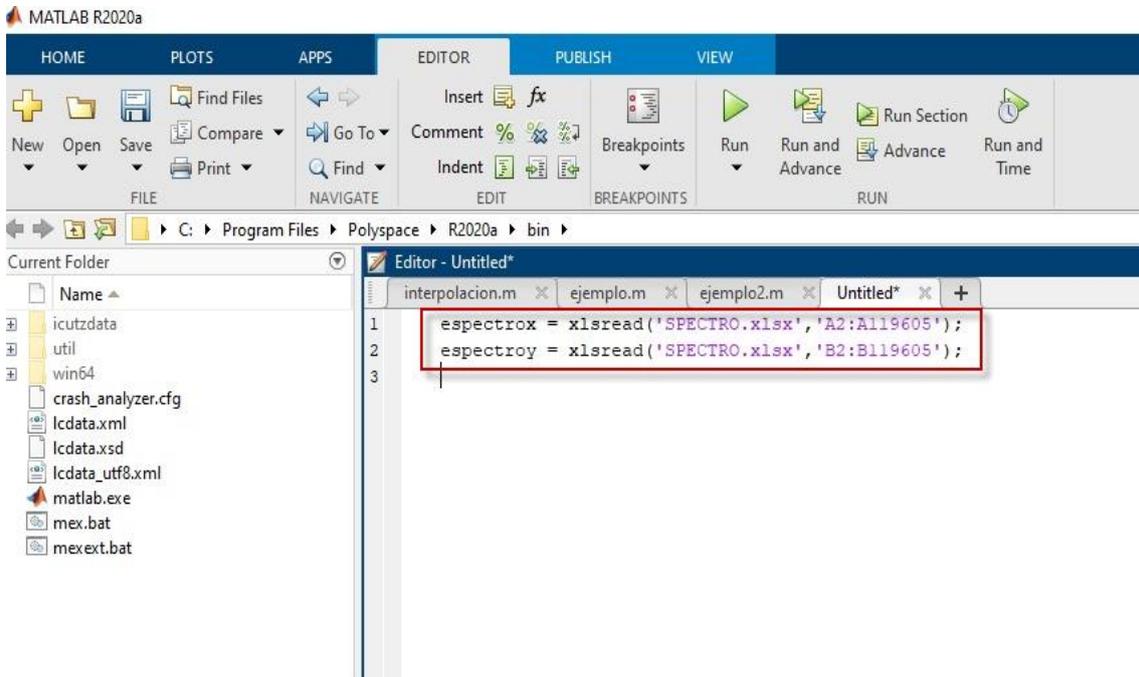


Figura 11.- Exportación de datos del documento CSV al Matlab. Fuente: Propia

- Se generan los espectros a partir de variables: tiempo (t) y señal sísmica. Luego se selecciona la opción “run and advance” para poder generar el espectro.

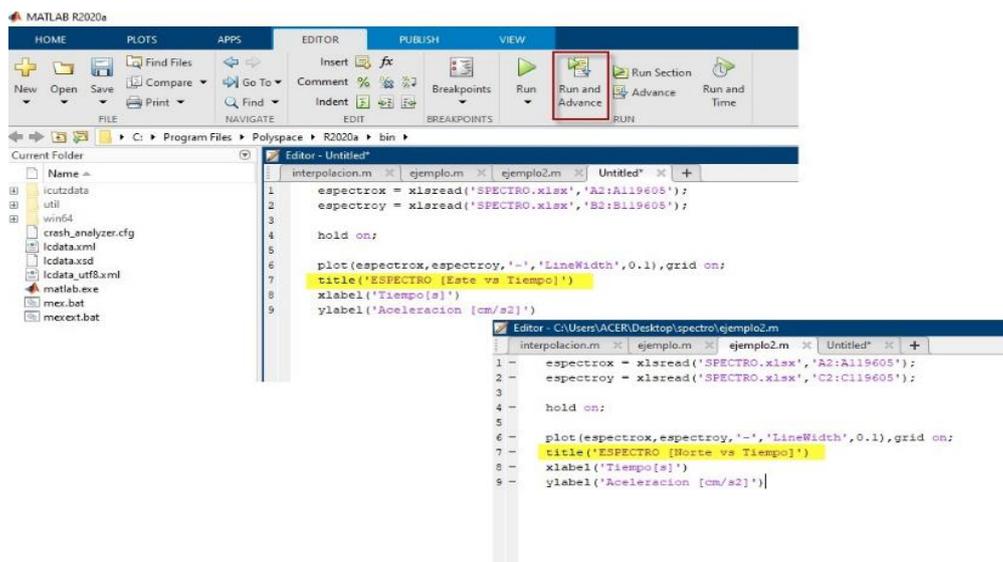


Figura 12.- Código de espectro [Este - Tiempo] / [Norte – Tiempo]. Fuente: Propia

- Vectorizar la variable tiempo (t) y la señal sísmica en el sentido norte (HNN) y la señal sísmica en el sentido este (HNE).

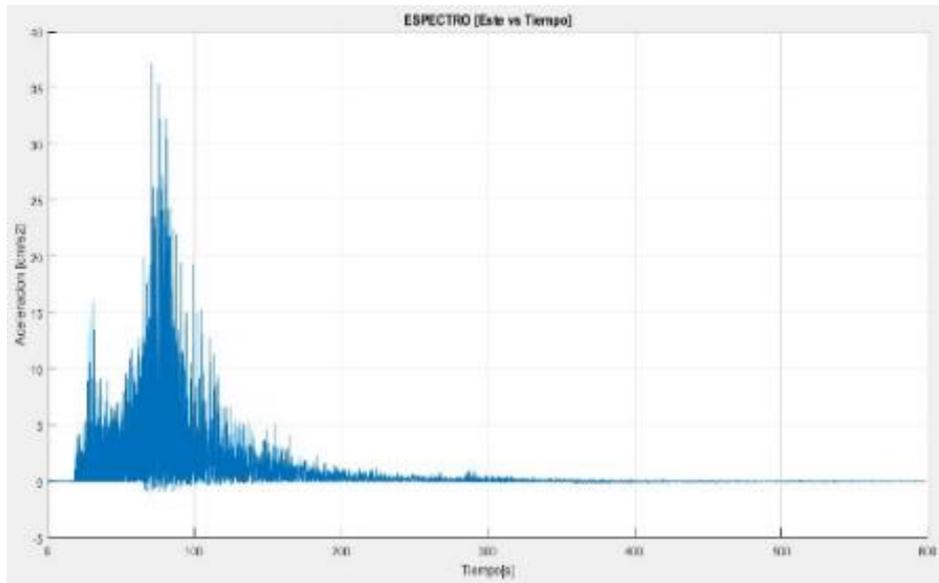


Figura 13. Espectro [Este - Tiempo]. Fuente: Propia

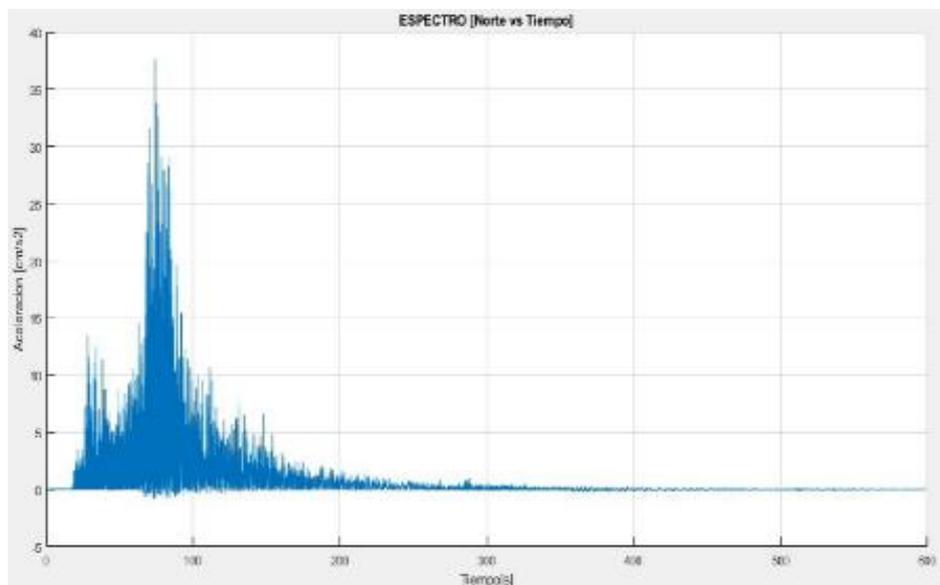


Figura 14.- Espectro [Norte - Tiempo]. Fuente: Propia

- Al obtener la relación: HNE y HNN de la herramienta informática de Excel se debe exportar al programa block de notas para así poder utilizar dichos datos en el software Etabs.

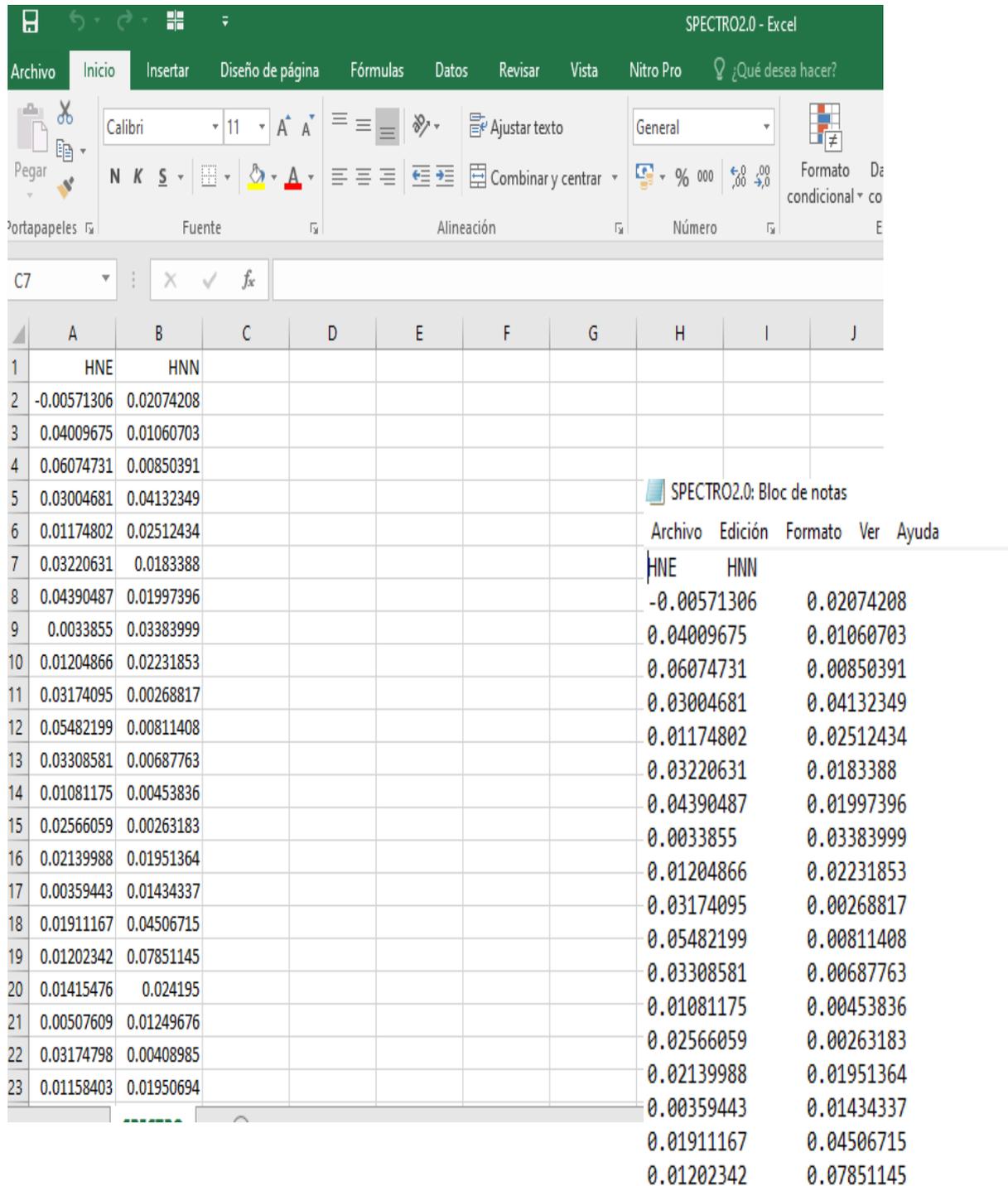


Figura 15.- Combinación de espectros. Fuente: Propia

- Finalmente se determina la magnitud del sismo

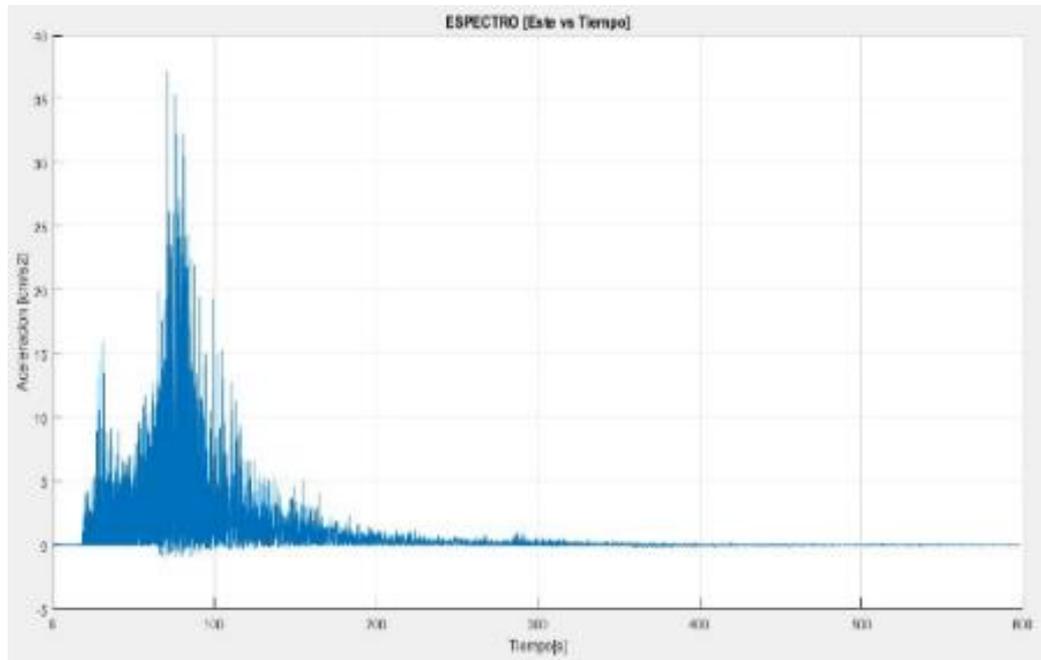


Figura 16.- Espectro sísmico - se generó un espectro sísmico a partir de la combinación de cinco aceleraciones sísmicas. Fuente: Propia

### 2.5.3. Del objetivo específico N° 3

□ Modelamiento de la estructura – Etabs

- En el plano de estructuras del Hospital Vitarte se realiza una limpieza de contenido, dejando solo las posiciones de las columnas, vigas, placas y losas.

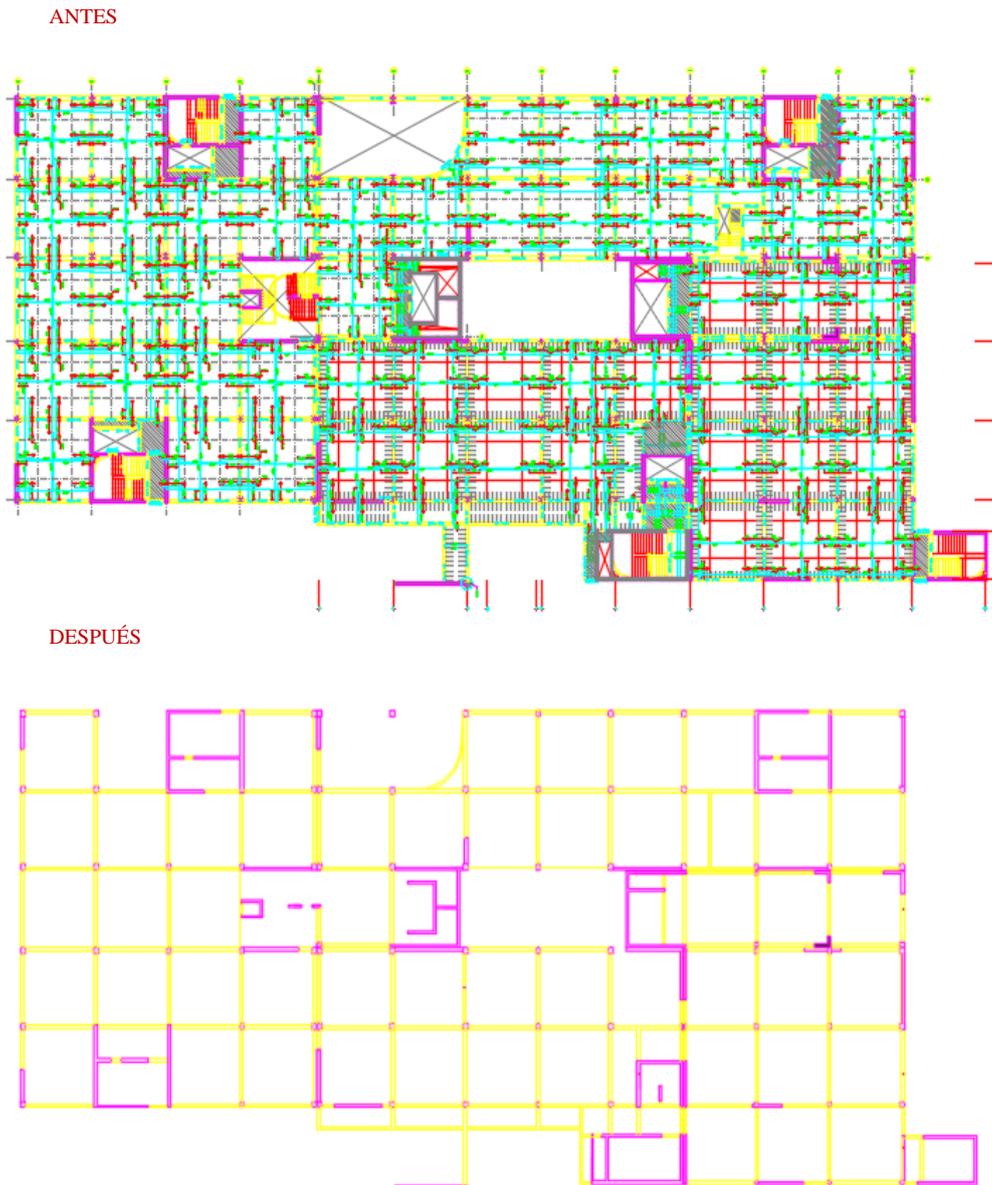


Figura 17.- Plano - Hospital Vitarte. Fuente: Propia

- En el software AutoCAD se deben crear capas para cada elemento estructural (viga, columna, placa, losa).

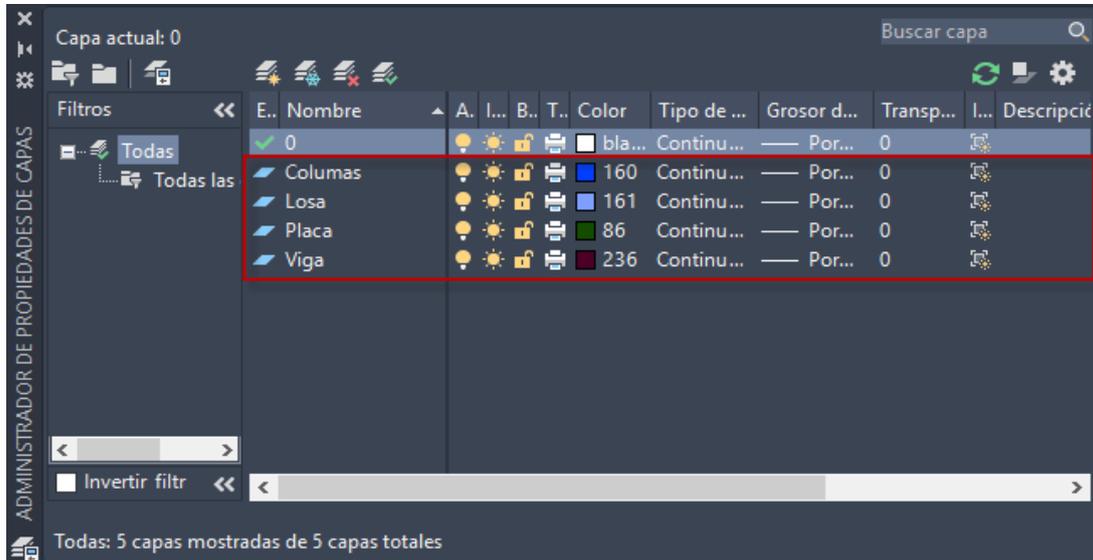


Figura 18.- Capas - AutoCAD. Fuente: Propia

- Se realiza el levantamiento de cada piso de los elementos estructurales por el que está compuesto el bloque C del Hospital Vitarte.

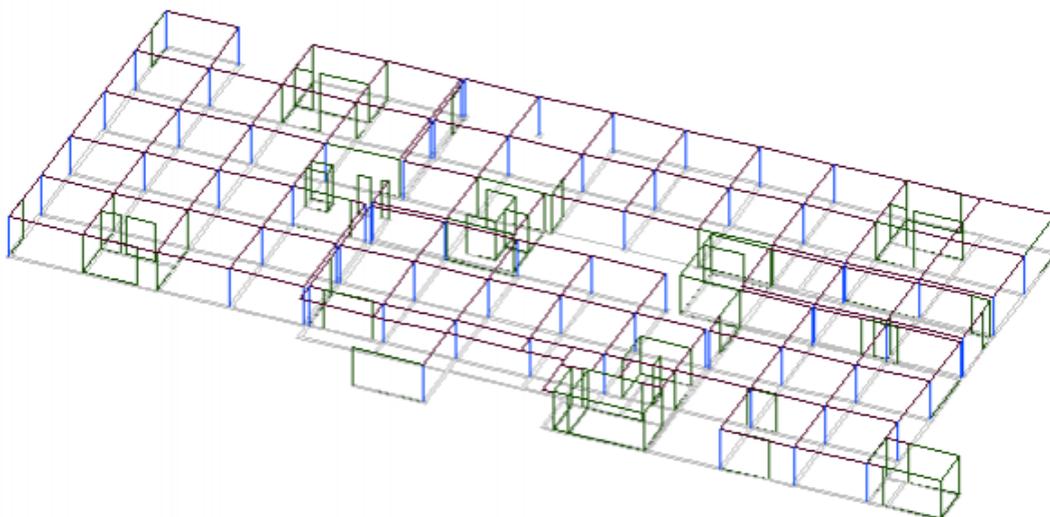


Figura 19.- Levantamiento de plano del Hospital Vitarte. Fuente: Propia

- El modelado en AutoCAD es necesario guardarlo como archivo .dxf para que el programa Etabs lo reconozca, ya que no acepta formatos comerciales como .dwg

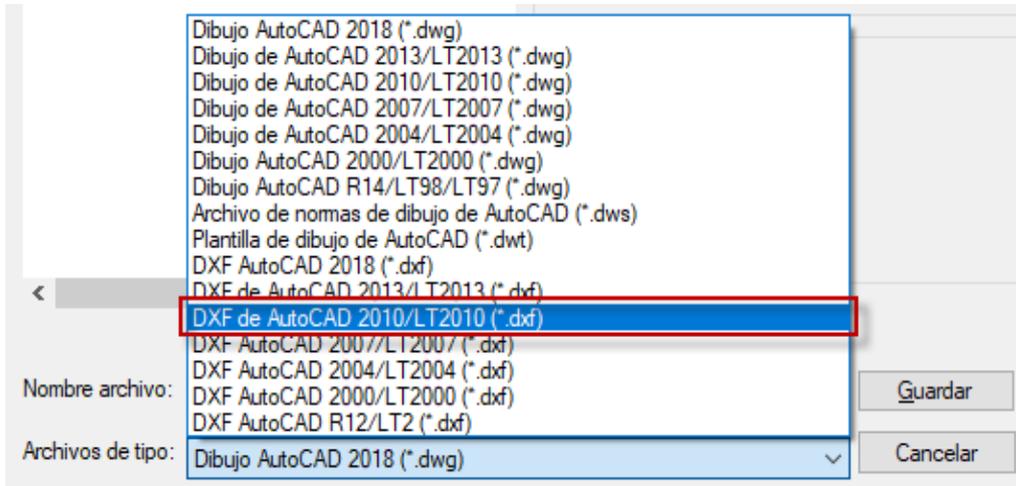


Figura 20.- Formato .dxf. Fuente: Propia

- El programa Etabs te da la elección de emplear el sistema de unidades MKS (cuyas iniciales hace referencia a metro, kilogramo y segundo).

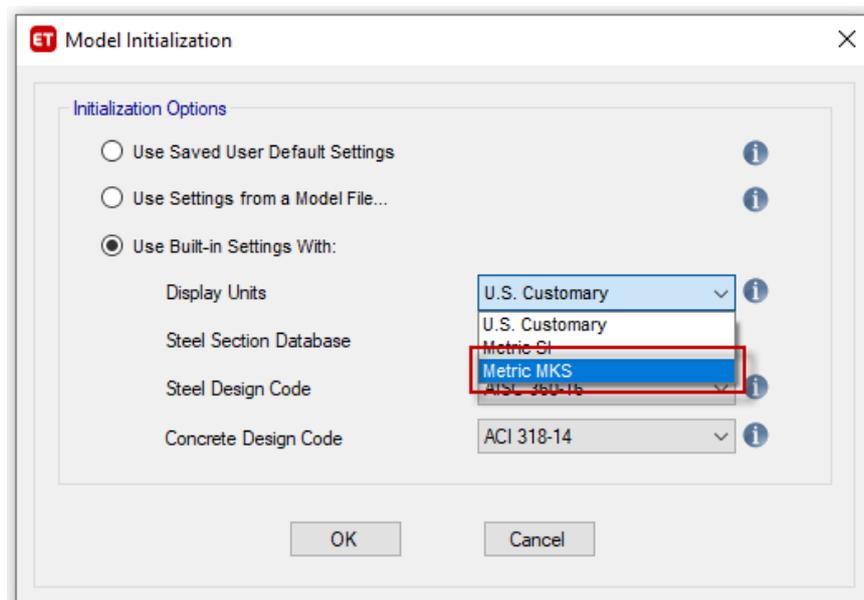


Figura 21.- Sistema de unidades MKS. Fuente: Propia

- Para el modelado en Etabs se va a exportar del levantamiento desde AutoCAD, por lo cual se selecciona la opción de “custom grid spacing” y solo se ingresa los datos de la altura.

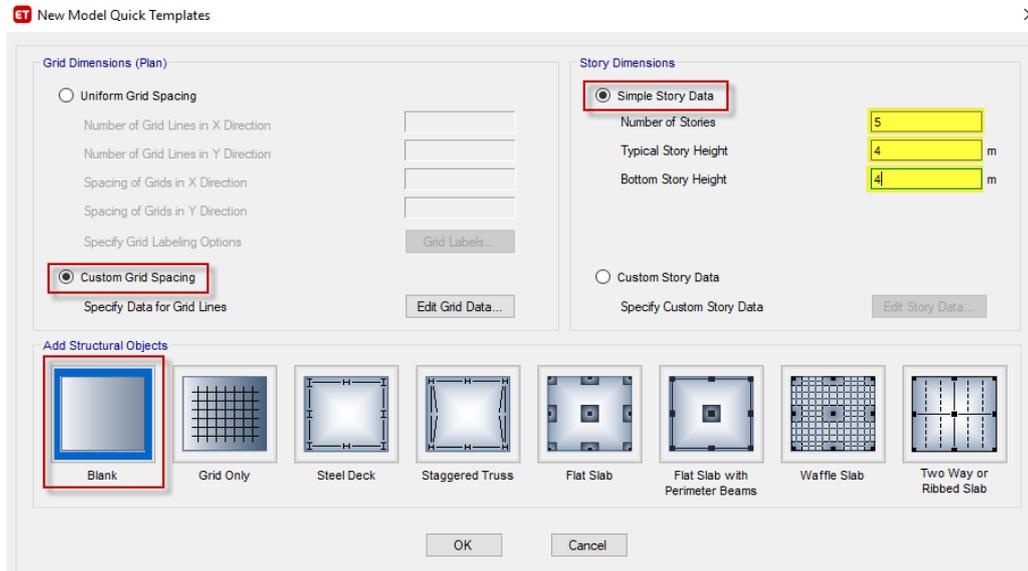


Figura 22.- Datos generales. Fuente: Propia

- Al importar el archivo .dxf en Etabs se deben seleccionar las capas que se utilizarán, así como la unidad en que se está trabajando.

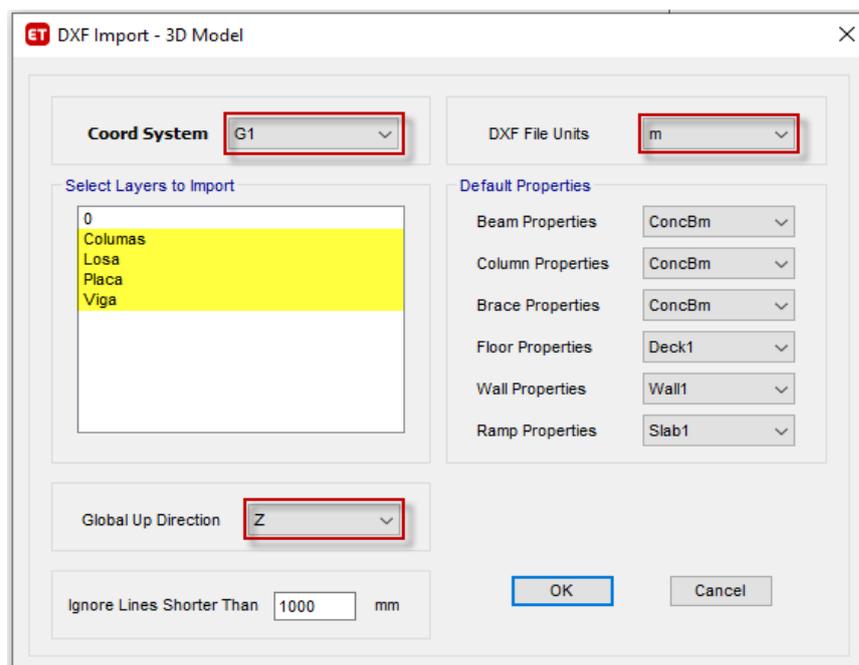


Figura 23.- Capas - AutoCAD. Fuente: Propia

- Se crea el sistema de grillas desde los nudos según corresponda en el plano tanto en el sentido “x” y como en el sentido “y”.

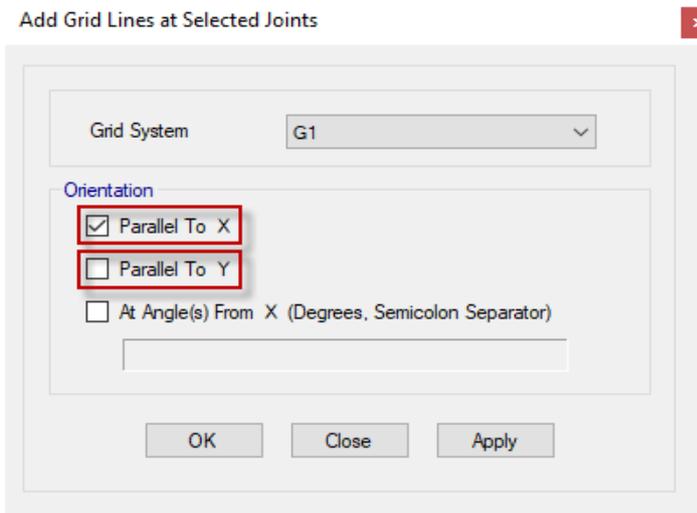


Figura 24.- Sistema de grillas. Fuente: Propia

- Se establece las propiedades del tipo de concreto y acero que se empleó para la construcción del Hospital Vitarte.

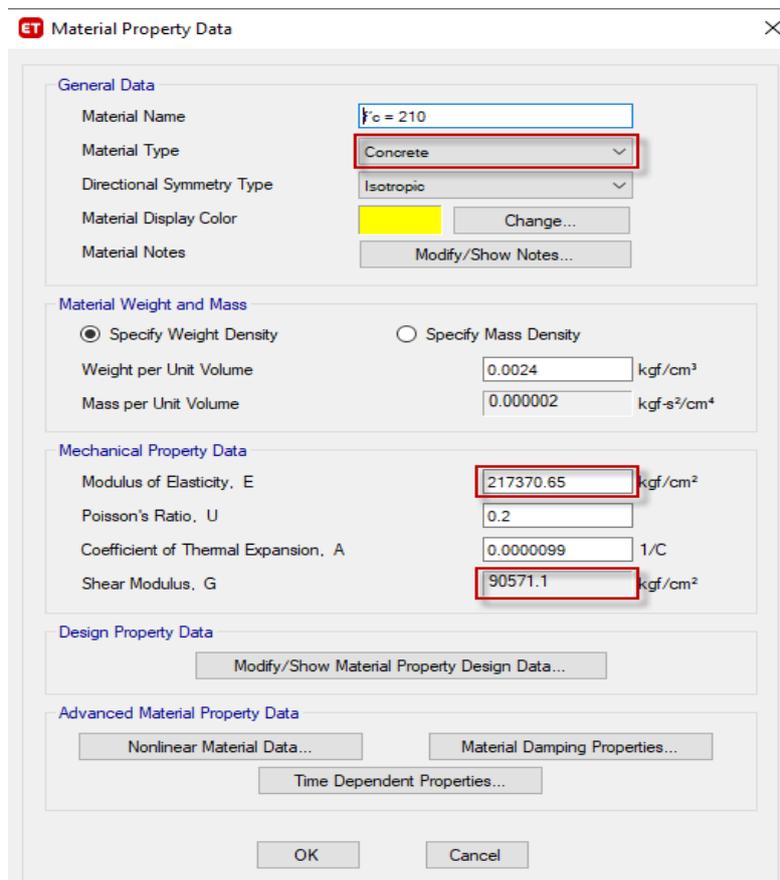


Figura 25.- Propiedades de materiales. Fuente: Propia

- Se generan las columnas, vigas y losas en el diseño, considerando el tipo de concreto, dimensiones y aceros que dicho elemento contiene según los planos.

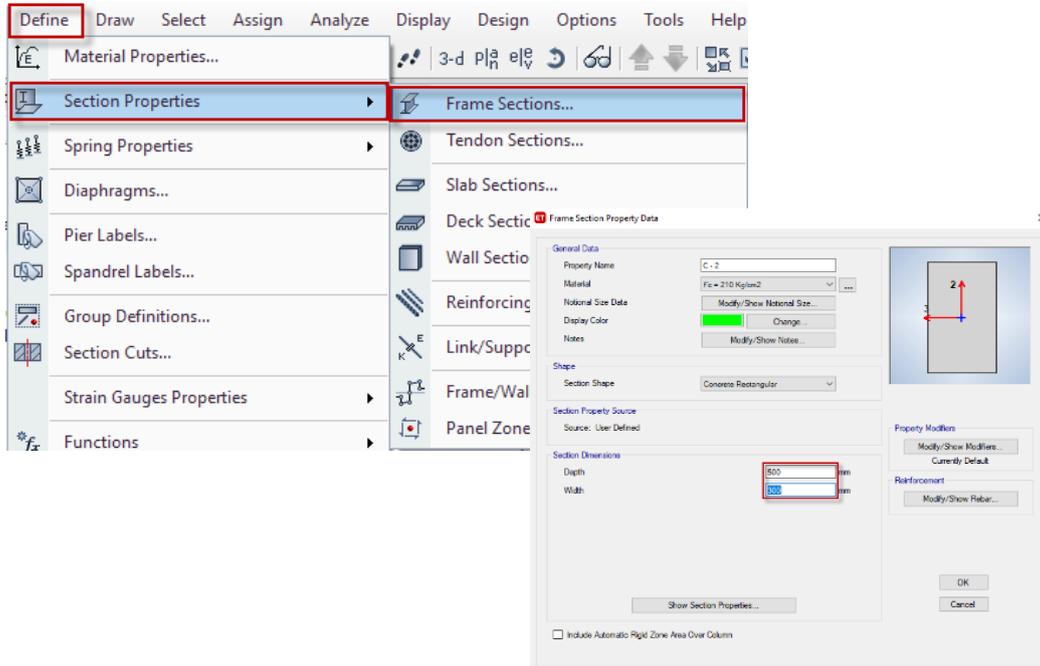


Figura 26.- Diseño de elementos estructurales. Fuente: Propia

- Los elementos estructurales que en su interior contienen acero se debe considerar el diámetro de acero y recubrimiento.

Diámetro		As(cm <sup>2</sup> )	Masa
in	cm	cm <sup>2</sup>	kg/m
1/4	0.635	0.32	0.250
3/8	0.952	0.71	0.560
1/2	1.270	1.29	0.994
5/8	1.588	2.00	1.552
3/4	1.905	2.84	2.235
1	2.540	5.10	3.973
1 3/8	3.580	10.06	7.906

Figura 27.- Cuadro de acero. Fuente: Propia

- Se ingresan las cargas muertas, cargas vigas y cargas de sismo que actúan en toda la estructura.

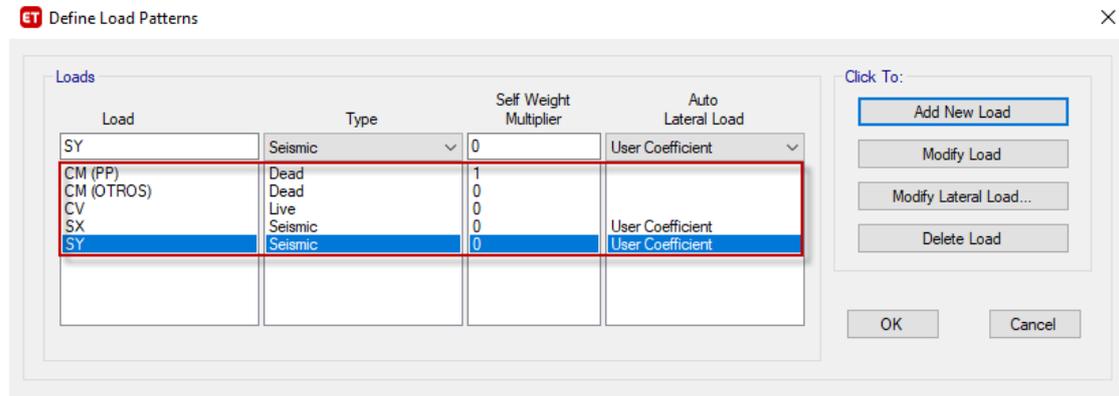


Figura 28.- Cargas actuantes. Fuente: Propia

- Se generan las combinaciones y envolvente de cargas según la E.0.60.

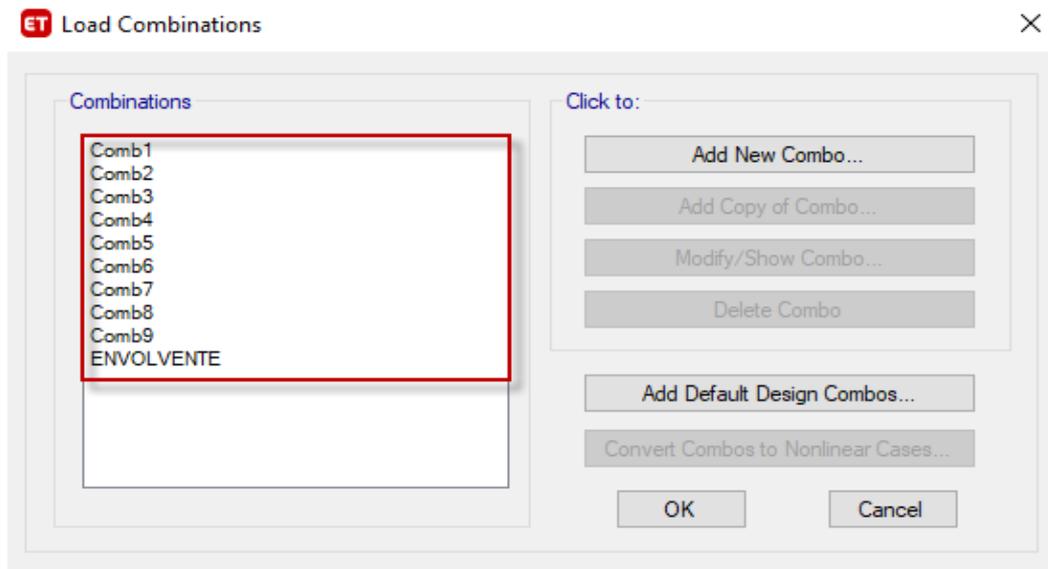


Figura 29.- Combinaciones de carga. Fuente: Propia

- Se asignan cargas por área.  
 CM (PP): Peso de columnas, vigas, losas, placas  
 CM (OTROS): Ingreso manual no depende de las secciones  
 CV (E.020): Hospital  
 SISMO: En base a las cargas  

$$\text{Peso} = 1.5 * \text{CM(PP)} + 1.5 * \text{CM(OTROS)} + 0.5 * (\text{CV})$$

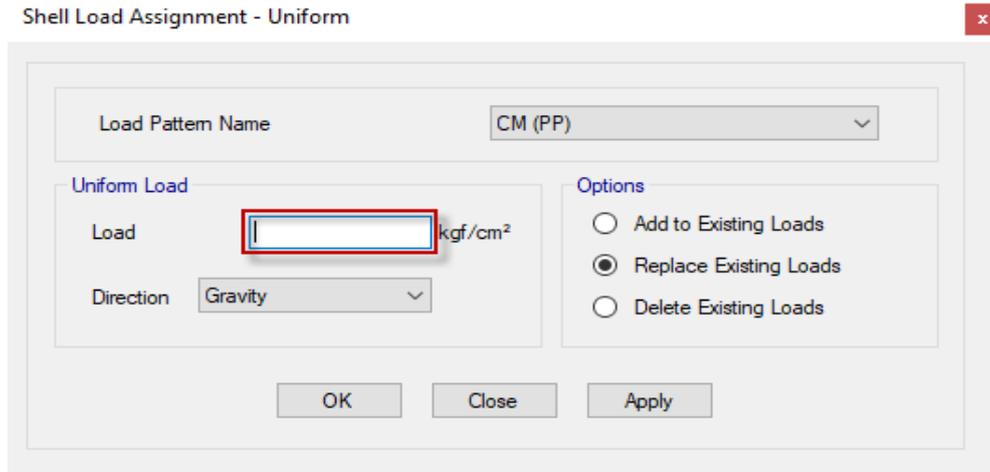


Figura 30.- Cargas por área. Fuente: Propia

- Con el resultado obtenido del espectro generado en el programa Matlab, se ingresa los valores en el software Etabs para conocer el comportamiento de la estructura con la simulación del sismo obtenido.

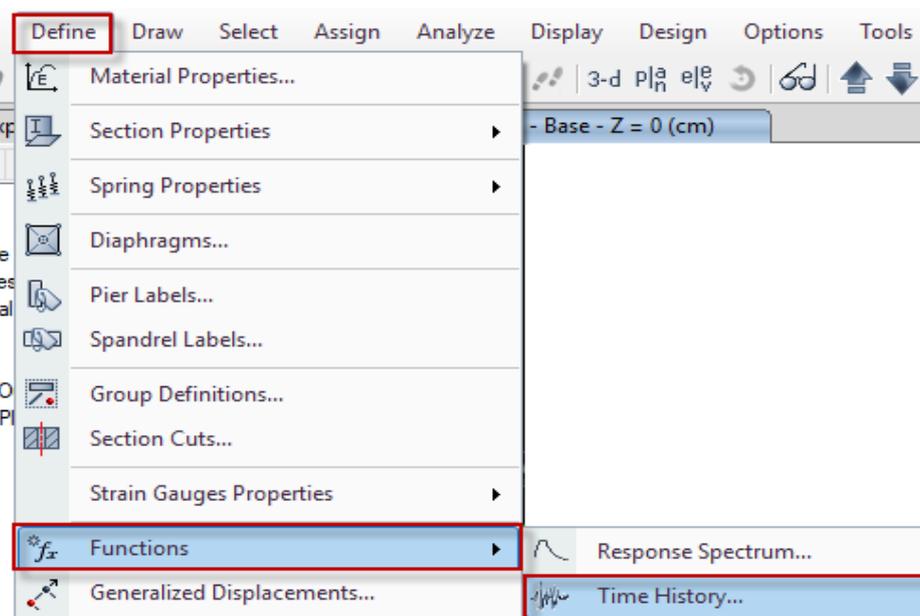


Figura 31.- Espectro Etabs. Fuente: Propia

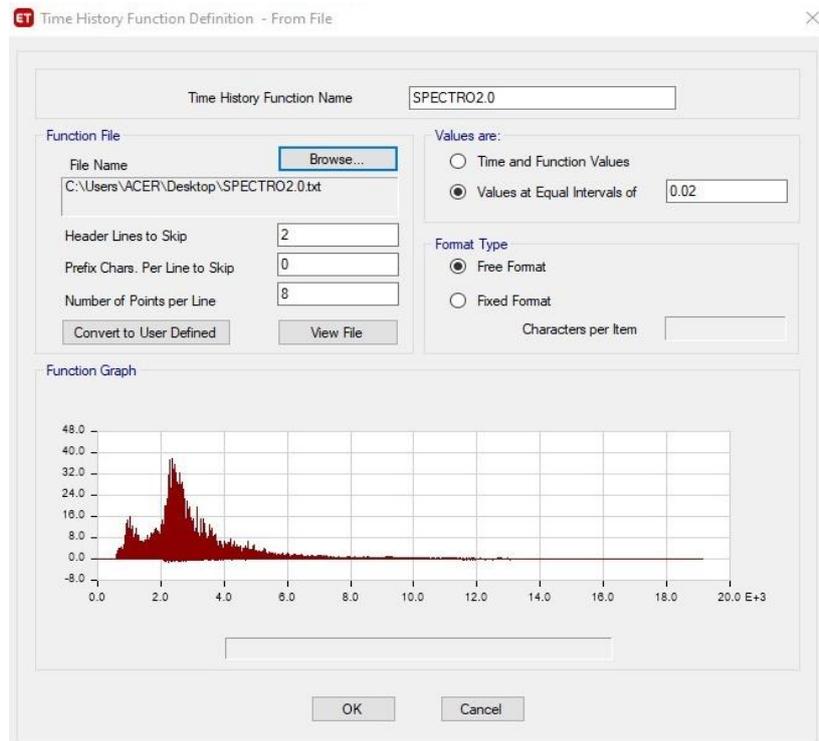


Figura 32.- Tiempo Historia. Fuente: Propia

- Se realiza el modelado final del Hospital Vitarte.

Placa – Color Rojo  
 Columnas y vigas – Azul  
 Losas – Plomo

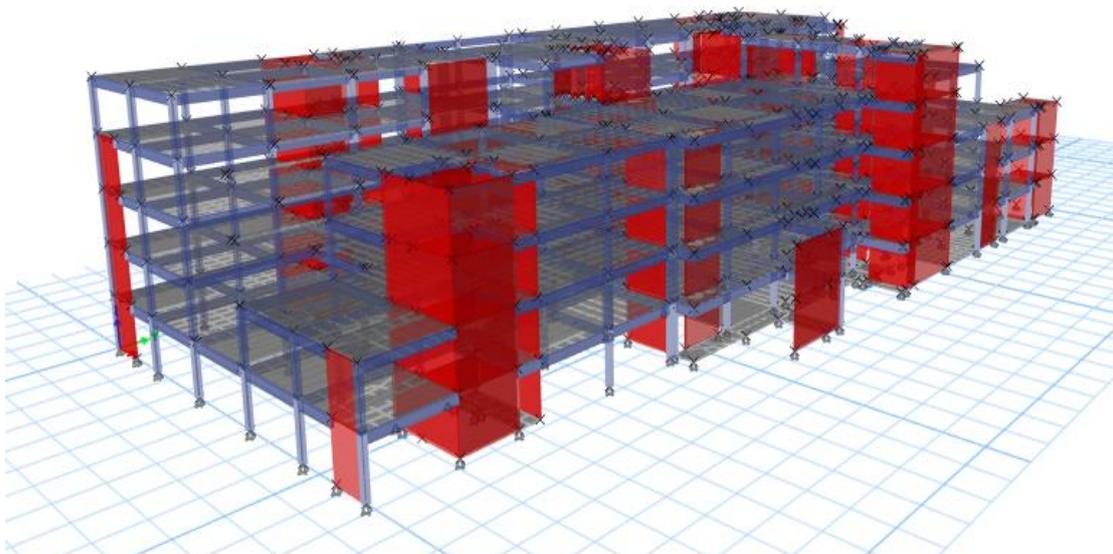


Figura 33.- Modelado - Etabs. Fuente: Propia

- Se asignas diafragmas para cada nivel que compone el Hospital Vitarte.

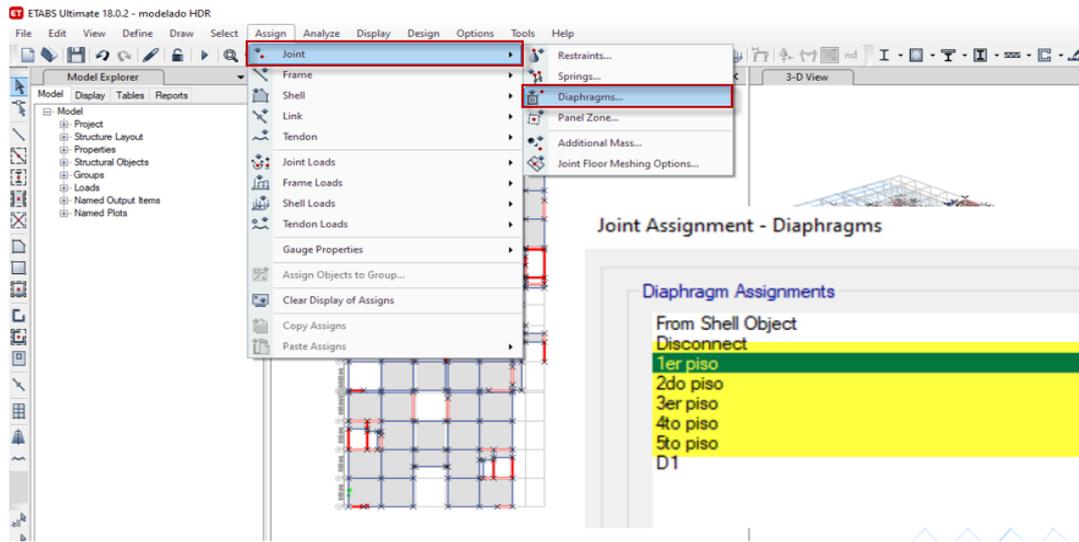


Figura 34.- Diafragma por nivel. Fuente: Propia

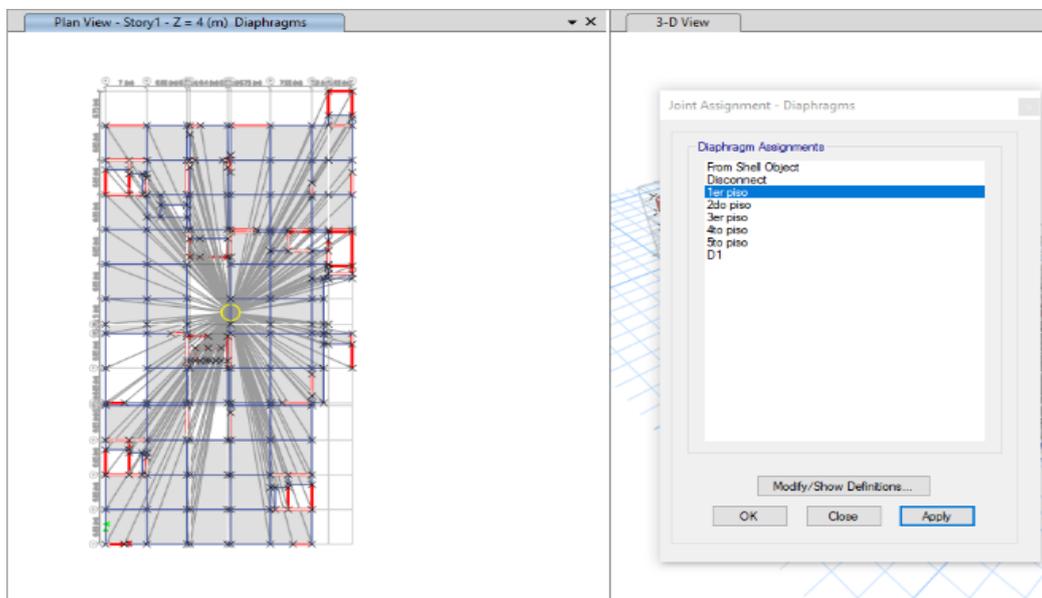


Figura 35.- Diafragma primer nivel. Fuente: Propia

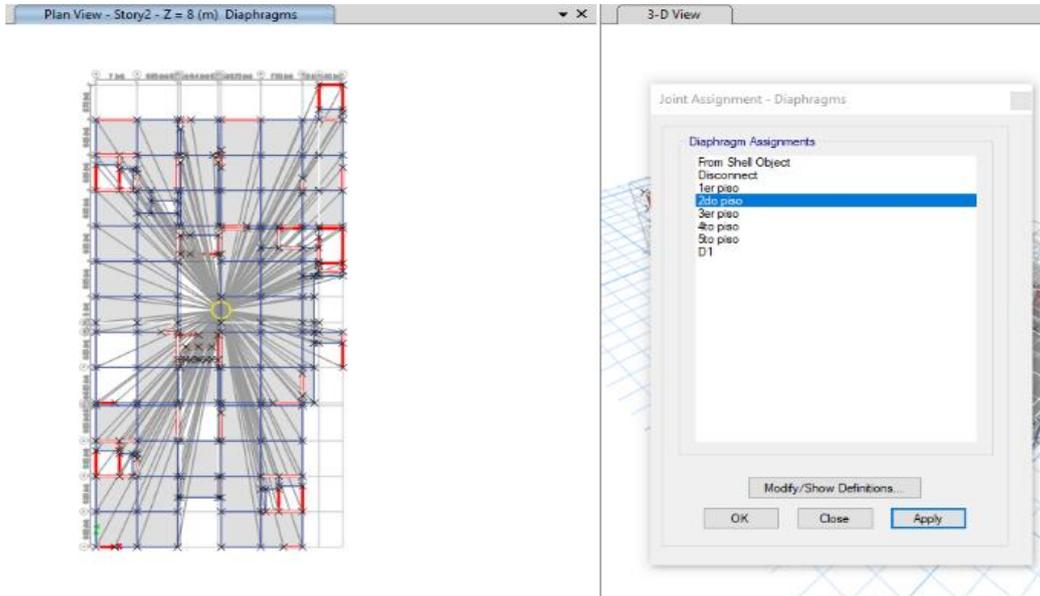


Figura 36.- Diafragma segundo nivel. Fuente: Propia

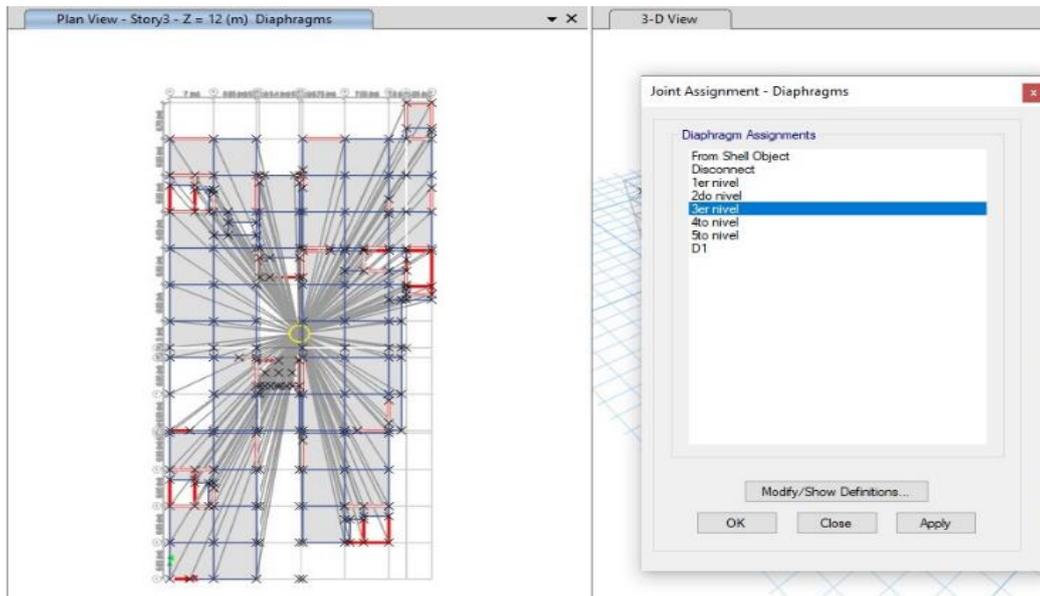


Figura 37.- Diafragma tercer nivel. Fuente: Propia

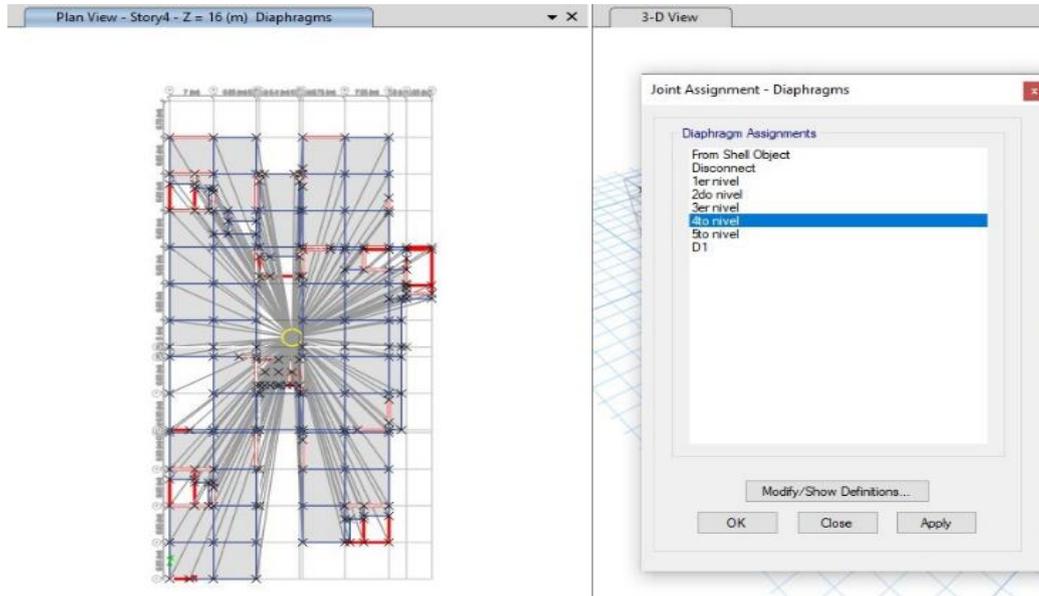


Figura 38.- Diafragma cuarto nivel. Fuente: Propia

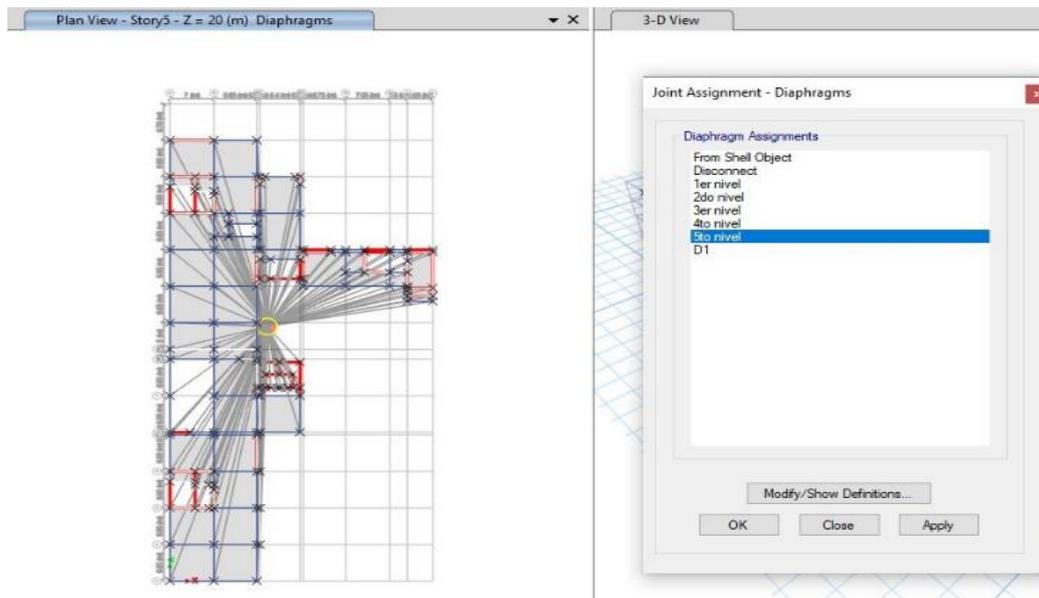


Figura 39.- Diafragma quinto nivel. Fuente: Propia

#### 2.5.4. Del objetivo específico N° 4

- Se crean las propiedades del aislador HDR para su colocación tanto en columnas perimetrales como en columnas centrales.

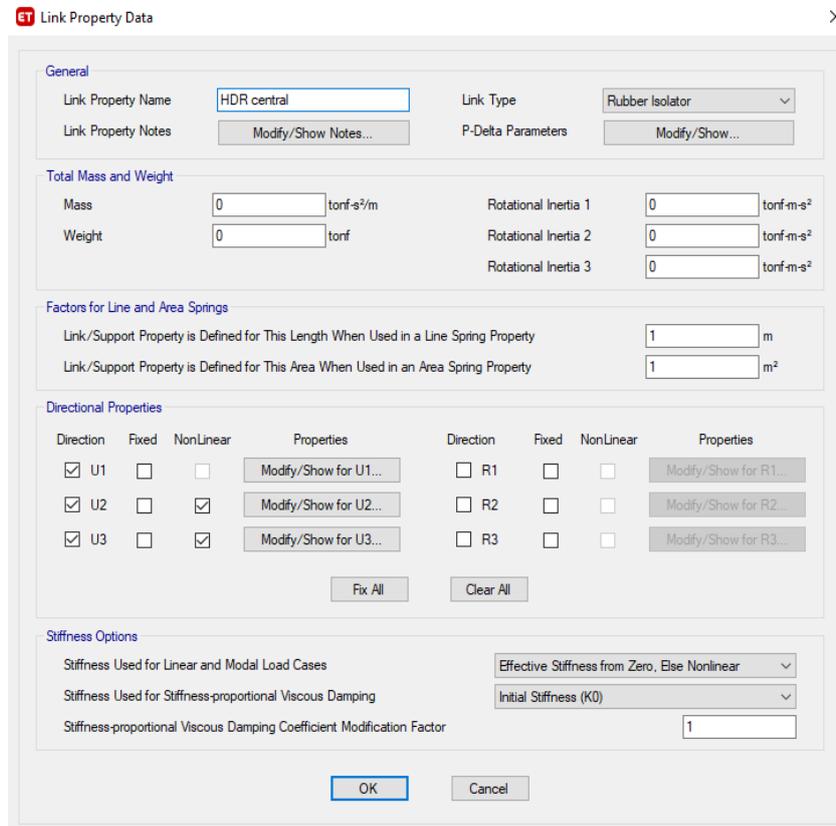


Figura 40.- Propiedades generales HDR. Fuente: Propia

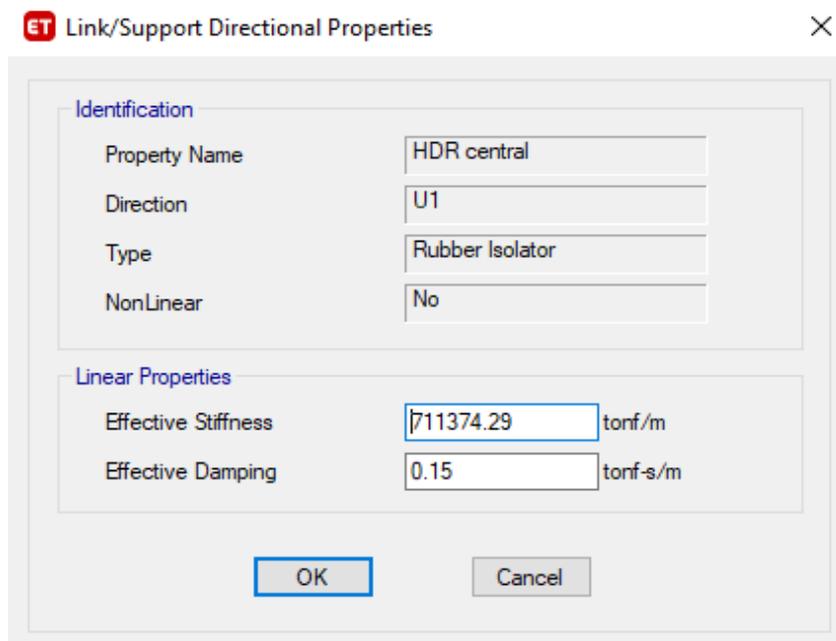
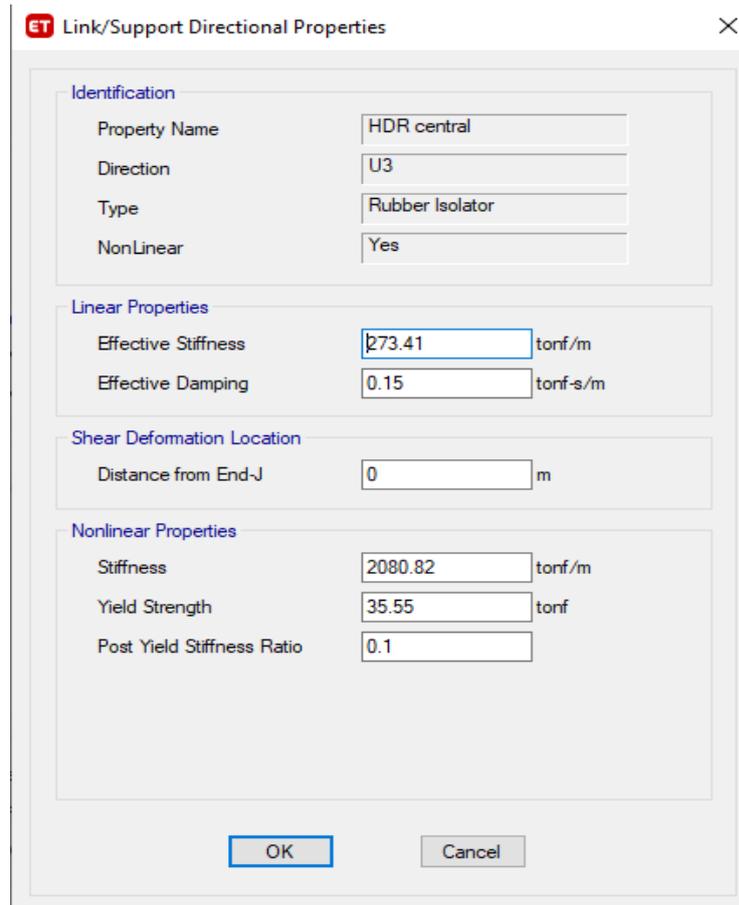


Figura 41.- Ingreso de propiedades en la dirección U1 - HDR. Fuente: Propia



Section	Property	Value	Unit
Identification	Property Name	HDR central	
	Direction	U3	
	Type	Rubber Isolator	
	NonLinear	Yes	
Linear Properties	Effective Stiffness	273.41	tonf/m
	Effective Damping	0.15	tonf-s/m
Shear Deformation Location	Distance from End-J	0	m
Nonlinear Properties	Stiffness	2080.82	tonf/m
	Yield Strength	35.55	tonf
	Post Yield Stiffness Ratio	0.1	

Figura 42.- Ingreso de propiedades en la dirección U2 y U3 - HDR.  
Fuente: Propia

- Se colocaron los aisladores sísmicos HDR en la base de las columnas perimetrales y centrales del Hospital Vitarte.

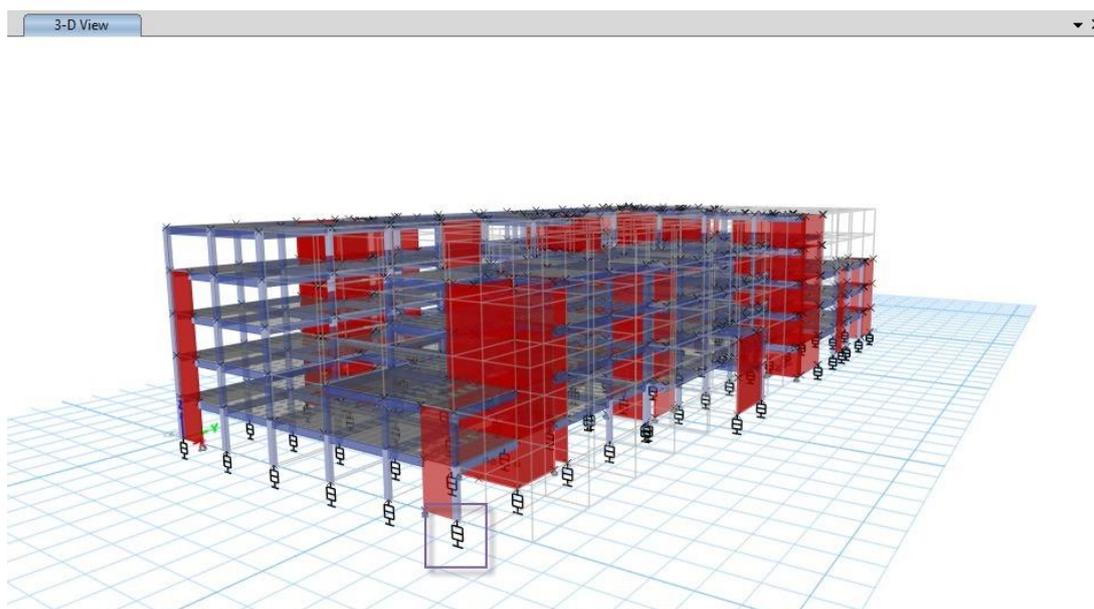


Figura 43.- Modelado del aislador HDR. Fuente: Propia

- Se crean las propiedades del aislador TPF para su colocación tanto en columnas perimetrales como en columnas centrales.

ET Link Property Data ×

**General**

Link Property Name:       Link Type:

Link Property Notes:       P-Delta Parameters:

---

**Total Mass and Weight**

Mass:  tonf-s<sup>2</sup>/m      Rotational Inertia 1:  tonf-m-s<sup>2</sup>

Weight:  tonf      Rotational Inertia 2:  tonf-m-s<sup>2</sup>

Rotational Inertia 3:  tonf-m-s<sup>2</sup>

---

**Factors for Line and Area Springs**

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property:  m

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property:  m<sup>2</sup>

---

**Directional Properties**

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U1..."/>	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R1..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U2..."/>	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R2..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U3..."/>	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R3..."/>

---

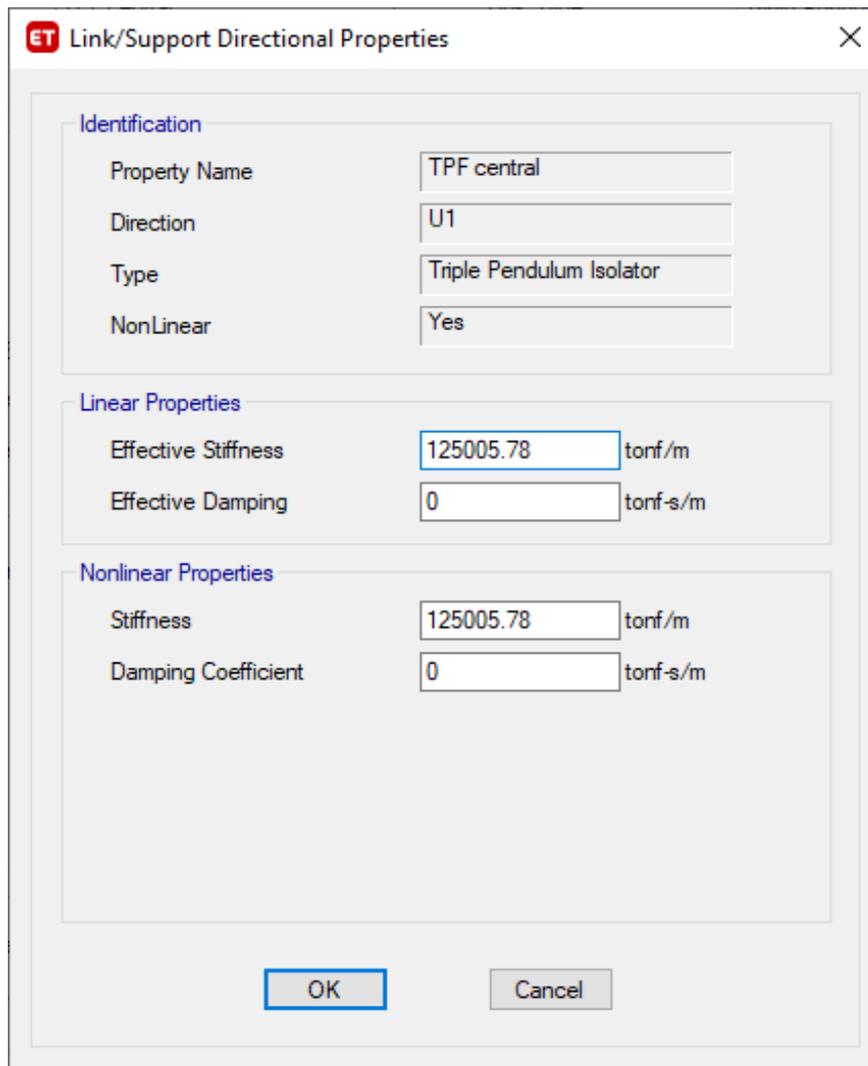
**Stiffness Options**

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases:

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping:

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor:

Figura 44.- Ingreso de propiedades generales TPF. Fuente: Propia



Identification	
Property Name	TPF central
Direction	U1
Type	Triple Pendulum Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	125005.78 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Nonlinear Properties	
Stiffness	125005.78 tonf/m
Damping Coefficient	0 tonf-s/m

Figura 45.- Ingreso de propiedades en la dirección U1 – TPF. Fuente: Propia

**ET** Link/Support Directional Properties ×

**Identification**

Property Name: TPF central      Type: Triple Pendulum Isolator  
 Direction: U2; U3      NonLinear: Yes

**Linear Properties**

Effective Stiffness - U2: 0 tonf/m      Effective Stiffness -U3: 0 tonf/m  
 Effective Damping - U2: 0 tonf-s/m      Effective Damping -U3: 0 tonf-s/m

**Shear Deformation Location**

Distance from End-J - U2: 0.1524 m      Distance from End-J - U3: 0.1524 m

**Height and Symmetry of Sliding Surfaces**

Height for Outer Surfaces: 0.2286 m       Outer Bottom Surface is Symmetric to Outer Top Surface  
 Height for Inner Surfaces: 0.1778 m       Inner Bottom Surface is Symmetric to Inner Top Surface

**Nonlinear Properties for Directions U2 and U3**

	Outer Top	Outer Bottom	Inner Top	Inner Bottom	
Stiffness	7697.142	5131.487	2565.654	2565.654	tonf/m
Friction Coefficient, Slow	0.048	0.036	0.012	0.012	
Friction Coefficient, Fast	0.072	0.056	0.018	0.018	
Rate Parameter	46.063	50	50	50	sec/m
Radius of Sliding Surface	2.2352	2.2352	0.2286	0.2286	m
Stop Distance	1.27	1.27	0.127	0.127	m

Figura 46.- Ingreso de propiedades en dirección U2 y U3 - TPF. Fuente: Propia

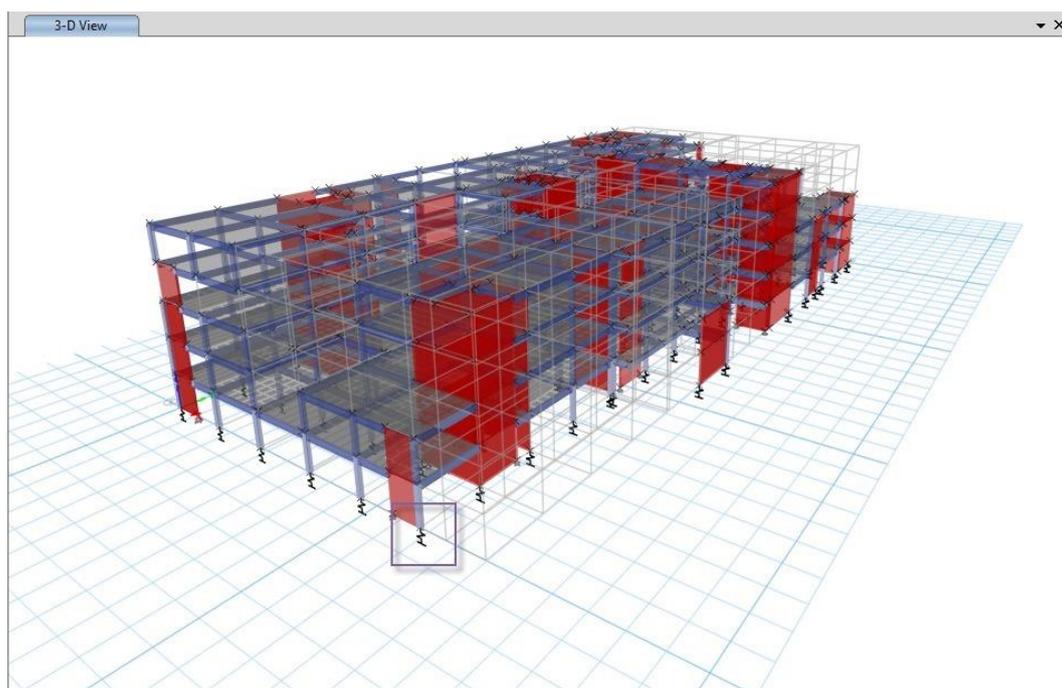


Figura 47.- Modelado del aislador TPF. Fuente: Propia

### 2.5.4. Del objetivo específico N° 5

- Se esquematiza en el programa Power BI los resultados obtenidos en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte en el software Etabs.

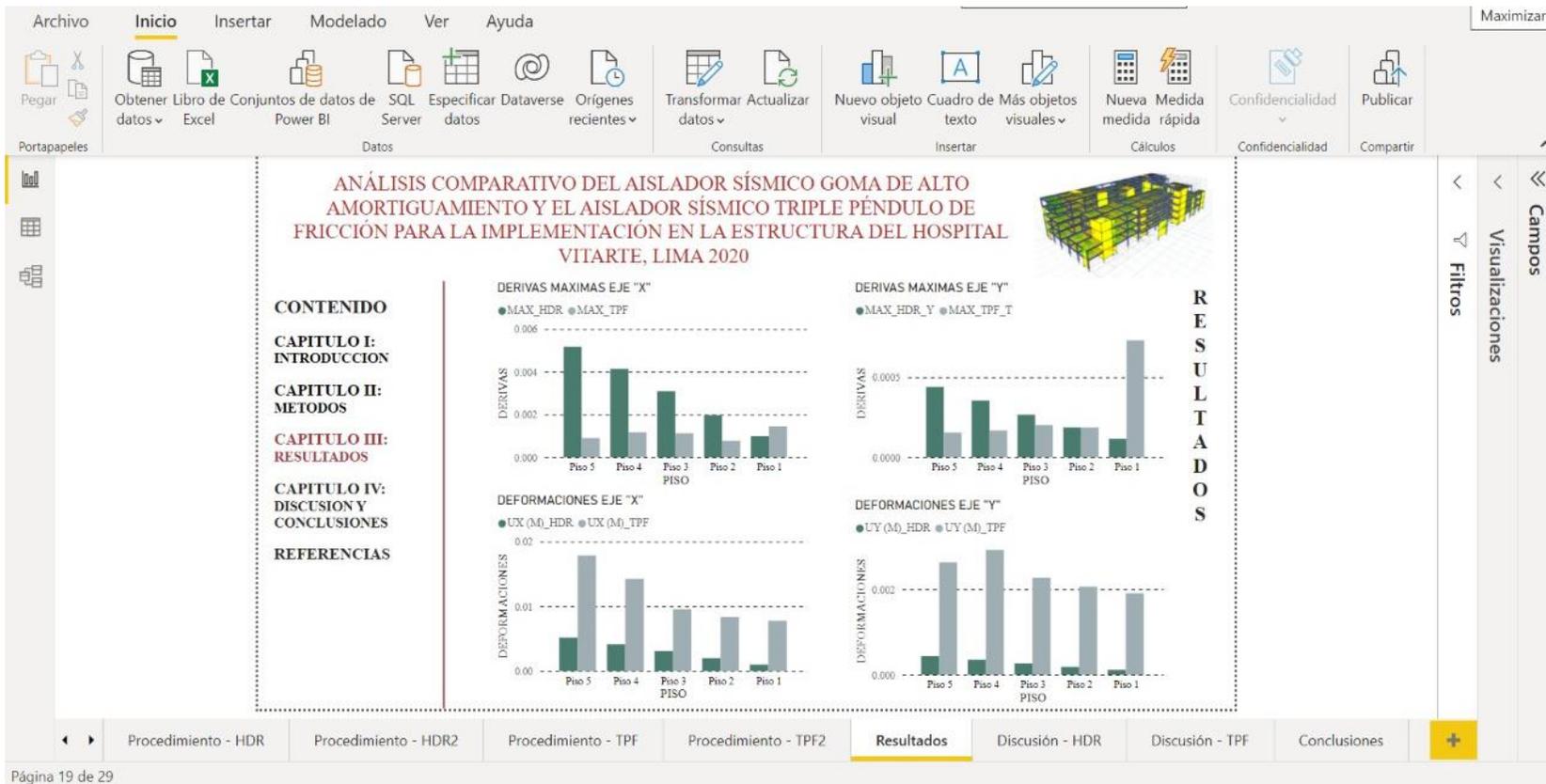


Figura 48.- Resultados comparativos. Fuente: Propia

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Del objetivo específico 1

- **Factores según norma E0.30**

Se realizó la determinación de todos los factores de irregularidad para poder determinar la alternativa favorable en colocación de aisladores sísmicos tomando en cuenta además las propiedades.

- Una vez determinada la zona sísmica, se identifica el factor de zona en la tabla N°1

ZONA	Z
4	0.4
3	0.3
2	0.2
1	0.1
	0

- Los hospitales son considerados como Edificaciones esenciales denominadas en la tabla 2 dentro de la categoría A, para el caso del hospital vitarte se encuentra en A1 con un factor de 1.5

### CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1.5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos o bibliotecas. También se consideran de pósitos de granos y almacenes importantes para el abastecimiento</p>	1.3
C Edificaciones Comunes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1.0
B Edificaciones Temporales	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.</p>	Ver nota 2

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

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

- En la siguiente tabla se muestra la clasificación vigente para el sistema estructural

<b>CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES</b>		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 Y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

(\*\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se puede usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

- Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina mediante la tabla N°3 llegando así el valor  $R_0 = 3$

---

## SISTEMAS ESTRUCTURALES

---

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermitentes Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto</b>	
<b>Armado:</b>	
Pórticos Dual	8
De muros estructurales	7
Muros de ductilidad limitada	6
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	4
	3
<b>Madera</b>	7 (**)

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

- Se determina los factores de Irregularidad ( $L_a$ ,  $L_p$ ) en la tabla N°4

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>L_a</math></b>
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.75
<p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza</p>	0.50

cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

**Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)**

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

**Irregularidad de Masa o Peso**

0.90

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

**Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

0.80

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

**Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)**

0.60

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>		<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
<b>Irregularidad</b>	<b>Torsional</b>	
.....		
Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.		0.75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>		
Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.		0.60
		0.90

**Esquinas**

**Entrantes**

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

**Discontinuidad del Diafragma**

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

0.85

**Sistemas No Paralelos**

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.

0.90

- Se determinó según su categoría y regularidad de las edificaciones, el Hospital Vitarte se encuentra en la categoría A1, zona sísmica 4 el cual no permite irregularidad.

### CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

- Se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación
  - a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
  - b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
  - c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
  - d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
  - e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener
- Se determina la magnitud de la fuerza sísmica generada por la combinación de cinco registros sísmicos extraídos de la página CISMID, obteniendo un terremoto con magnitud de 8.37 grados de magnitud en la escala de Richter, el cual será ingresado en el modelamiento en Etabs.
- Se determina el desplazamiento lateral relativo admisible

## LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO

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

### 3.2. Del objetivo específico N°2

- **Espectro de respuesta**

Se generó un espectro de respuesta de la combinación de cinco aceleraciones sísmicas, obteniendo un espectro de 8.37 gados de magnitud en la escala de Richter

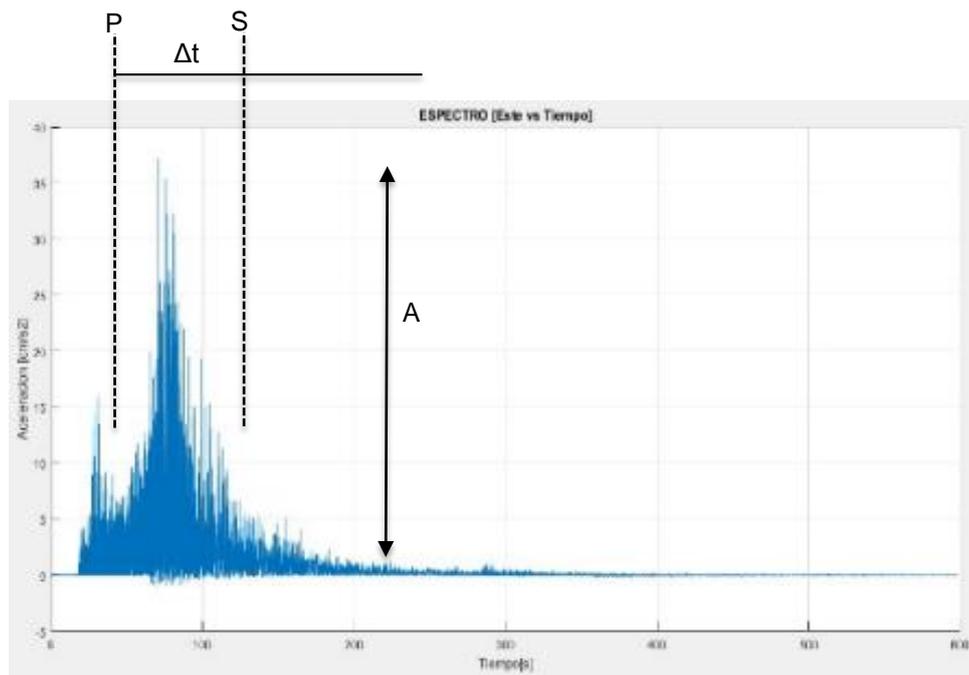


Figura 49.- Detalle de cálculo - magnitud. Fuente: Propia.

$$M = \log_{10} \left( \frac{A * \Delta t^3}{1.62} \right) \quad \text{Ecuación 7}$$

$$M = \log_{10} \left( \frac{380 * 100^3}{1.62} \right)$$

*M = 8.37 grados de magnitud en la escala de Richter*

### 3.3. Del objetivo específico N° 3 y N° 4

#### Modelado Hospital Vitarte con aisladores HDR

Se analizó la edificación con una base aislada haciendo uso del aislador sísmico Goma de Alto Amortiguamiento (HDR), Primero se verifico si la estructura sufre daños ante el movimiento sísmico introducido en el software, se verifica si el diseño de elementos estructurales propios de la edificación conjunto con el acero cumple correctamente su función, Se evalúan las variables principales que definen el comportamiento de la estructura: desplazamiento y derivas, Fuerza actuante en cada piso.

#### 3.3.1. Resultados con Aisladores HDR – Momento máxima.

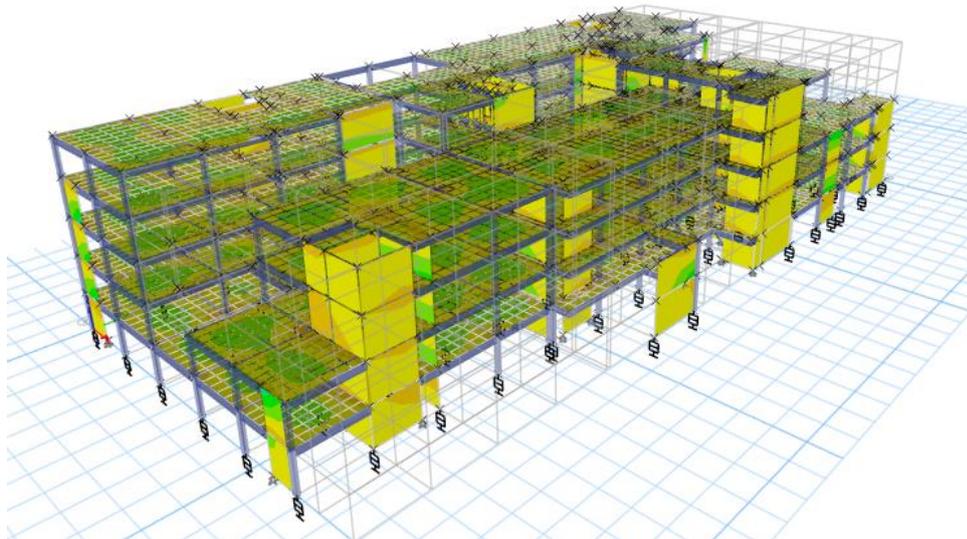


Figura 50.- Momento máximo - HDR. Fuente: Propia

### 3.3.2. Resultados con Aisladores HDR – Elementos estructurales

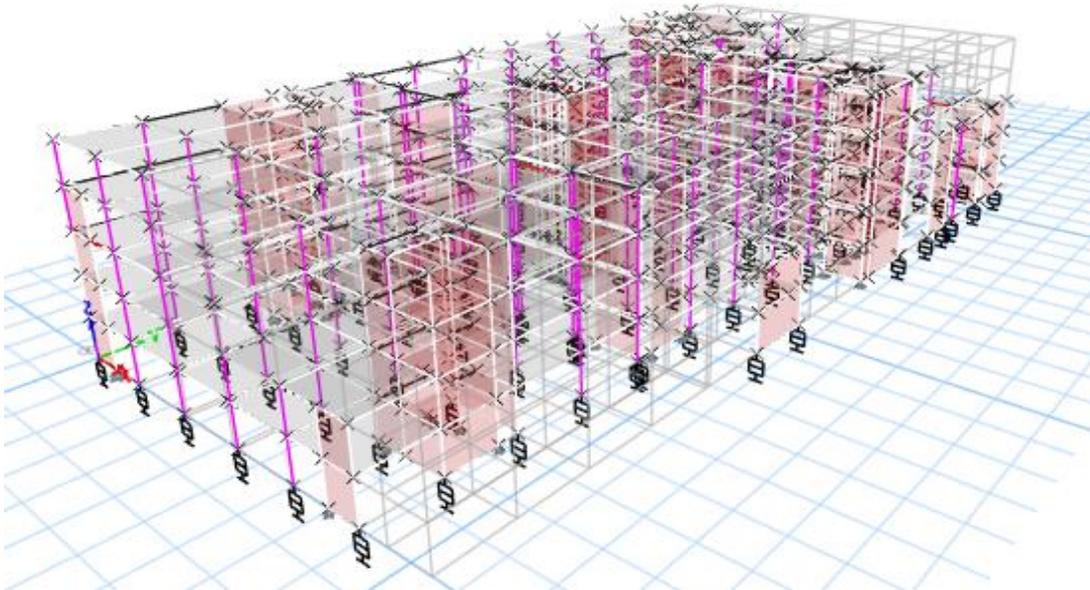


Figura 51.- Verificación de elementos estructurales - HDR. Fuente: Propia

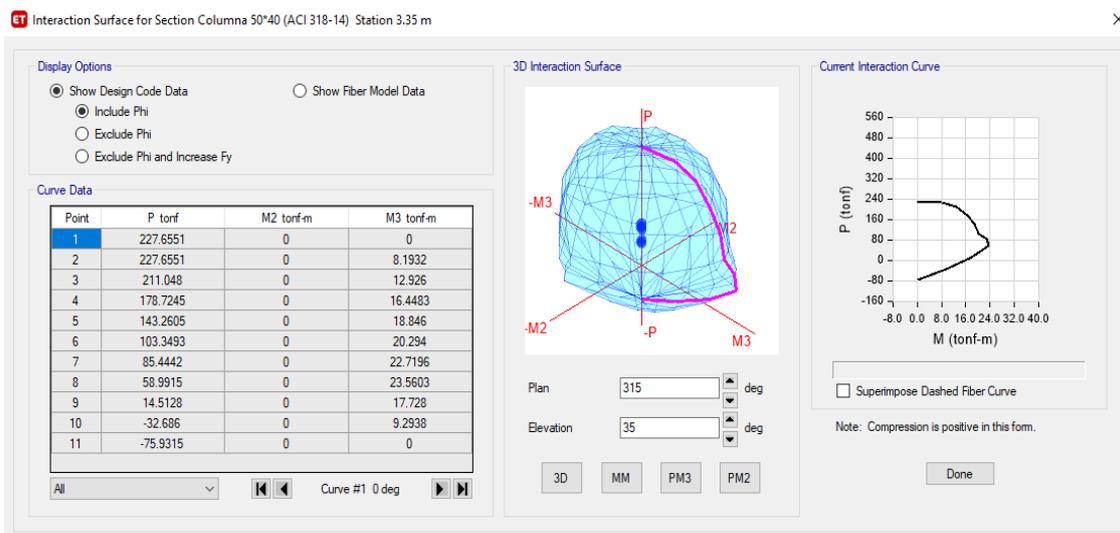


Figura 52.- Diagrama de Interacción en columna - HDR. Fuente: Propia.

### 3.3.3. Desplazamiento con Aisladores HDR:

Tabla 9. Deformación en dirección X- HDR

PISO	DIAFRAGMA	UX (M)
Piso 5	D5	0.00518072
Piso 4	D4	0.00414907
Piso 3	D3	0.00309057
Piso 2	D2	0.00198572
Piso 1	D1	0.00099495

Fuente: Propia

Tabla 10. Deformación en dirección Y - HDR

PISO	DIAFRAGMA	UY (M)
Piso 5	D5	0.00043944
Piso 4	D4	0.00035493
Piso 3	D3	0.00026668
Piso 2	D2	0.00018753
Piso 1	D1	0.00011578

Fuente: Propia

### 3.3.4. Derivas con Aisladores HDR:

Tabla 11. Derivas máximas en dirección X - HDR

PISO	LOAD		
	CASE/COMBO	ITEM	MAX DRIFT X
Piso 5	SISMO EN X	Max Drift X	0.005181
Piso 4	SISMO EN X	Max Drift X	0.004149
Piso 3	SISMO EN X	Max Drift X	0.003091
Piso 2	SISMO EN X	Max Drift X	0.001986
Piso 1	SISMO EN X	Max Drift X	0.000995

Fuente: Propia

Tabla 12. Derivas máximas en dirección Y - HDR

PISO	LOAD		
	CASE/COMBO	ITEM	MAX DRIFT Y
Piso 5	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000439435
Piso 4	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000354925
Piso 3	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000266675
Piso 2	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000187532
Piso 1	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000115775

Fuente: Propia

### 3.3.5. Fuerzas con Aisladores HDR:

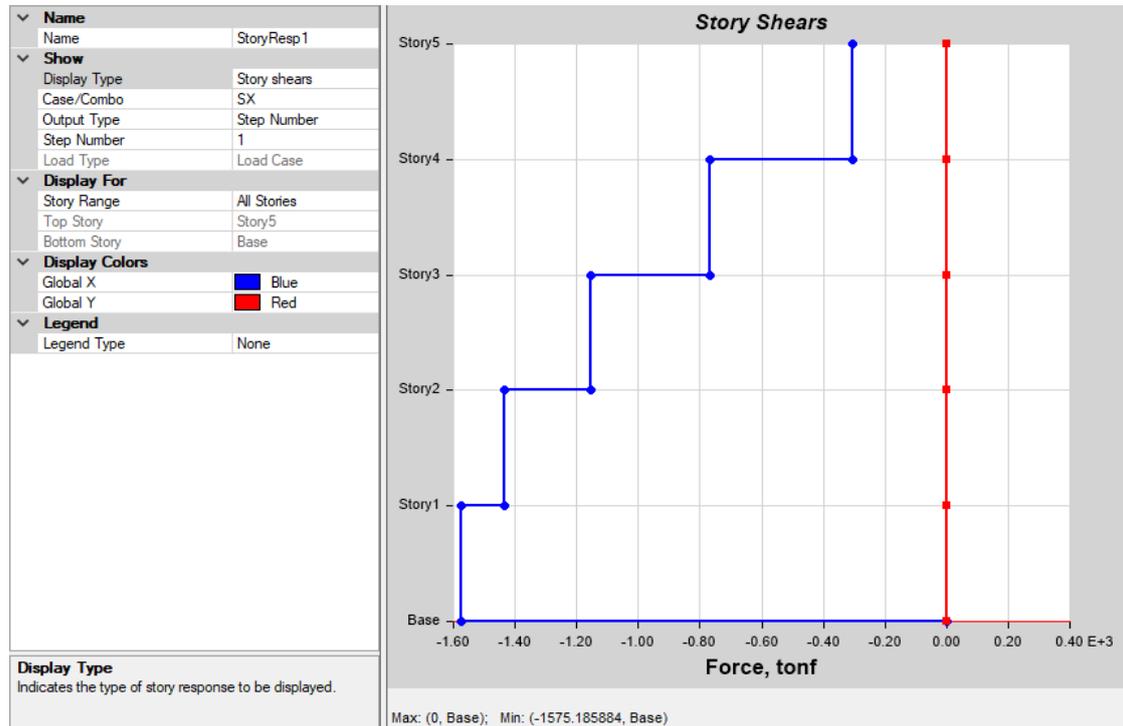


Figura 53.- Fuerza de análisis en el sentido XX y YY – HDR. Fuente: Propia.

### 3.3.6. Modelado Hospital Vitarte con aisladores TPF

Se analizó la edificación con una base aislada haciendo uso del aislador sísmico Triple Péndulo de Fricción (TPF), Primero se verifico si la estructura sufre daños ante el movimiento sísmico introducido en el software, se verifica si el diseño de elementos estructurales propios de la edificación conjunto con el acero cumple correctamente su función, Se evalúan las variables principales que definen el comportamiento de la estructura: desplazamiento y derivas, Fuerza actuante en cada piso.

### 3.3.7. Resultados con Aisladores TPF – Momento Máximo

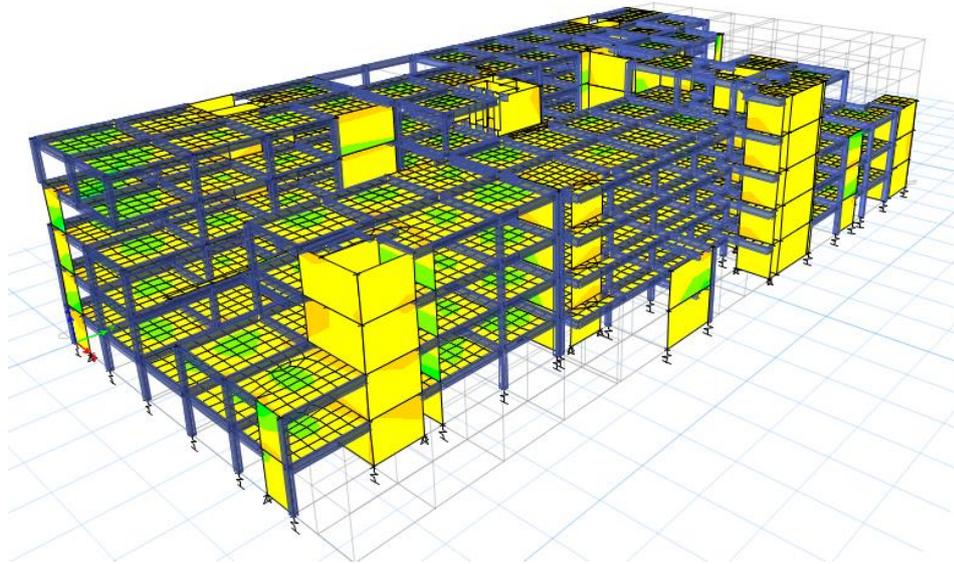


Figura 54.- Momento máximo – TPF. Fuente: Propia.

### 3.3.8. Resultados con Aisladores TPF – Elementos Estructurales

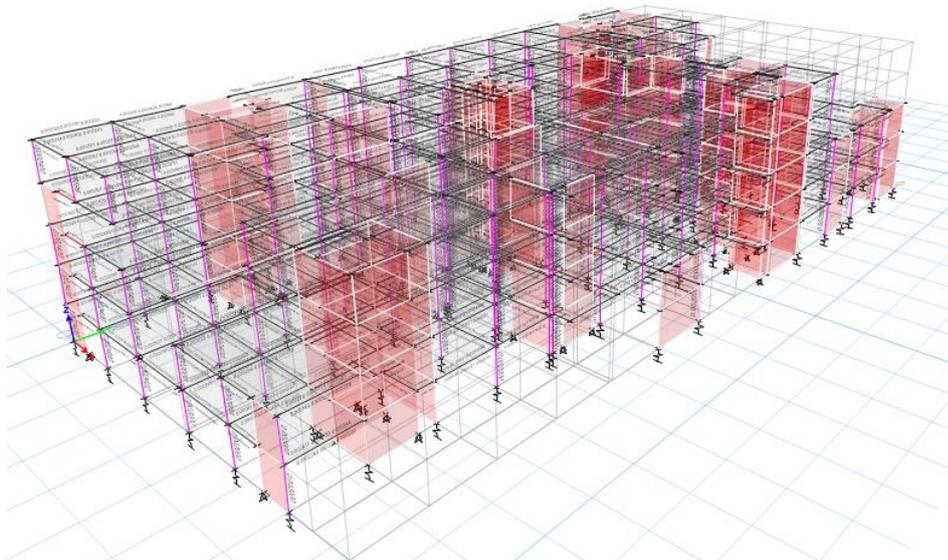


Figura 55.- Verificación de elementos estructurales – TPF. Fuente: Propia.

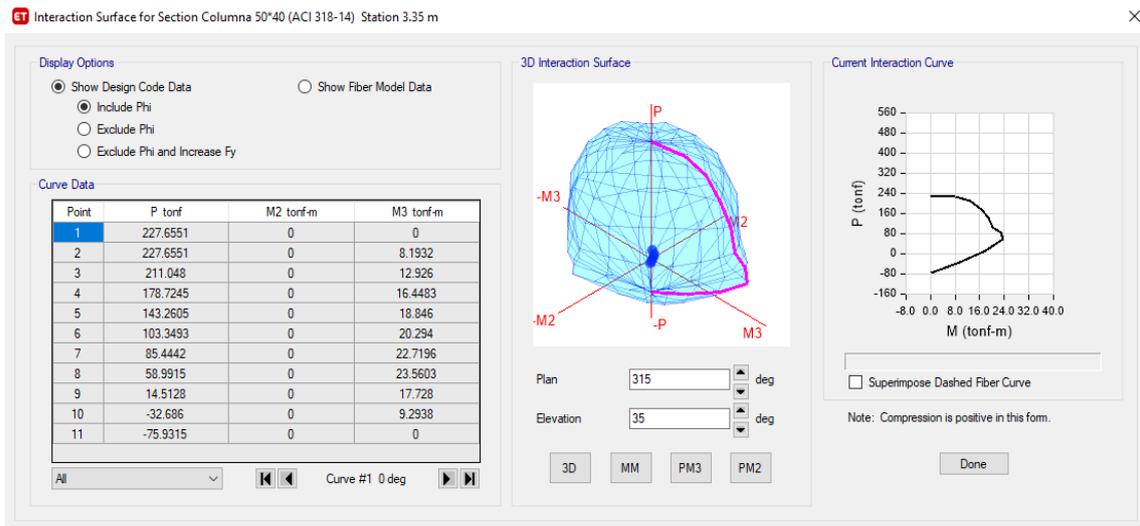


Figura 56.- Diagrama de Interacción en columna - HDR. Fuente: Propia.

### 3.3.9. Desplazamiento con Aisladores TPF

Tabla 13.- Deformación en dirección X - TPF

PISO	DIAFRAGMA	UX (M)
Piso 5	D5	0.017875
Piso 4	D4	0.014278
Piso 3	D3	0.00956
Piso 2	D2	0.008359
Piso 1	D1	0.007777

Fuente: Propio.

Tabla 14.- Deformación en dirección Y - TPF

PISO	DIAFRAGMA	UY (M)
Piso 5	D5	0.002631
Piso 4	D4	0.002924
Piso 3	D3	0.002274
Piso 2	D2	0.002063
Piso 1	D1	0.001911

Fuente: Propio.

### 3.3.10. Derivas con Aisladores TPF

Tabla 15.- Derivas máximas en dirección X - TPF

LOAD			
PISO	CASE/COMBO	ITEM	MAX DRIFT X
Piso 5	SISMO EN X	Max Drift X	0.000900
Piso 4	SISMO EN X	Max Drift X	0.001180
Piso 3	SISMO EN X	Max Drift X	0.001126
Piso 2	SISMO EN X	Max Drift X	0.000778
Piso 1	SISMO EN X	Max Drift X	0.001449

Fuente: Propio.

Tabla 16.- Derivas en dirección Y - TPF

LOAD			
PISO	CASE/COMBO	ITEM	MAX DRIFT Y
Piso 5	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000155
Piso 4	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000167
Piso 3	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000202
Piso 2	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000187
Piso 1	SISMO EN Y	Max Drift Y	0.000730

Fuente: Propio.

### 3.3.11. Fuerza con Aisladores TPF

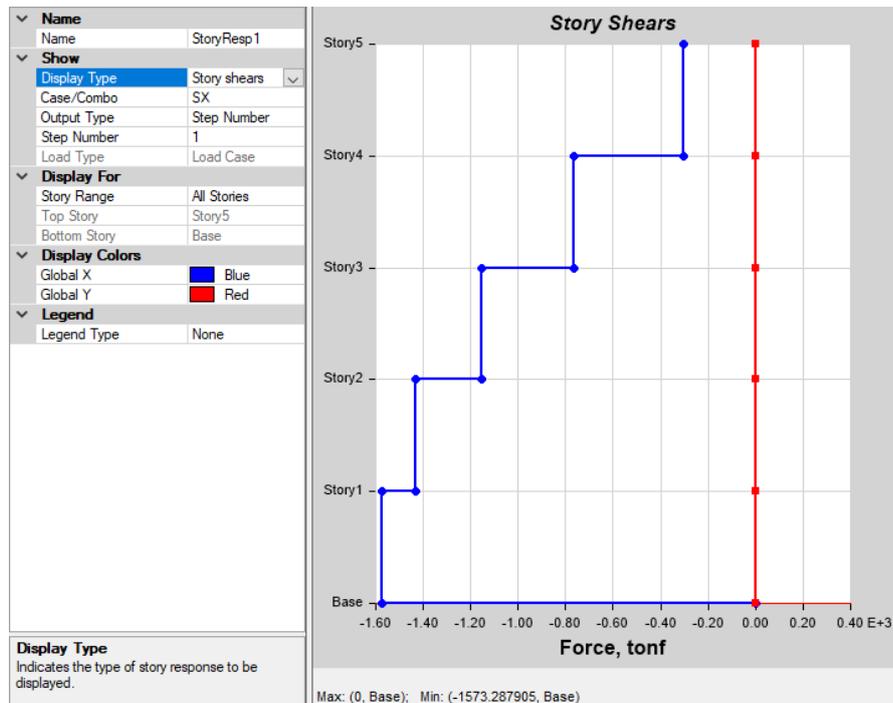
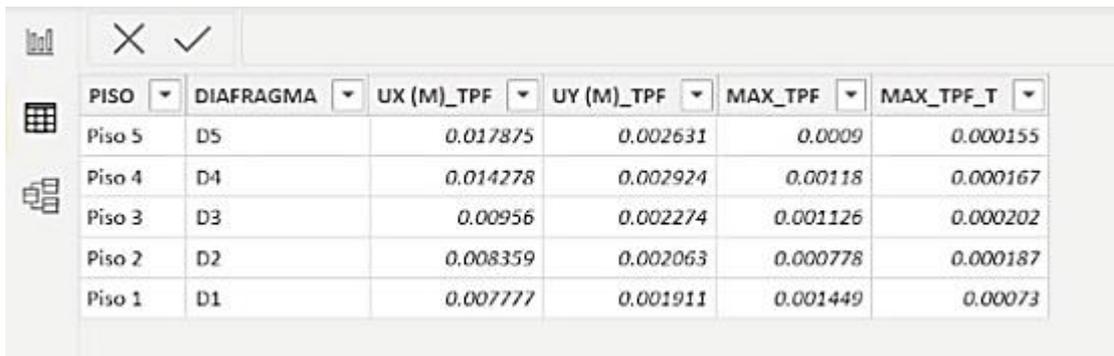


Figura 57.- Fuerza de análisis en el sentido XX y YY - TPF. Fuente: Propia.

### 3.4. Del objetivo específico N° 5

#### Modulación – Power BI

Se genera una base de datos de los resultados obtenidos en el modelamiento de la estructura del Hospital Vitarte.



PISO	DIAFRAGMA	UX (M)_TPF	UY (M)_TPF	MAX_TPF	MAX_TPF_T
Piso 5	D5	0.017875	0.002631	0.0009	0.000155
Piso 4	D4	0.014278	0.002924	0.00118	0.000167
Piso 3	D3	0.00956	0.002274	0.00126	0.000202
Piso 2	D2	0.008359	0.002063	0.000778	0.000187
Piso 1	D1	0.007777	0.001911	0.001449	0.00073

Figura 58.- Base de datos - Power BI. Fuente: Propia.

AISLADORES (DERIVAS EN EL EJE X)					
	piso 1	piso 2	piso 3	piso 4	piso 5
HDR	0.00099495	0.00198572	0.00309057	0.00414907	0.005181
TPF	0.007777	0.008359	0.00956	0.014278	0.017875

\*El aislador HDR presenta una mejor respuesta

AISLADORES (DERIVAS EN EL EJE Y)					
	piso 1	piso 2	piso 3	piso 4	piso 5
HDR	0.0001158	0.00018753	0.00026668	0.00035493	0.00043944
TPF	0.001911	0.002063	0.002274	0.002924	0.002631

\*El aislador HDR presenta una mejor respuesta

AISLADORES (DEFORMACIONES EN EL EJE X)					
	piso 1	piso 2	piso 3	piso 4	piso 5
HDR	0.000995	0.001986	0.003091	0.004149	0.005181
TPF	0.001449	0.000778	0.001126	0.00118	0.0009

\*El aislador TPF presenta una mejor respuesta

AISLADORES (DEFORMACIONES EN EL EJE Y)					
	piso 1	piso 2	piso 3	piso 4	piso 5
HDR	0.0001158	0.00018753	0.00026668	0.00035493	0.00043944
TPF	0.00073	0.000187	0.000202	0.000167	0.000155

\*El aislador TPF presenta una mejor respuesta

Figura 59.- Cuadro estadístico de la comparación de los resultados del aislador HDR y TPF. Fuente: Propia.

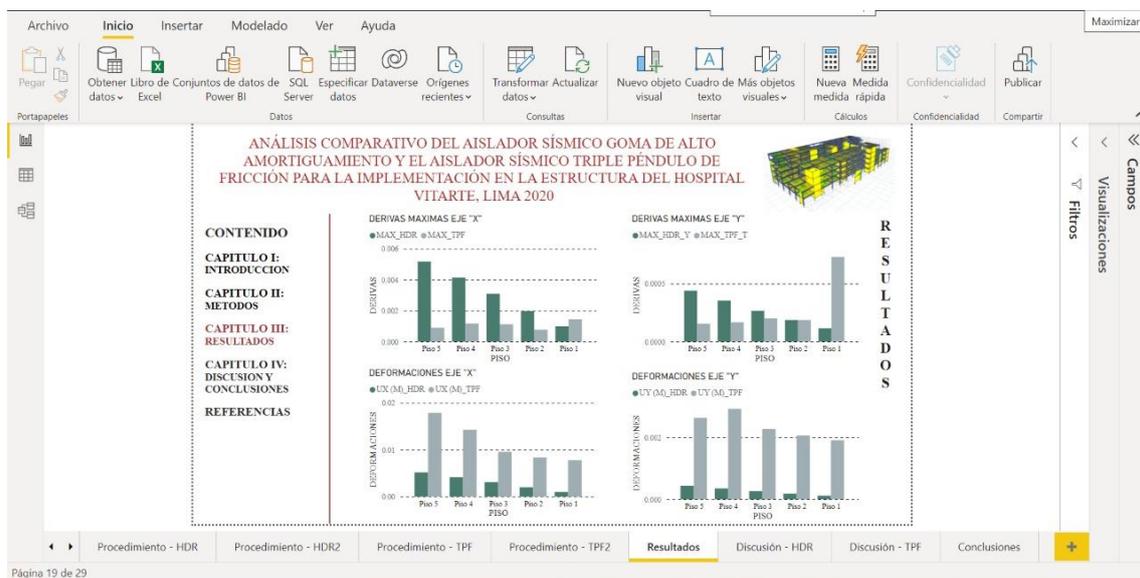


Figura 60.- Resultados obtenidos en el análisis. Fuente: Propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión de resultados:

#### **Del objetivo específico N° 1**

El hospital Vitarte se encuentra en la zona sísmica N°4, con un factor de zona 0.45, lo que según la Norma Técnica de Edificaciones E.030 (2018), este factor brindado a la zona 4 se interpreta como aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Según Huapaya, R. (2017). El 75% de los sismos se generan en las zonas de subducción y son los más devastadores debido a que la litósfera suele ser de mayor espesor en estos lugares, por lo que el área de posible ruptura es mayor que en los otros casos.

#### **Del objetivo específico N° 2**

Se extrajeron registros sísmicos de la página CISMID, de los siguientes departamentos: Ica, Loreto, Ancash, Tacna y Arequipa, por lo cual del análisis en el software Etabs se determinó un terremoto de 8.37 Mw. En la escala de Richter.

Según Castillo y Espinoza (2015). En el año 1746 en la Provincia de Lima se generó un terremoto de 9.0 Mw siendo este el más fuerte ocurrido en la historia de Lima (p.17).

#### **Del objetivo específico N°3 y N° 4**

El análisis de todos los elementos estructurales está respondiendo favorablemente ante la aceleración sísmica aplicada al diseño, no mostrando daños tras la implementación de aisladores. En el caso de columnas se puede analizar en el diagrama de interacción o en la hoja de cálculo, en la cual algunos estudios tales como Quispe (2019), afirma que, al incorporar aisladores sísmicos a la estructura como reforzamiento, esta presenta una mejor respuesta estructural cumpliendo con los requisitos establecidos por la Norma E 0.30. En la tabla 12 y 13 se puede observar que con la implementación del aislador TPF las

deformaciones son menores a las que se generan con la implementación del aislador HDR, por otro lado en la tabla 10 y 11 existe una notoria diferencia de resultados por el que con la utilización del aislador HDR se tiene en el sentido Y un desplazamiento máximo de 0.00043944 mientras que con el aislador TPF se tiene un desplazamiento máximo de 0.002924 y en la tabla 14, 15, 16 y 17 se tienen las derivas tanto en la dirección X, como en la dirección Y, las cuales están dentro de la normativa peruana E 0.30, puesto que los resultados son menores al 1%.

Las fuerzas cortantes que actúan en el diseño con aislador sísmico Triple Péndulo de Fricción no causan daño mayor al 5.42% en toda la estructura, por otro lado, el aislador sísmico Goma de Alto Amortiguamiento presenta un daño menor al 6.45%. Por otro lado, Zanelli & Paredes (2019). Indica que las aceleraciones de piso mayores a 0.30seg. pueden provocar daños moderados en los elementos no estructurales, es por ello que los hospitales se podrían dañar los equipos técnicos y se interrumpiría su funcionamiento.

#### **Del objetivo específico N° 5**

Finalmente, los resultados obtenidos en el análisis de los aisladores goma de alto amortiguamiento y triple péndulo de fricción en la estructura del hospital Vitarte, nos dio como resultado que es el aislador triple péndulo de fricción tiene un mejor comportamiento en cuanto a disipar energía se refiere.

Nuestro resultado guarda relación con Durand, N. (2020):

Todos los resultados presentados en los análisis garantizan que el Sistema de Aislación Triple Péndulo, es el que mejor influye positivamente en la superestructura, asegurando un mejor comportamiento de la estructura, avalando de este modo una disminución notable de los daños de los elementos estructurales y no estructurales (p.137).

#### 4.2. Conclusiones:

- El Hospital Vitarte pertenece al grupo de edificaciones esenciales (A), por lo cual el establecimiento debe garantizar y salvaguardar la vida de las personas, debido a que se encuentra ubicado según la NTP E.030 en la zona sísmica 4.
- La magnitud del terremoto generado mediante el software Etabs es de 8.37 grados en la escala de Richter.
- Los elementos estructurales no presentan falla debido a que los aisladores sísmicos disipan gran parte de la energía generada por el espectro en el terreno.
- Los resultados de la edificación con el aislador sísmico Goma de Alto Amortiguamiento tiene una deformación máxima en el sentido X de 0.00518072 m y en el sentido Y 0.00043944 m, con una deriva en la dirección X de 0.005181 y en la dirección Y de 0.000439.
- Los resultados de la edificación con el aislador sísmico Triple Péndulo de Fricción tiene una deformación máxima en el sentido X de 0.017875 m y en el sentido Y 0.002924 m, con una deriva en la dirección X de 0.001449 y en la dirección Y de 0.000730.
- La implementación del aislador sísmico Triple Péndulo de Fricción en el Hospital Vitarte, tiene un mejor comportamiento sísmico ante la capacidad del espectro que se ha ingresado al software.

## REFERENCIAS

Aguiar, R.; Mora, D.; Muñoz, D.; Serrano, S.; Vera, D. & Páez D. Análisis sísmico de gradas con tres modelos mediante los métodos: espectral y del espectro de capacidad, que sirven de acceso a una estructura con aisladores sísmicos. *SciELO*, 32, 3, pp.2. That is already a [cutt.ly](https://cutt.ly/link) link.

Aragon, J. (2018). *Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú). <https://n9.cl/iidu>

Arana, C. (2019). *Comparación del comportamiento estructural de un edificio de concreto armado usando la normativa peruana, chilena y ecuatoriana*. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú). <https://cutt.ly/1aP1vEV>

Cáceres, Y. & Aquino, C. (2017). *Aislamiento sísmico de un hospital de 4 pisos en la región de Arequipa*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú). <https://cutt.ly/zyMV8f3>

Corzo K. (2014). *Diseño de un modelo estructural con el programa Etabs*. (Tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala; Guatemala)

Giordani, C. & Leone, D. (s.f). *Estructura*. Argentina: U. Tecnológica Nacional. <https://n9.cl/sfos>

Maquera, J. (2019). *Evaluación del comportamiento sísmico del Hospital Hipólito Unanue usando estructura de base fija y aisladores LRB y TPF*. (Tesis de licenciatura, Universidad, Peruana Unión, Lima, Perú). <https://cutt.ly/6yMByYC>

Melendez, E & Gutierrez, M. (2019). *Diseño y proceso constructivo de instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, en los bloques a y b del nuevo hospital Hipólito unanue de Tacna*. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú). <https://cutt.ly/byjnG4c>

Mestanza, J. (2015). *Análisis de una edificación mediante un sistema propuesto de aislamiento sísmico del tipo Péndulo Friccional*. (Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma, Perú). <https://n9.cl/jarsu>

Norma E.030. Norma Técnica de Edificaciones. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018).

Norma N°113. Norma Técnica de Salud. Ministerios de Salud. (2015).

Pino, M. & Tarque, P. (2018). *Factibilidad técnica y económica de utilizar aislamiento sísmico en hospitales peruanos existente*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú).

Quenta, A. (2017). *Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del hospital Lucio Aldazabal Paucar de la ciudad de Huancané - Puno - 2015*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú).

Rosario, M. (2018). *Desempeño sísmico de aisladores: Estudio de un hospital de concreto armado*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú). <https://cutt.ly/SyMVBVT>

Ruiz, P. (2017). *Análisis y diseño de edificio con aisladores sísmicos de péndulo friccional doble y triple*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú). <https://cutt.ly/YyMV6Rn>

Tocto, S. (2018). *Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo*. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte, La libertad, Perú). <https://cutt.ly/OyjnD1d>

Trujillo, E. (2017). *Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú).

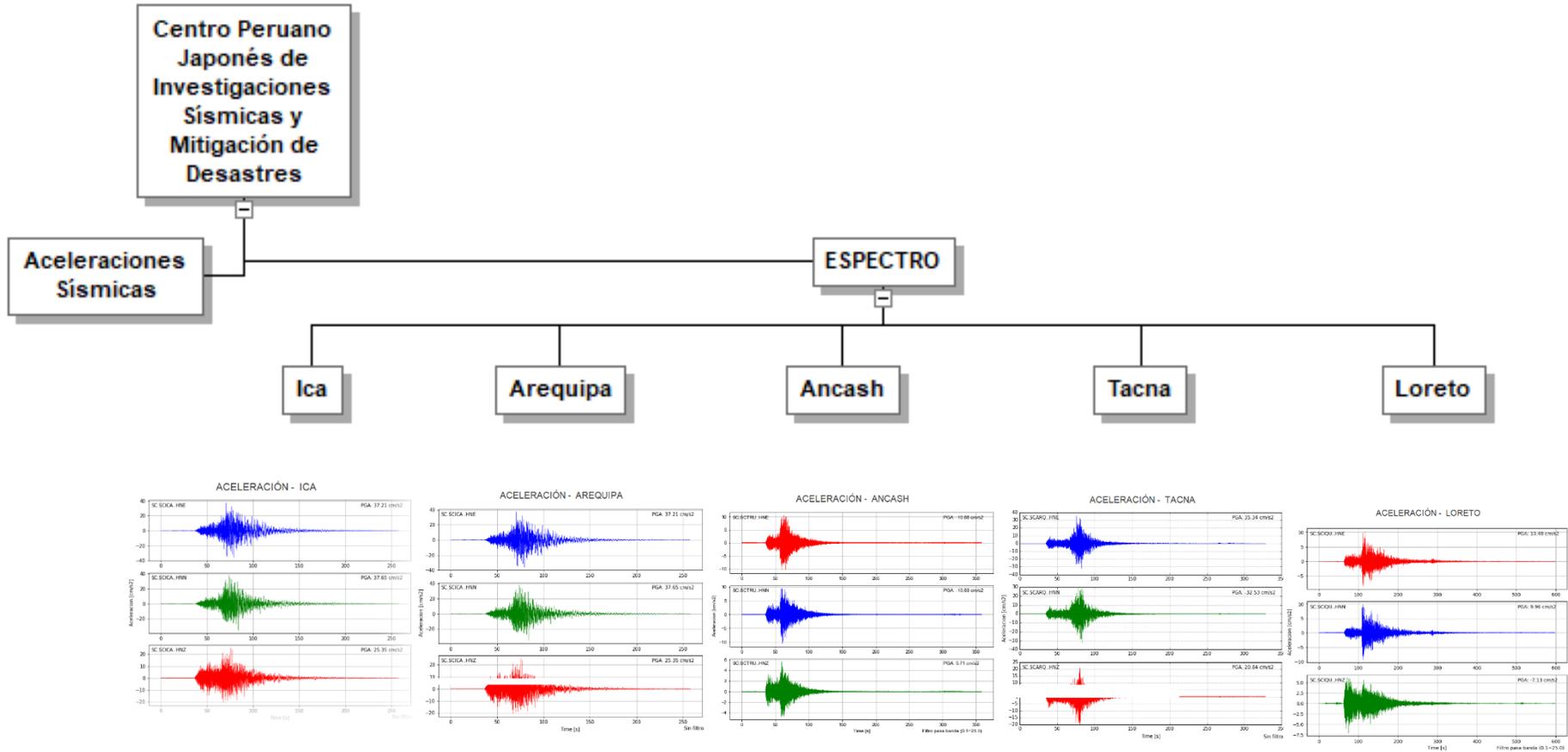
Valerio, J. (2015). *Análisis comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos*. (Tesis de maestría, Escola de camins, Barcelona).

## ANEXOS

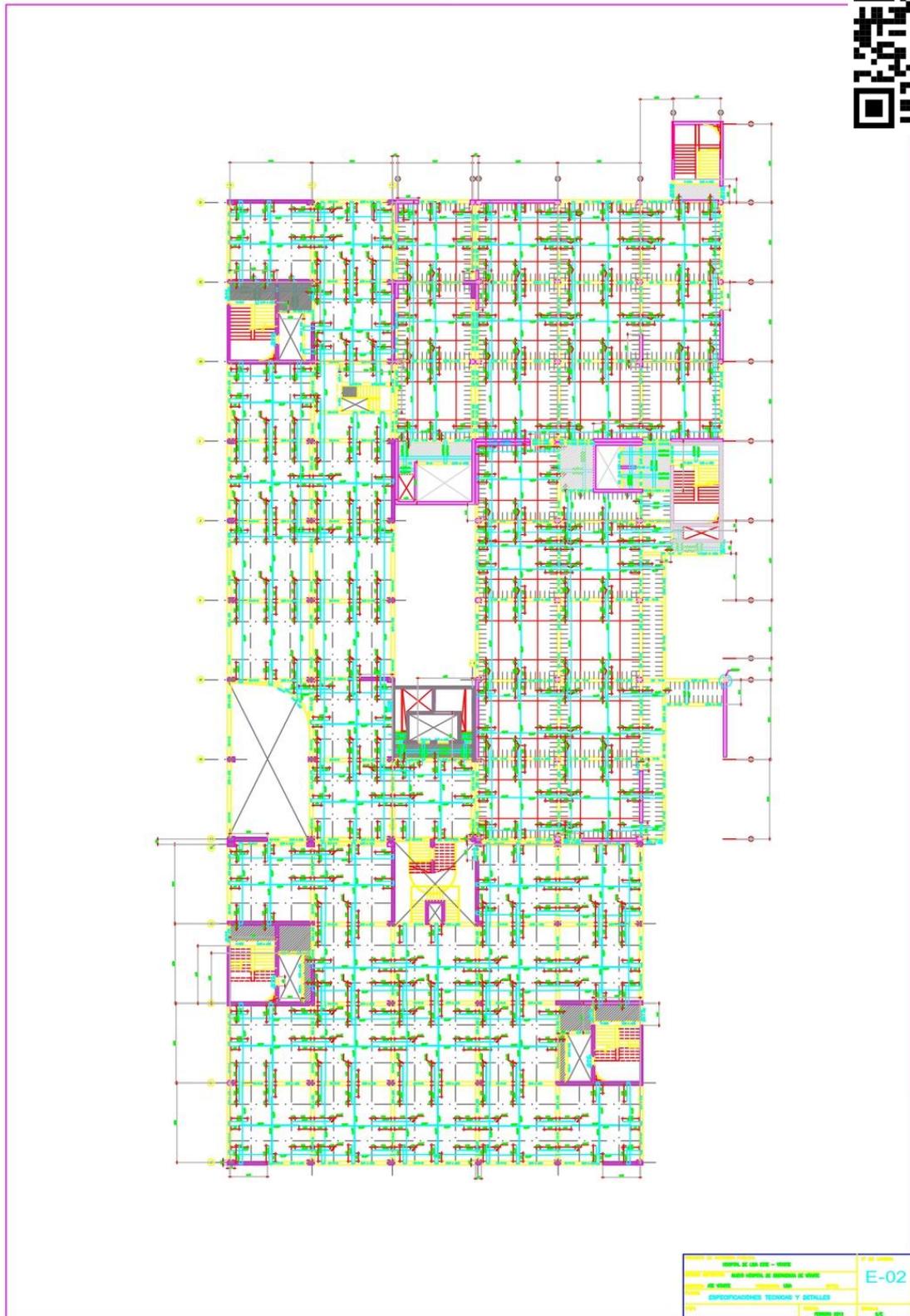
### ANEXO N°1 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
<b>Independiente:</b>	Propiedades Físicas	Resistencia a la fuerza cortante	Nominal
Aislador sísmico Goma de Alto Amortiguamiento y Aislador sísmico Triple Péndulo de Fricción	Propiedades Mecánicas	Elasticidad, elongación y tensión.	Nominal
	Desplazamiento máx.	Sobrecarga de la edificación	Nominal
	Fuerza cortante en la base	Dimensión de la estructura	Nominal
<b>Dependiente:</b>		Esfuerzo admisible del suelo	Nominal
Estructura del Hospital Vitarte	Desplazamiento vertical de la estructura	Módulo de elasticidad	Nominal
		Sobre carga de la edificación	Nominal
		Altura de piso a techo	Nominal
		Dimensión de la estructura	Nominal

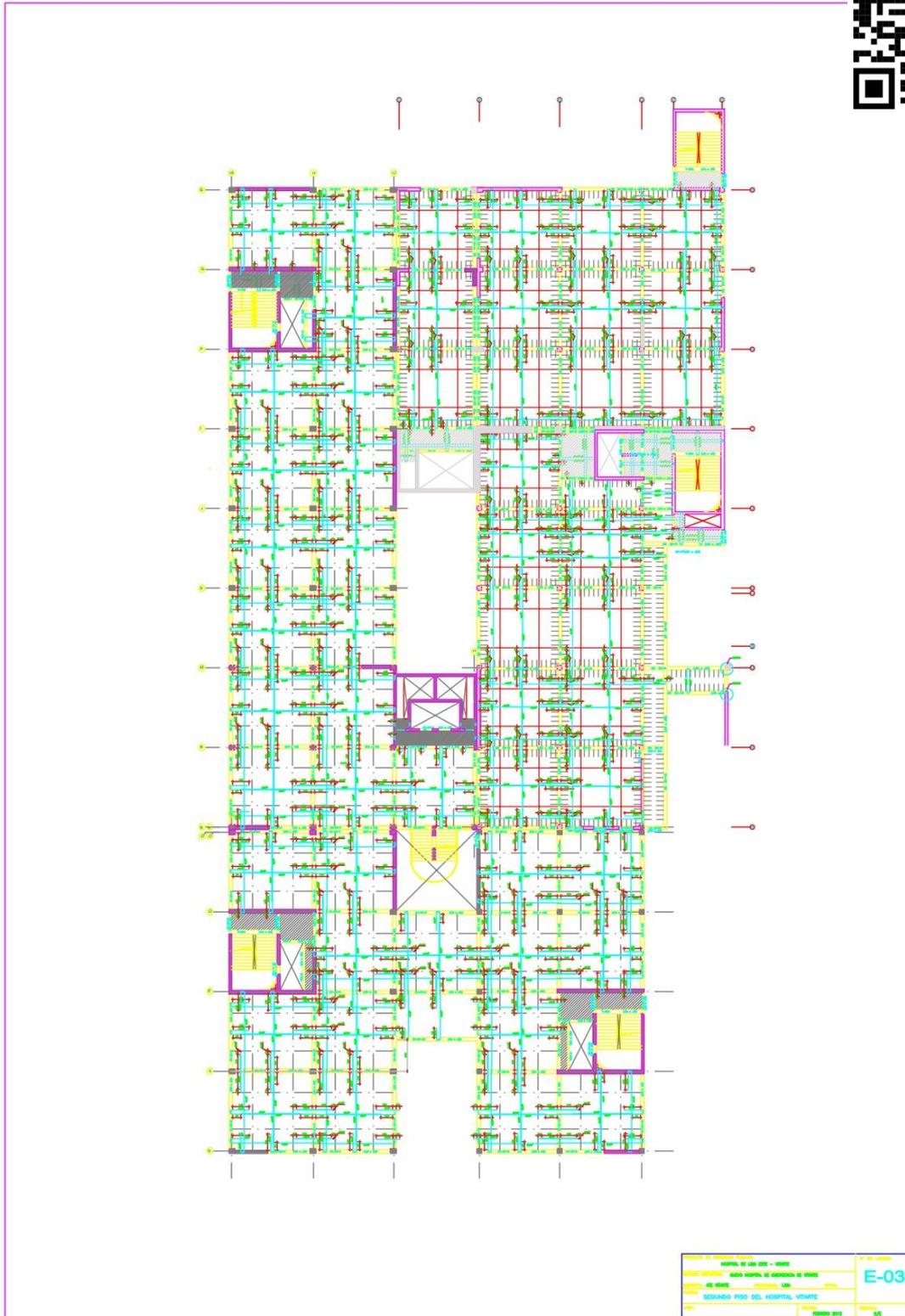
## ANEXO N°2 REGISTROS SÍSMICOS



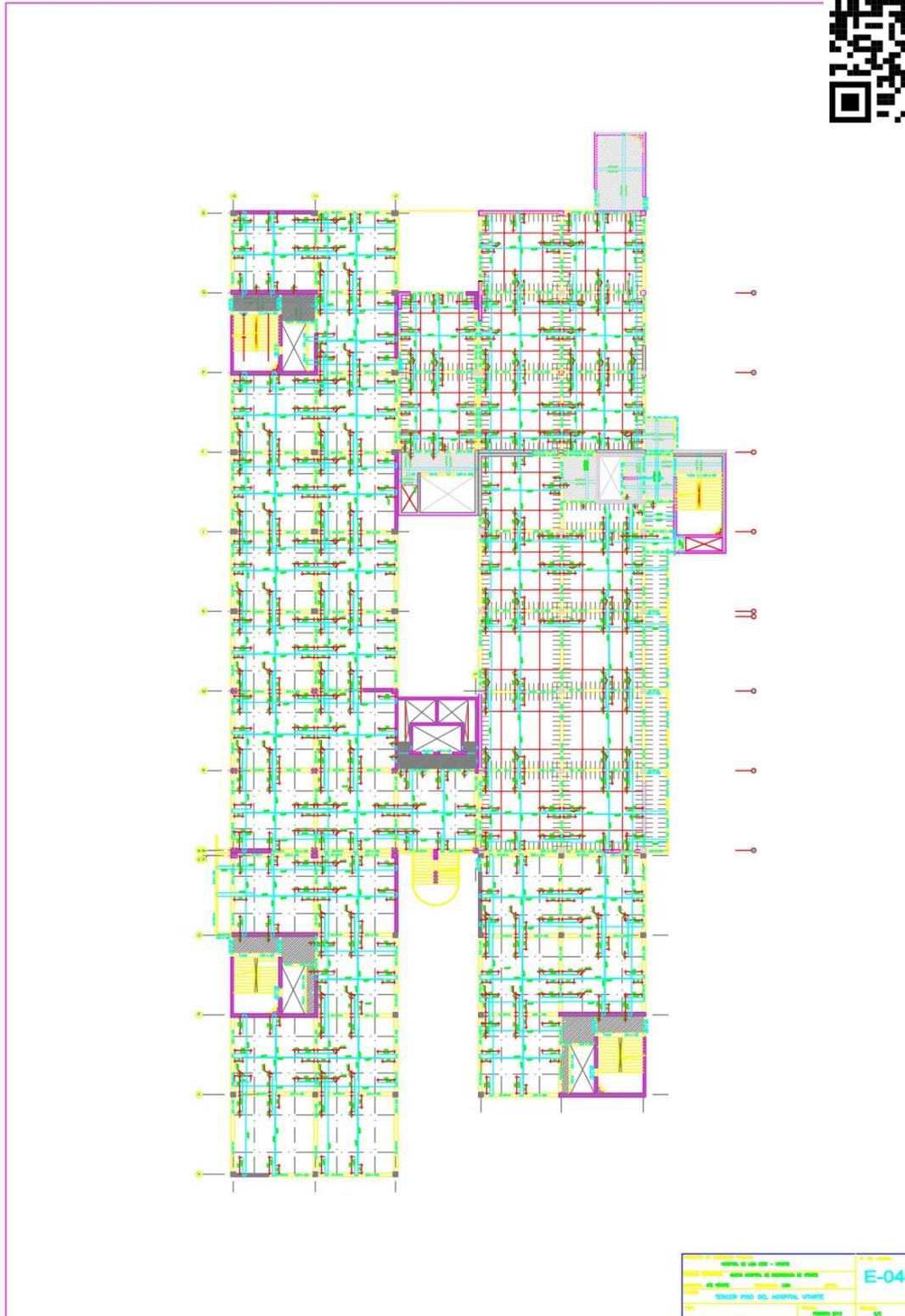
### ANEXO N°3 PLANO DE ESTRUCTURAS DEL PRIMER PISO – HOSPITAL VITARTE



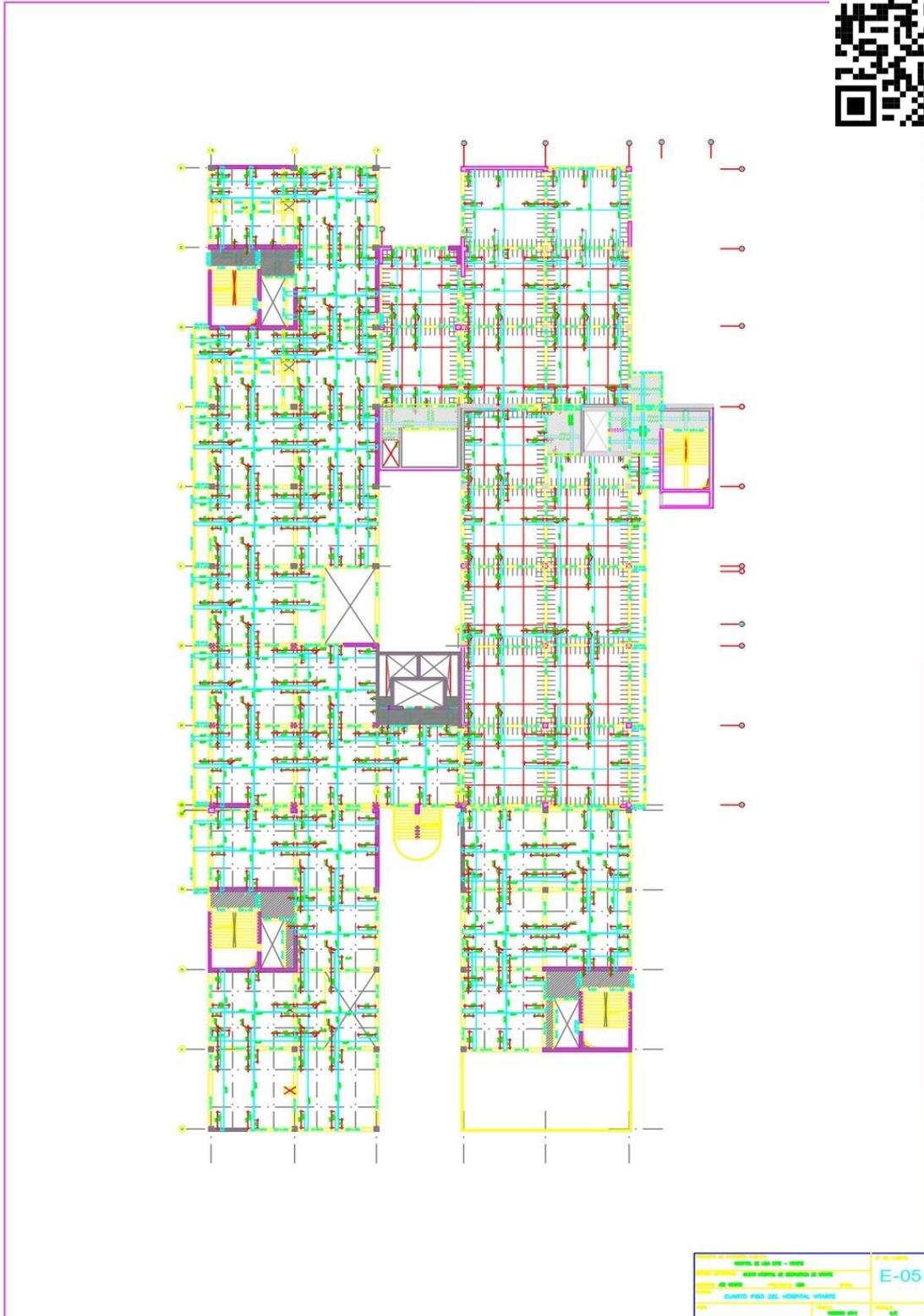
ANEXO N°4 PLANO DE ESTRUCTURAS DEL SEGUNDO PISO – HOSPITAL  
VITARTE



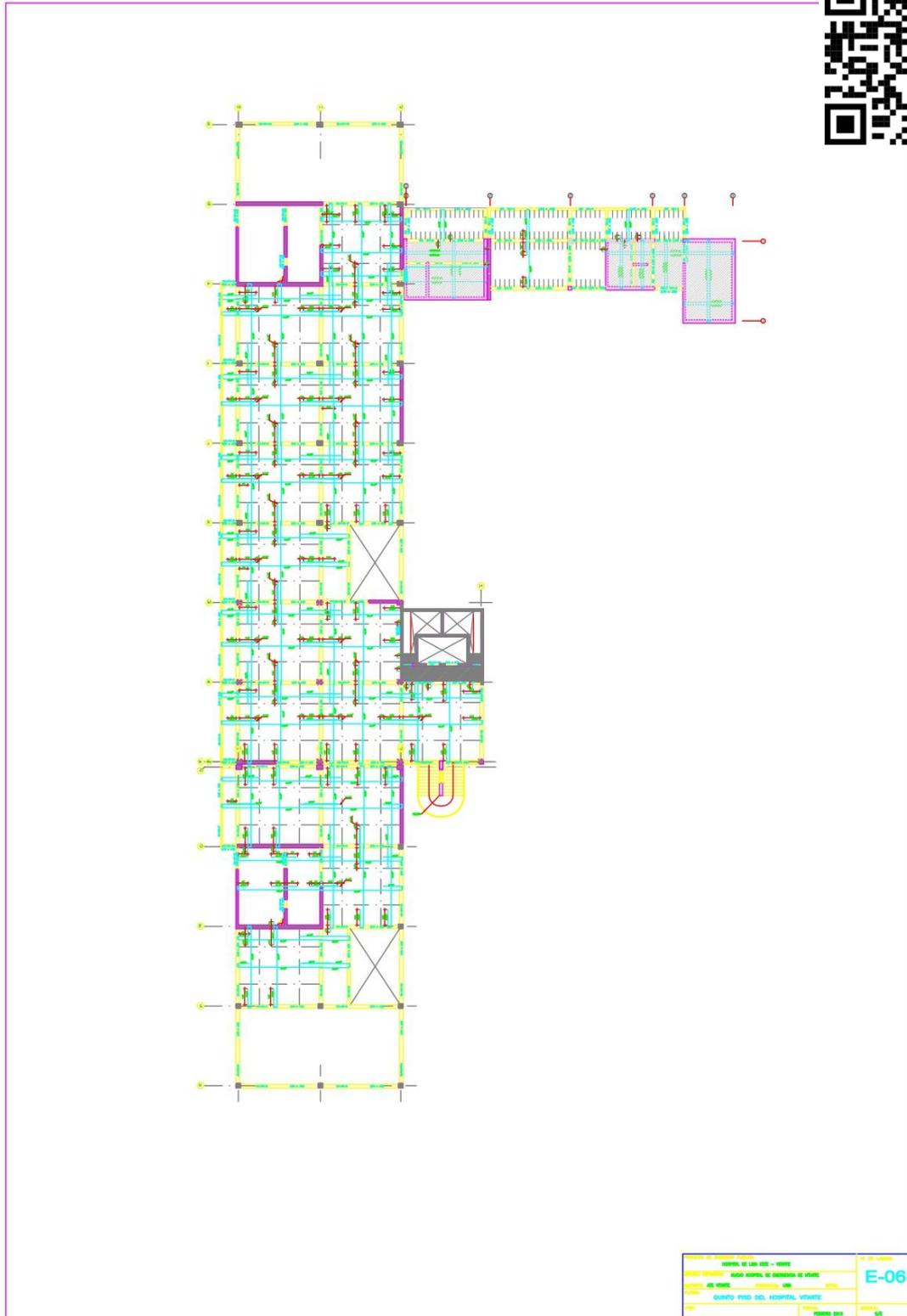
## ANEXO N°5 PLANO DE ESTRUCTURAS DEL TERCER PISO – HOSPITAL VITARTE



ANEXO N°6 PLANO DE ESTRUCTURAS DEL CUARTO PISO – HOSPITAL VITARTE



## ANEXO N°7 PLANO DE ESTRUCTURAS DEL QUINTO PISO – HOSPITAL VITARTE





## ANEXO N°9 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO TRIPLE PENDULO DE FRICCIÓN 1/4



Protección sísmica

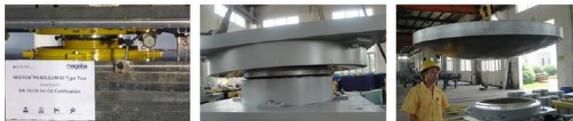
Infraestructura | Edificaciones | Estructuras industriales

### Protección antisísmica mageba – preservación fiable de estructuras



### Aislador deslizante RESTON®PENDULUM

versátil, innovador, seguro



**mageba**

## ANEXO N°9 FICHA TECNICA – AISLADOR SÍSMICO TRIPLE PÉNDULO DE FRICCIÓN 2/4



Protección sísmica

# Tipos y características principales

### Principio

El aislador de magueba RESTON®PENDULUM se basa en el principio del péndulo. Este dispositivo permite los desplazamientos horizontales de la estructura, proporcionando el cambio necesario en el periodo natural de la misma. Al activarse debido a un terremoto, el aislador permite la disociación de la estructura soportada de los movimientos del terreno. Tras el evento sísmico, la fuerza gravitatoria restaura la posición inicial del dispositivo. El comportamiento del apoyo depende principalmente de su radio de curvatura y coeficiente de fricción.

### Propiedades

Los aisladores RESTON®PENDULUM cumplen las siguientes funciones:

- En condiciones de servicio, los dispositivos transmiten cargas verticales y permiten desplazamientos horizontales.
- En caso de sismo, brindan flexibilidad lateral debido al deslizamiento sobre la superficie curva.
- Se produce disipación de energía debido a la fricción dinámica entre la superficie deslizante y el material deslizante de alto rendimiento ROBO®SLIDE.
- Finalmente, la función de re-centrado se consigue combinando la gravedad y las características geométricas del aislador.

### Aislamiento sísmico

El aislamiento sísmico desacopla la estructura de los movimientos del terreno inducidos por terremotos que podrían causar daños a la estructura. Esto se consigue mediante el uso de dispositivos antisísmicos llamados aisladores, que se colocan de manera estratégica en la estructura permitiendo que actúen adecuadamente durante un terremoto.

Los aisladores sísmicos, tales como los RESTON®PENDULUM, proporcionan la suficiente flexibilidad a la estructura para garantizar que su periodo natural difiera del periodo natural del terremoto en la mayor medida posible. Esto evita la aparición de resonancia, que podría conducir a daños severos o incluso al colapso de la estructura.

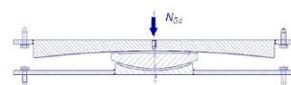
### Tipos

#### RESTON®PENDULUM Mono (PM)

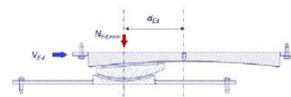
Los aisladores deslizantes de magueba RESTON®PENDULUM Mono consisten en tres elementos básicos: una superficie curva principal, cuyo radio de curvatura determina el periodo de oscilación del dispositivo, un elemento de acero equipado con ROBO®SLIDE que se desliza sobre la superficie primaria, y una superficie curva secundaria de acero diseñada especialmente para permitir las rotaciones. El tamaño de la superficie curva principal depende de los requerimientos sobre el desplazamiento máximo de diseño.



1 a) Condición de servicio



1 b) Condición sísmica



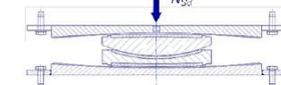
#### RESTON®PENDULUM Duplo (PD)

Los aisladores deslizantes de magueba RESTON®PENDULUM Duplo incluyen dos superficies curvas principales. Esto permite mayores desplazamientos horizontales con menores dimensiones del aislador. Los dispositivos Duplo disponen de un elemento deslizante equipado con una articulación que permite al aislador acomodar giros. Esta característica resulta esencial, especialmente en el caso de puentes, donde se requieren grandes desplazamientos y capacidad rotacional importante.

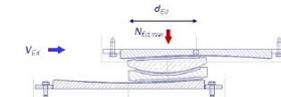
Los planos mostrados a continuación comparan las medidas de los deslizadores RESTON®PENDULUM Mono y Duplo. Los requerimientos dinámicos de ambos tipos son idénticos.



2 a) Condición de servicio



2 b) Condición sísmica



- 1 Elemento articulado oscilante de RESTON®PENDULUM Mono (PM) provee una gran capacidad de rotación
- 2 RESTON®PENDULUM (Duplo) PD

## ANEXO N°9 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO TRIPLE PENDULO DE FRICCIÓN 3/4



# Propiedades y beneficios

### Materiales

mageba utiliza los siguientes materiales para la producción de los aisladores deslizantes de superficie curva RESTON®PENDULUM:

- Piezas de acero de tipo S355
- Material deslizante ROBO®SLIDE, con y sin relleno de grasa, certificado de acuerdo con la Aprobación Técnica Europea ETA-08/0115
- Lubricante: grasa siliconada certificada
- Superficies de contacto de placas de soporte con cromado duro o de acero inoxidable austenítico pulido (grado 1.4401)

### Dimensiones principales

La siguiente tabla detalla las dimensiones principales de los aisladores deslizantes RESTON®PENDULUM Mono y Duplo, en función de la carga vertical y del máximo desplazamiento de diseño.

### Protección anti-corrosión

mageba aplica sistemas de protección anti-corrosión de acuerdo con la norma EN ISO 12944 y según la ubicación, las condiciones ambientales y el grado de protección requerido.

Bajo petición, mageba puede proporcionar sistemas de protección contra la corrosión de acuerdo a otros estándares.



1 Tratamiento superficial de los dispositivos RESTON®PENDULUM

### Beneficios

- Reducción de demandas en elementos estructurales, posibilitando estructuras más ligeras y económicas
- Aumento significativo de la seguridad sísmica de la estructura y de sus usuarios
- Alta capacidad de carga y geometría compacta
- Capacidad de re-centrado permitiendo a la estructura retornar a su posición inicial tras desplazamientos excesivos
- Simplicidad en el diseño y adaptación a cualquier tipo de estructura
- Aplicable tanto a estructuras nuevas como a existentes
- Larga vida útil debido a los altos estándares de calidad de todos los componentes
- Virtualmente libre de mantenimiento debido a la alta durabilidad de la protección anti-corrosión y el material deslizante
- Tecnología antisísmica probada durante años en estructuras en todo el mundo

PENDULUM PM (Mono)					PENDULUM PD (Duplo)						
Tipo	Carga vertical $N_{sd}$ [kN]	Diámetro de la placa deslizante (mm)				Tipo	Carga vertical $N_{sd}$ [kN]	Diámetro de la placa deslizante (mm)			
		dbd = ±100	dbd = ±200	dbd = ±300	dbd = ±400			dbd = ±100	dbd = ±200	dbd = ±300	dbd = ±400
PM-2	2,000	460	660	860	1,060	PD-2	2,000	317	455	593	731
PM-3	3,000	505	705	905	1,105	PD-3	3,000	348	486	624	762
PM-4	4,000	550	750	950	1,150	PD-4	4,000	379	517	655	793
PM-5	5,000	590	790	990	1,190	PD-5	5,000	407	545	683	821
PM-6	6,000	635	835	1,035	1,235	PD-6	6,000	438	576	714	852
PM-7	7,000	690	890	1,090	1,290	PD-7	7,000	476	614	752	890
PM-8	8,000	735	935	1,135	1,335	PD-8	8,000	507	645	783	921
PM-9	9,000	780	980	1,180	1,380	PD-9	9,000	538	676	814	952
PM-10	10,000	825	1,025	1,225	1,425	PD-10	10,000	569	707	845	983
PM-11	11,000	860	1,060	1,260	1,460	PD-11	11,000	593	731	869	1,007
PM-12	12,000	900	1,100	1,300	1,500	PD-12	12,000	621	759	897	1,034
PM-15	15,000	990	1,190	1,390	1,590	PD-15	15,000	683	821	959	1,097
PM-20	20,000	1,125	1,325	1,525	1,725	PD-20	20,000	776	914	1,052	1,190
PM-25	25,000	1,250	1,450	1,650	1,850	PD-25	25,000	862	1,000	1,138	1,276
PM-30	30,000	1,340	1,540	1,740	1,940	PD-30	30,000	924	1,062	1,200	1,338
PM-35	35,000	1,500	1,700	1,900	2,100	PD-35	35,000	1,034	1,172	1,310	1,448
PM-40	40,000	1,650	1,850	2,050	2,250	PD-40	40,000	1,138	1,276	1,414	1,552
PM-45	45,000	1,760	1,960	2,160	2,360	PD-45	45,000	1,214	1,352	1,490	1,628

dbd: máximo desplazamiento de diseño. Los valores de la tabla superior consideran un radio de curvatura de 3.6m para los aisladores Mono y 7.1m para los Duplo. **Nota importante:** esta tabla debe utilizarse exclusivamente como referencia preliminar para el diseño del aislador. El diseño y los detalles técnicos definitivos se definen una vez se consideran todos los parámetros del proyecto en su fase final, como por ejemplo el período natural y las condiciones sísmicas.

## ANEXO N°9 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO TRIPLE PENDULO DE FRICCIÓN 4/4



Protección sísmica

### Calidad y soporte

#### Calidad

Durante cinco décadas, los productos mageba han demostrado su alta calidad en miles de estructuras, bajo las condiciones más exigentes. Además de la eficacia y características del producto, la amplia experiencia del personal calificado de mageba en la fabricación e instalación contribuye también en gran medida a la calidad y durabilidad de sus productos.

mageba dispone de un sistema de calidad certificado según la norma ISO 9001:2008. Los talleres de mageba están certificados para la soldadura de acuerdo con la norma ISO 3834-2 y con el estándar actual de construcción con acero EN 1090.

#### Certificación CE

Los dispositivos RESTON®PENDULUM están diseñados y fabricados de acuerdo con la normativa europea EN 15129:2009 y EN 1337. Los aisladores cuentan con la certificación CE, lo que confirma que cumplen todos los requisitos de esta norma, sin excepción. Todos los ensayos necesarios para la certificación de los dispositivos RESTON®PENDULUM se llevaron a cabo en laboratorios de pruebas independientes y bajo la supervisión de un organismo de certificación.

#### Ensayos

Si es requerido por el cliente, mageba puede realizar ensayos de control de producción a escala real. mageba realiza dichos ensayos tanto en sus instalaciones como con institutos de control independientes. Comúnmente los ensayos realizados se basan en la norma europea EN 15129:2009 o en la “Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico” de la norma AASHTO. A petición, también pueden realizarse ensayos personalizados basados en otros códigos.

#### Combinación

Cuando sea requerido por las especificaciones del proyecto, los aisladores RESTON®PENDULUM pueden combinarse con otros dispositivos antisísmicos de mageba tales como los amortiguadores RESTON®SA, los transmisores de choque RESTON®STU o los amortiguadores de resorte pretensado RESTON®PSD.

mageba proporciona la consultoría necesaria para el aislamiento sísmico y la solución de amortiguación más eficaz y apropiada.

#### Instalación

mageba ofrece supervisión de la instalación de sus productos en todo el mundo. La supervisión es muy recomendable para garantizar una correcta instalación de los dispositivos y beneficiarse así de la total garantía de mageba.

Para evitar daños, el transporte y la instalación de los dispositivos requieren una manipulación cuidadosa de los mismos.

#### Inspección y mantenimiento

Gracias al uso de componentes de alta calidad, la aplicación de métodos avanzados de diseño y al control sistemático de la calidad interna, los dispositivos de protección antisísmica de mageba no requieren mantenimiento.

Sin embargo, mageba recomienda una inspección visual de las unidades cada 3-5 años o después de cada evento sísmico de importancia. Bajo petición, dichas inspecciones pueden realizarse por especialistas de mageba, informando de los resultados en una memoria detallada.

En el momento de la entrega de las unidades, mageba proporciona a sus clientes manuales de instalación y mantenimiento, permitiendo una inspección regular y apropiada por parte del personal de operación y mantenimiento.

#### Atención al cliente

Nuestros especialistas estarán encantados de asesorarle en la selección de la solución óptima para su proyecto y de ofrecerle un presupuesto.

Para mayor información sobre nuestros productos diríjase a nuestra página web, [mageba-group.com](http://mageba-group.com), donde también encontrará listas de referencia y documentos de licitación.

#### Proyectos de referencia para dispositivos antisísmicos de mageba



Puente Awaza (TM)



Flendruz (CH)



Langenargen (DE)



Puente Ramstore (KZ)



Puente Agin (TR)



Puente Vasco da Gama (PT)

#### Protección antisísmica mageba



RESTON®SA & STU



RESTON®PSD



RESTON®PENDULUM



LASTO®LRB & HDRB

**mageba**  
mageba-group.com

engineering connections®

2021.03 LATAM-ES ©mageba

mageba Latinoamérica (Sede) - Prol. Correidora Nte. No. 1116 9PH - Col. Arboledas, C.P. 76140 - Querétaro - México - T +52 (442) 388 6600 - info.latam@mageba-group.com  
mageba Latinoamérica (Oficina de Ventas) - Cra 43A 185ur-135 - Oficina 815 - 050022 Medellín - Colombia - T +57 314 470 25 43 - info.latam@mageba-group.com

ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 1/24

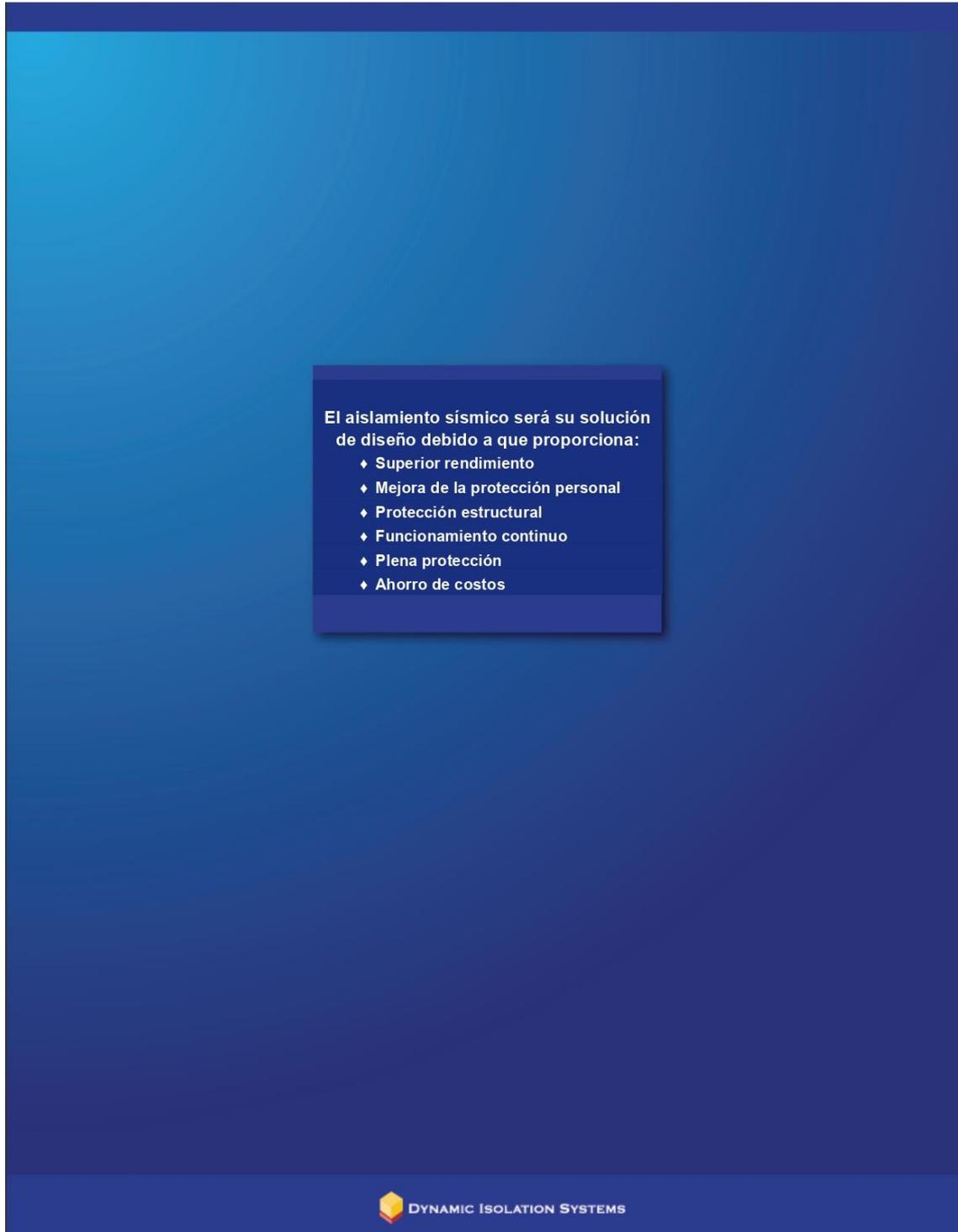


## Aislamiento Sísmico Para edificaciones y Puentes

La mejor tecnología de protección  
antisísmica en el mundo



## ANEXO N°10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 2/24



**El aislamiento sísmico será su solución de diseño debido a que proporciona:**

- ♦ Superior rendimiento
- ♦ Mejora de la protección personal
- ♦ Protección estructural
- ♦ Funcionamiento continuo
- ♦ Plena protección
- ♦ Ahorro de costos

 DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 3/24

### Contenido

#### SECCIÓN 1: Aislamiento Sísmico

Aislamiento sísmico	2
Dynamis Isolation Systems	4
Aislador sísmico	5
Aislador deslizante	6
Productos adicionales	6
Aislamiento de pisos	7

#### SECCIÓN 2: Portafolio DIS

Proyectos notables	8
Reacondicionamiento de edificios históricos	9
Hospitales	9
Reacondicionamiento de puentes	10
Puentes nuevos	11
Aplicaciones especiales	11
Edificios con contenido de alto valor	12
Centros de Emergencia	12
Proyectos en Japón	13
Museos	13
Condominios	13

#### SECCIÓN 3: Ingeniería

Propiedades técnicas del aislador	14
Diseño y Modelado	16
Términos y Simbología	16
Pruebas del aislador	17
Preguntas más frecuentes	18

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 4/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

## Sección 1: Aislamiento Sísmico

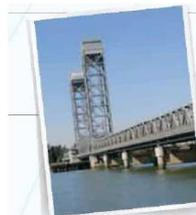
**El aislamiento sísmico es una tecnología que protege la estructura contra los efectos destructivos de un terremoto, desacoplando la estructura del suelo y proporcionando una amortiguación.**

Este desacoplamiento permite que el edificio se comporte con mayor flexibilidad, lo cual mejora su respuesta ante terremoto. La amortiguación añadida permite que la energía del terremoto sea absorbida por el sistema de aislamiento, reduciendo la energía transferida a la estructura.



**Izquierda:** Edificio del Capitolio del Estado de Utah, Salt Lake City. **Arriba:** Puente Golden Gate, San Francisco, California.

El aislamiento sísmico se consigue físicamente mediante la colocación de la estructura sobre los aislantes. Los aisladores son elementos lateralmente flexibles, sin embargo, son capaces de soportar las cargas verticales de la estructura. Dado que los aisladores son más flexibles que la estructura, la mayor parte de los movimientos laterales se producen en los aisladores. Como resultado, la estructura aislada experimenta menos movimiento y una reducción de esfuerzos.



**DEBIDO A LOS MENORES MOVIMIENTOS Y BAJOS ESFUERZOS EN LA SUPERESTRUCTURA, LAS VIDAS ESTÁN PROTEGIDAS, LOS CONTENIDOS SON PRESERVADOS y LAS EDIFICACIONES PERMANECEN OPERATIVAS.**

El **Diseño contra terremoto** tiene un 10% de probabilidad de ocurrencia durante el tiempo de vida útil de la estructura. Medirá de 6.0 a 8.0 de la escala Richter.

### ¿Qué tipos de estructuras son factibles de aislar?

- ◆ Los hospitales, puentes y centros de emergencia que requieren su funcionamiento durante e inmediatamente después de un terremoto.
- ◆ Estructuras con contenidos valiosos o funcionales, tales como centros de datos, instalaciones de comunicaciones, locales de fabricación de alta tecnología y museos.
- ◆ Los edificios con alta ocupancia, tales como las residencias de baja y mediana altura, y edificios de oficinas.
- ◆ Estructuras declaradas como históricas.



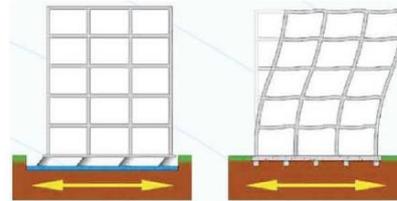
## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SÍSMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 5/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

## Aislamiento Sísmico

### ¿Qué actuación se puede esperar del aislamiento?

El aislamiento sísmico proporciona un superior rendimiento en comparación con el tradicional diseño estructural. Los esfuerzos y desplazamientos en la estructura se reducen hasta en un 75%. El sistema de aislamiento logra deformarse lateralmente durante el terremoto. Después del terremoto, el resultado es una estructura funcional con poco o ningún daño.



**Estructura aislada sísmicamente:** Modelo de deformación de una estructura aislada durante un terremoto. El movimiento tiene lugar al nivel de los aisladores. Las aceleraciones de suelo son bajas. El edificio, sus ocupantes y los contenidos están seguros.

**Estructura convencional:** Modelo de deformación de una estructura convencional durante un terremoto. Las aceleraciones del terreno se amplifican en los pisos más elevados y los contenidos están dañados.



### ¿Qué actuación se puede esperar de una estructura convencional?

El tradicional diseño estructural está destinado a prevenir las fallas y pérdidas de vidas. Este enfoque de diseño no tiene en cuenta la ocupación inmediata, el mantenimiento del funcionamiento, ni proporciona una fácil reparación. El diseño tradicional se basa en los daños a la estructura, tales como la flexión y la deformación plástica para disipar la energía de un terremoto. El diseño dúctil de las partes de flexión ayuda a evitar el colapso de la estructura. Inherente a este diseño, está la posibilidad de un daño significativo a la estructura, contenido y una inoperable estructura inservible luego de un terremoto.

**Las estructuras aisladas han demostrado un historial de excelente rendimiento durante los terremotos.**

### ¿Cómo han actuado los sistemas de aislamiento durante los terremotos?

El Hospital USC fue aislado utilizando los sistemas de aislamiento de aisladores dinámicos. El edificio se mantuvo operativo durante todo el terremoto de Northridge de 1994. No hubo daños en el Hospital USC. En contraste, el Centro Médico del Condado de Los Ángeles ubicado a menos de una milla de distancia, sufrió 400 millones de dólares en daños y no continuó en funcionamiento después del terremoto.

El Stanford Linear Accelerator en Palo Alto, California resultó indemne en el terremoto de Loma Prieta en 1989. En otro lugar del campus, se reportó daños por aproximadamente \$ 160 millones.

El Puente Eel River en el condado de Humboldt, California fue aislado utilizando aisladores DIS en 1988. Se experimentó aceleraciones de 0.55 g en el Terremoto de Petrolia en 1992. El puente se desplazó 9 pulgadas lateralmente y no sufrió daños.



Hospital USC,  
Los Angeles, California.



### ¿Cómo el aislamiento proporciona ahorro de costos?

En los puentes, el diseño de la cimentación se basa en fuerzas elásticas. El aislamiento reduce las fuerzas elásticas hasta en un 75%. Esto se traduce en un ahorro de costos directos en la cimentación. En los edificios, el aislamiento proporciona ahorro de costos durante la vida útil de la estructura. Un edificio aislado permanecerá esencialmente en buen estado durante un terremoto. En comparación, la estructura y el contenido de un edificio convencional resultarán dañados. Los ocupantes también experimentarán interrupción de sus negocios, a veces durante semanas o incluso meses.

www.dis-inc.com

5

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 6/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Dynamic Isolation Systems

Dynamic Isolation Systems desempeñó un papel importante en el desarrollo de la tecnología de aislamiento sísmico, incluida su comercialización en la década de 1980.

DIS ha ayudado a desarrollar la normativa y apoyó en el diseño y análisis a los ingenieros y organismos gubernamentales. Durante los últimos 20 años, los diseños contra terremotos se han incrementado considerablemente. DIS ha seguido desarrollando sus aisladores para un buen desempeño ante grandes desplazamientos laterales acompañados de elevadas cargas axiales.



#### Proyectos de aislamiento

Dynamic Isolation Systems ha proporcionado más de 12.000 aisladores para más de 250 puentes y edificaciones en todo el mundo. Algunos proyectos destacados de aislamiento a cargo de DIS incluyen el emblemático puente Golden Gate, el City Hall de San Francisco (izquierda) el cual fue dañado en el terremoto de Loma Prieta en 1989 y Tan Tzu Medical Center en Taiwán. Con 1.7 millones de pies cuadrados, es la mayor estructura aislada del mundo.

#### Soporte a los proyectos

Dynamic Isolation Systems puede ayudarle con su estudio de viabilidad, la elaboración del presupuesto y la ingeniería de valor. Hemos sido capaces de reducir los costos del sistema de aislamiento en un 30% en proyectos en los que podemos prestar nuestra experiencia para el diseño del aislador y la combinación de productos. Nuestros ingenieros pueden proporcionar apoyo técnico y los parámetros para el modelado estructural.

#### Capacidades de fabricación

##### ◆ Instalaciones

La planta de fabricación de 60,000 pies cuadrados de Dynamic Isolation Systems está ubicada en Sparks, Nevada, EE.UU. Ubicada cerca de la Interestatal 80, le permite la facilidad del transporte de mercancías en todos los Estados Unidos y en todo el mundo vía el puerto de Oakland en California.



Más de 12,000 aisladores han sido fabricados por DIS.

##### ◆ Capacidades de prensado

Dynamic Isolation Systems moldea en prensas diseñadas y fabricadas a medida, las cuales van desde 200 hasta 4,400 toneladas. En respuesta a la creciente demanda de aisladores de mayor tamaño, DIS ahora cuenta con cuatro prensas de más de 2,000 toneladas de capacidad. Los más grandes aisladores que hemos fabricado son de 60 pulgadas de diámetro y pesan 10 toneladas cada uno.

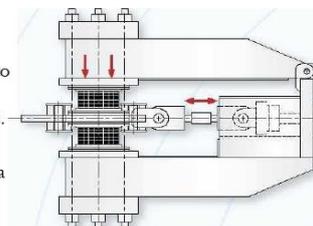
##### ◆ Mecanizado

El procesamiento del acero es una parte importante en la fabricación de nuestros aisladores. Dos grandes centros de procesamiento mecanizado Computer Numeric Controlled (CNC) procesan la mayor parte de nuestras placas de acero, con una capacidad de placas de 80 pulgadas de ancho.

##### ◆ Pruebas

Nuestra plataforma principal prueba tiene un desplazamiento de rotura de  $\pm 31$  pulgadas, una capacidad de corte de 700 toneladas y una capacidad de fuerza axial de 2.000 toneladas.

Las pruebas también se efectúan en una máquina más pequeña que tiene una capacidad de desplazamiento de rotura de  $\pm 12$  pulgadas, una capacidad de fuerza de corte de 100 toneladas y una capacidad de fuerza axial de 600 toneladas.



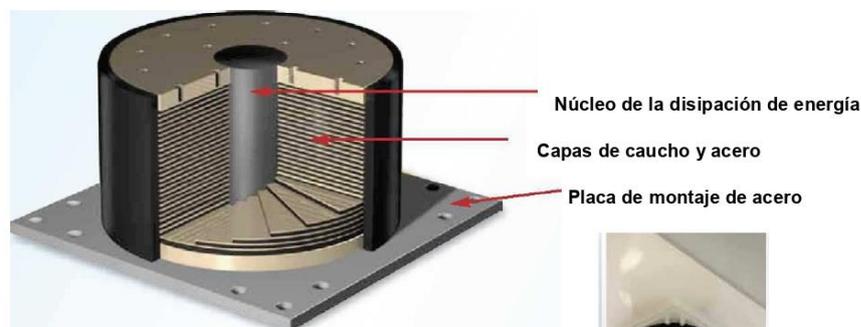
Más de 20,000 pruebas realizadas con el equipo de prueba de 2000 toneladas.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 7/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Aislador sísmico

Los aisladores constan de un soporte de caucho y acero laminado, con placas de acero que se conectan a la estructura. El 90% de nuestros aisladores tienen un núcleo de plomo para disipación de la energía.



Este es un Lead Rubber Bearing (LRB) de DIS. Las capas de caucho vulcanizado están laminadas entre placas de acero para formar un soporte estructural flexible (No se muestra la placa de montaje superior.)



#### Función del aislador

El caucho en el aislador actúa como un resorte. Lateralmente son muy suaves pero muy rígidos verticalmente. La alta rigidez vertical se consigue gracias a las capas delgadas de caucho reforzadas con cuñas de acero. Estas dos características permiten que el aislador se mueva lateralmente con una rigidez relativamente baja, aún llevando una carga axial significativa debido a su elevada rigidez vertical. El núcleo de plomo proporciona la amortiguación deformándose plásticamente cuando el aislador se mueve lateralmente en un terremoto.

#### Rangos de dimensionamiento

Se fabrican aisladores de 12 a 60 pulgadas de diámetro con una capacidad de hasta 4.000 toneladas. Están disponibles medidas específicas del cliente para aplicaciones especiales.

#### Fabricación

Las cuñas para los aisladores se cortan con exigentes tolerancias por láser. Las placas de montaje de acero son mecanizadas por fresadoras controladas por ordenador que dan un alto rendimiento de producción y precisión. El moldeo por cada soporte toma de 8 a 48 horas, dependiendo de su tamaño. La fase de curado se controla continuamente para asegurarse de que el caucho se endurece de manera uniforme en todo el soporte.

**Nuevas construcciones o reacondicionamiento:** Durante más de dos décadas, Dynamic Isolation Systems ha estado ayudando a los arquitectos, ingenieros, empresas e instituciones con la correcta tecnología de protección antisísmica, la cual coincide con las necesidades y requisitos específicos para sus respectivas estructuras.



## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 8/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

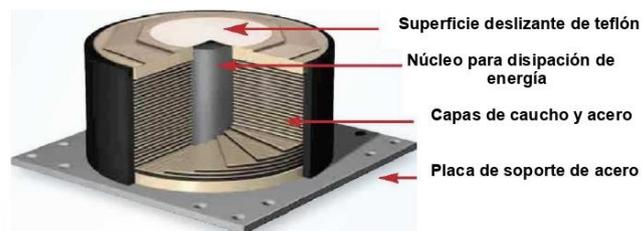
### Aislador deslizante

Un aislador de deslizamiento consiste en un disco de PTFE (Teflón) que se desliza sobre una placa de acero inoxidable. Una corredera puede estar fabricada con o sin un soporte elastomérico. El control deslizante más común tiene la misma construcción que un aislador con disco de teflón sustituido por una placa de brida.

#### Función deslizante

Los deslizadores soportan cargas verticales y tienen una baja resistencia lateral. Se utilizan típicamente junto con los aisladores y permiten que el diseñador optimice el rendimiento del sistema de aislamiento. En algunas aplicaciones se colocan en las partes más ligeras de la estructura, tales como escaleras y columnas de carga ligera. El soporte elastomérico se utiliza para acomodar las rotaciones en la estructura. Un beneficio adicional de los deslizadores es que proporcionan la amortiguación por fricción por deslizamiento.

**Rangos de dimensiones**  
Los aisladores deslizantes son de 12 a 41 pulg de diámetro.  
**Fabricación del deslizador**  
Los deslizadores son fabricados con discos de teflón acoplados con una superficie deslizante de acero inoxidable.



Este deslizador fue diseñado específicamente para el Proyecto de Berry Street, en San Francisco. Fue diseñado para deslizarse por 30 pulg, y luego se deforma en cizalla otras 15 pulg, una vez que se acopla a una placa de contención. DIS fabrica y suelda todas las partes del conjunto deslizante en fábrica.

### Productos adicionales

#### Estructuras de acero y sujetadores

Dynamic Isolation Systems procesa más de 2000 tons de acero al año. Las placas de montaje de acero, placas de soporte, pernos de anclaje y sujetadores a menudo son fabricadas y suministradas con los aisladores DIS.

#### Soportes especiales

Dynamic Isolation Systems diseña y fabrica soportes para aplicaciones no sísmicas, tales como cargadores de buques. El propósito de los soportes es controlar los esfuerzos dentro de la estructura durante la descarga de petróleo en los petroleros.



#### Puente San Rafael en Richmond:

Dynamic Isolation Systems ha desarrollado y fabricados soportes para puentes para Caltrans con una mayor resistencia a la corrosión. Los soportes se encuentran dos metros por encima de la línea de flotación y se fabricaron con una baja permeabilidad del caucho y fabricados en acero inoxidable.

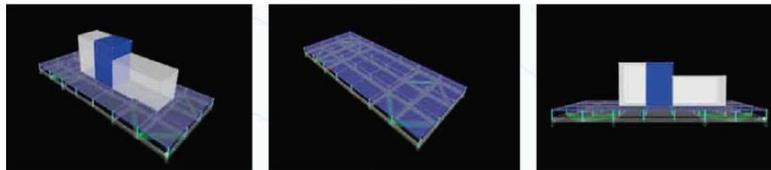
## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 9/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Aislamiento del piso

El sistema de aislamiento de piso DIS es un nuevo producto desarrollado. El piso cuenta con un reciente invento, una unidad de muelles multi-direccionales que tiene una rigidez muy baja en comparación con un aislador para edificios.

Están disponibles resortes con una rigidez de hasta 30 libras/pulg. El sistema es modular y puede ser utilizado como una aislada plataforma de suelo o como un sistema completo de piso.



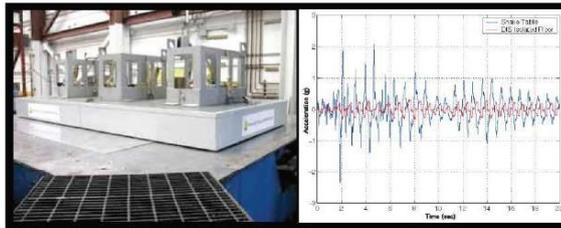
Estos esquemas muestran el modelo informático SAP 2000 de un piso que se puso a prueba en la Universidad de Nevada, Reno. La medida del piso es 14 pies de ancho por 6 pies de profundidad. Hay módulos estándar de 4 pies por 6 pies en cada extremo, los cuales están unidos por largueros de 6 pies de largo. Los módulos se conectan a las unidades de muelles multi-direccionales y contienen rodillo y soportes de deslizamiento. Las baldosas informáticas conforman la superficie superior del piso aislado.

#### ¿De qué manera el aislamiento del piso difiere del aislamiento estructural estándar?

Un sistema de aislamiento de piso se instala en el interior del edificio y no es parte de la estructura. El aislamiento tradicional se instala debajo de columnas y es parte integral de la superestructura. El mismo nivel de protección antisísmica puede lograrse con ambos sistemas.

#### ¿Cuándo el aislamiento de piso es una buena solución de diseño?

El aislamiento de piso es una buena alternativa cuando el aislamiento de todo el edificio no es práctico ni económico. Si usted es un inquilino, el superior rendimiento del aislamiento se puede lograr con el aislamiento de piso dentro del edificio. Los centros de datos, equipos médicos, procesos de fabricación de alta tecnología, obras de arte y productos valiosos tales como vacunas requieren mayor protección sísmica que el proporcionado por una estructura convencional.



El sistema de aislamiento de piso de DIS fue probado en la mesa vibratoria de la Universidad de Nevada, Reno. Se dio un rendimiento excelente que está acorde con nuestros modelos analíticos. Para esta prueba, la aceleración máxima se redujo de 2 g a 0.4 g. Las aceleraciones espectrales también se redujeron hasta por un factor de cinco.

#### ¿Cuál fue nuestro primer proyecto aislamiento de piso?

El primer proyecto de aislamiento de piso fue el Centro de Emergencias del condado de King en Seattle, Washington. El sistema de protección del piso de los equipos de comunicaciones involucró a aislar una losa de hormigón con aisladores de caucho, plomo y rodillos. El nuevo sistema de aislamiento de piso DIS es una solución ágil que permite su uso en cualquier piso de un edificio.



[www.dis-inc.com](http://www.dis-inc.com)

9

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 10/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Sección 2: Portafolio DIS

#### Proyectos notables

Dynamic Isolation Systems ha estado a la vanguardia del aislamiento sísmico durante más de 25 años. Suministrando aisladores para la mayoría de proyectos de aislamiento prominentes de todo el mundo.

#### City Hall de San Francisco

Este punto de referencia de la Costa Oeste fue dañado por el terremoto de Loma Prieta en 1989, y ha sido restaurado y protegido para futuras actividades sísmicas. DIS instaló 530 aisladores sísmicos, por lo que es el proyecto más grande de acondicionamiento sísmico en el mundo.



#### Salt Lake City and County Building

El City and County Building fue la primera adaptación de aislamiento sísmico en el mundo.

El edificio modernizado está diseñado para soportar terremotos de hasta 7.0 grados en la escala de Richter. Se trata de una estructura de muro de cortante construido de ladrillo no reforzado y piedra arenisca. Fue terminado en 1894 con el estilo románico de Richardson.



#### Puente Coronado Bay Bridge en San Diego

Este importante proyecto fue el primero en incorporar la alta velocidad/pruebas de los aisladores. Caltrans construyó las instalaciones en la Universidad de San Diego, California con lo último de la tecnología, para su programa de readaptación del puente de peaje. El dispositivo de prueba fue el primero en ser capaz de probar los rodamientos a velocidades reales, como terremotos. Los soportes están diseñados para soportar una falla de ruptura de 1.2 metros por debajo del puente.

#### Centro Médico Tan Tzu

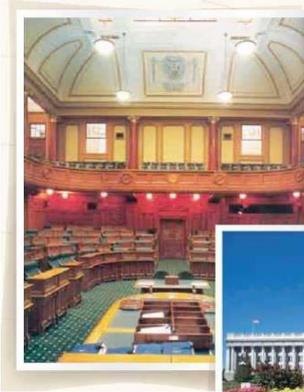
El Centro Médico Tan Tzu en Taiwán se encuentra en construcción y con sus 1.7 millones de pies cuadrados es la mayor estructura aislada del mundo. Es el tercer hospital de Taiwán donde DIS ha suministrado aisladores. El aislamiento de la base se selecciona de manera que el hospital continuaría en funcionamiento inmediatamente después de un terremoto.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 11/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

#### Modernización de los edificios históricos

El aislamiento sísmico es el mejor método para reacondicionar los edificios históricos a los actuales estándares del diseño de terremotos. Como el aislamiento reduce los esfuerzos en la estructura, se puede conservar la trama de la arquitectura original.



#### Edificios parlamentarios de Nueva Zelanda

El aislamiento de la base fue elegido para cumplir con los objetivos de conservación. Permitió que la máxima preservación de los materiales y mano de obra originales dentro de los edificios y evita cualquier modificación en el aspecto exterior.

Other historic retrofits using DIS isolators include Oakland City Hall, Kerckhoff Hall at UCLA and Campbell Hall at Western Oregon State College.



#### Edificio del Capitolio del Estado de Utah

El edificio del capitolio del estado de Utah cuenta con una arquitectura Corinthian e integra los conceptos de diseño tomados de otros Capitolios Nacionales. Fue construido en 1915. Los materiales de la zona y los elementos ornamentales de diseño personalizado le dan al edificio su carácter único.

#### Hospitales

Es indispensable que los hospitales continúen funcionamiento después un terremoto. El aislamiento evita los daños al hospital, su funcionamiento protege al personal y a los pacientes.

#### Xindian General Hospital

Las pruebas para este hospital en Taiwán se realizaron en la Universidad de San Diego, para el desplazamiento lateral de un metro. El esfuerzo de deformación en el aislador fue de 400%, el cual es muy superior al requerido en el diseño del sismo. Este tipo de pruebas demuestra el alto rendimiento de los aisladores DIS. También suministró aisladores de los hospitales de Hualin y Tan Tzu en Taiwán.



#### Hospital de Erzurum

Los trabajadores instalaron aisladores para el Hospital Erzurum en este de Turquía. El Ministerio de Salud de Turquía planea construir muchos nuevos hospitales en los próximos diez años, y es un defensor de la mejor tecnología tal como el aislamiento de la cimentación.



Arriba: Hospital Yuzawa, Japón. Debajo: Un deslizador instalado en el Hospital Takasu, Japón.

#### Hospital USC, Centro Médico Arrowhead y la Administración para el Hospital de Veteranos de Long Beach.

Todos estos hospitales están ubicados en California y se encuentran bajo la supervisión del OSHPD (Office of Statewide Health Planning and Development) con el que venimos trabajando durante 15 años.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 12/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

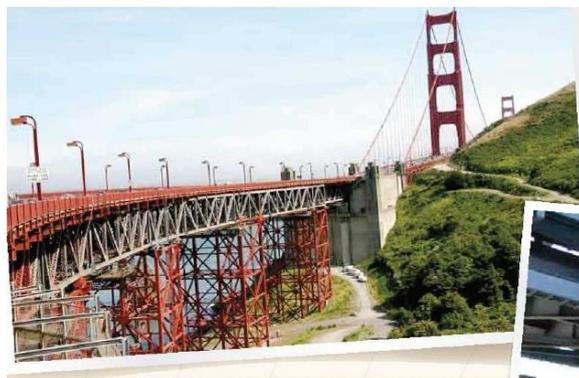
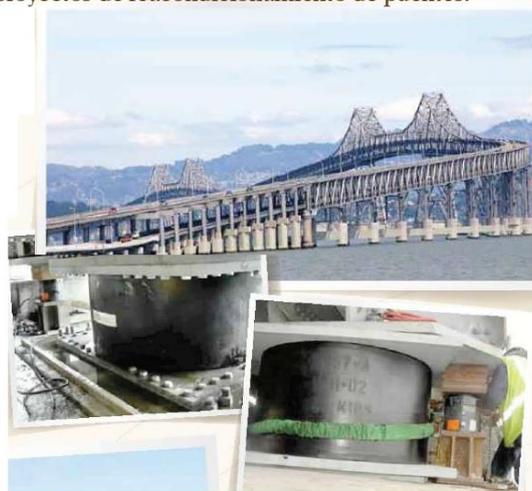
#### Reacondicionamientos de puentes

Los puentes se benefician del aislamiento debido a que se evitan el reforzamiento de los pilares y cimientos existentes. El aislamiento reduce los esfuerzos sísmicos en la estructura y permite que el diseñador redistribuya los esfuerzos en toda la estructura. Los aisladores DIS se han utilizado en más de cincuenta proyectos de reacondicionamiento de puentes.

##### Puente San Rafael en Richmond

El puente San Rafael en Richmond se beneficia del aislamiento ya que los esfuerzos pueden ser redistribuidos en toda la estructura. Sin aislamiento, las significativas diferencias de alturas de los pilares podrían ocasionar que los pilares más rígidos y más cortos atraigan la mayoría de los esfuerzos laterales. La estructura requiere un alto nivel nominal de fuerza inicial, debido a las altas cargas del viento. DIS ha diseñado y fabricado aisladores con un diámetro de 55 pulgadas, con tres núcleos de plomo de 11 pulgadas de diámetro.

En el extremo oeste del puente, los soportes del puente se encuentran en la zona de chapoteo, a sólo seis metros sobre el nivel del mar. DIS y Caltrans han diseñado estos soportes para proporcionar una alta resistencia a la corrosión. Los soportes son fabricados con caucho de baja permeabilidad, cuñas de acero inoxidable y una sola placa.



##### Puente Golden Gate

El acceso norte del puente Golden Gate está reacondicionado con aisladores DIS. Los aisladores garantizan que el puente pueda resistir un terremoto de magnitud 8.3.



##### Puente Rio Vista

Ubicación típica de un aislador en el puente reacondicionado Rio Vista en California.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 13/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

#### Puentes nuevos



##### Acueducto Patria

Reducción de los esfuerzos en la subestructura debido al aislamiento, le permiten una simplicidad estética con elegantes estructuras en este puente en Guadalajara, México. Los reducidos esfuerzos en la cimentación dan como resultado un 50% menos de pilares.

##### Puente Woodrow Wilson

Este puente levadizo atraviesa el río Potomac, cerca de Washington, DC. Este importante puente que lleva más de 250.000 vehículos diarios, está en una zona sísmica baja. Sin embargo, la redistribución de las fuerzas y rendimiento en condiciones de servicio con los aislamientos sísmicos, lo hacen una opción atractiva para los diseñadores.



##### Tren ligero JFK

El sistema de tren ligero elevado JFK conecta el aeropuerto JFK con el sistema metro de Nueva York. El puente es de diez kilómetros de largo y está apoyado sobre 1,364 aisladores DIS. El contratista del diseño y construcción escogió el aislamiento para ahorrar costos de cimentación. A medida que las cimentaciones son más pequeñas, se realizan significativos ahorros adicionales en los costos por el traslado de los servicios subterráneos en el aeropuerto a lo largo de la autopista Van Wyck.

##### Puente Mexicali

El aislamiento reduce a la mitad el costo de las cimentaciones en este puente. Las bases requieren sólo dos tercios del concreto y un tercio del acero de refuerzo que se habrían requerido con un diseño convencional.



#### Aplicaciones especiales

##### Proyecto Berry Street

El Proyecto de Berry Street en San Francisco cuenta con aislamiento en el nivel del techo de un edificio de tres plantas existentes. El aislamiento permitió al propietario sumar dos pisos adicionales con mínimo refuerzo de la estructura existente.

Como la aplicación es bastante singular, las pruebas se efectuaron con 45 pulgadas de desplazamiento lateral. Esto es un exceso al desplazamiento de diseño de 30 pulgadas.



Tanque de agua mejorada en Seattle, Washington.



El Stanford Linear Accelerator en Palo Alto, California está protegido por DIS

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 14/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

#### Edificios con contenidos de alto valor

El aislamiento también previene daños a los contenidos en el caso de un terremoto.



#### Edificio Hughes S-12

El edificio Hughes S-12 en Los Angeles es fundamental para el funcionamiento del satélite Hughes. El edificio de 12 pisos se mantuvo operativo durante la reconversión. La probabilidad de daños o interrupciones en el diseño de sismos ha sido prácticamente eliminada.

#### Immunex Campus

Este Centro de Investigación y Tecnología está ubicada en la

línea costera para estudios de sistemas inmunológicos de Seattle, y el desarrollo de la terapia con medicamentos. También cuenta con US\$ 50 millones de dólares en equipos de última generación. El propietario también estaba preocupado para prevenir que un terremoto afecte el centro de labores durante varios meses con un costo para la empresa.



Estudios de televisión y edificios de telecomunicaciones, tales como éstos en Japón. Se han aislado a fin de evitar la interrupción del servicio.



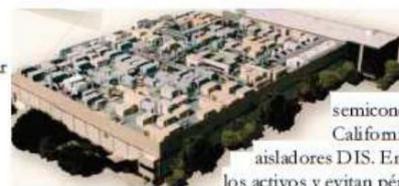
DIS también ha aislado Centros de datos para Kaiser Permanente, Mountain Fuel and Evans & Sutherland

#### Centros de emergencia



#### Edificio de seguridad pública en Berkeley

El edificio de Seguridad Pública de Berkeley es uno de los muchos centros de emergencia construidos recientemente a lo largo de los Estados Unidos. La construcción con lo último de la tecnología está diseñado para soportar un terremoto de magnitud 7.0 en la escala de Richter y seguir funcionando. Alberga el Centro de comunicaciones de emergencia 911 de la ciudad el cual es un centro vital en el Plan de Respuesta a Emergencias de la ciudad.



#### Plantas de semiconductores Conexant

Las tres plantas de semiconductores Conexant en México y California están protegidas por los aisladores DIS. En caso de un terremoto, protegen los activos y evitan pérdidas por miles de millones.



#### Central 911 Long Beach

#### Centro de emergencia de San Diego



## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 15/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Proyectos en Japón

Dynamic Isolation Systems ha suministrado aisladores a más de 80 proyectos en Japón. Japón ha liderado el uso de tecnologías avanzadas a nivel mundial tales como el aislamiento de cimientos, amortiguadores, apoyos para frenar la deformación y amortiguadores de masa estabilizados.



### Museos

Los museos son los candidatos naturales para el aislamiento sísmico, ya que proporciona la mejor protección disponible para los contenidos de un edificio.

#### Museo de Arte Asiático

La primera biblioteca de la ciudad de San Francisco ha sido reforzada y ahora alberga más de cinco mil millones de dólares en obras de arte asiático y está protegido por más de 200 aisladores DIS.



#### F-Museum

Diez aisladores de caucho protegen estos 7 pisos y 40,000 pies cuadrados de construcción en Tokyo, Japón.



### Condominios

Muchos residentes optan por vivir en edificios aislados por estar mejor protegidos.



**Channing House**  
Residencias en Palo Alto, California.

#### Condominios Kamikuzawa, Japón



Instalación de un aislador de 1500mm de diámetro para el **Condominio High City Kyosumi** en Japón.

## ANEXO N°10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 16/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Sección 3: Ingeniería

Propiedades técnicas del Aislador

#### Propiedades del aislador: Unidades Americanas

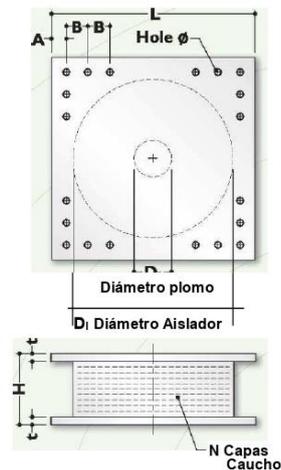
TAMAÑO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE					
Diámetro Aislador, D (in)	Altura Aislador, H (in)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo D <sub>i</sub> (in)	L (in)	T (in)	Cantidad orificios	Orificio ø (in)	A (in)	B (in)
12.0	5-11	4-14	0-4	14	1	4	1 1/16	2	-
14.0	6-12	5-16	0-4	16	1	4	1 1/16	2	-
16.0	7-13	6-20	0-5	18	1	4	1 1/16	2	-
18.0	7-14	6-20	0-5	20	1	4	1 1/16	2	-
20.5	8-15	8-24	0-7	22.5	1	8	1 1/16	2	2
22.5	8-15	8-24	0-7	24.5	1	8	1 1/16	2	2
25.5	8-15	8-24	0-8	27.5	1.25	8	1 1/16	2	2
27.5	8-17	8-30	0-8	29.5	1.25	8	1 5/16	2.5	3
29.5	9-18	8-30	0-9	31.5	1.25	8	1 5/16	2.5	3
31.5	9-20	8-33	0-9	33.5	1.25	8	1 5/16	2.5	3
33.5	9-21	8-35	0-10	35.5	1.5	12	1 5/16	2.5	3.75
35.5	10-22	9-37	0-10	37.5	1.5	12	1 5/16	2.5	3.75
37.5	10-23	10-40	0-11	39.5	1.5	12	1 5/16	2.5	3.75
39.5	11-25	11-40	0-11	41.5	1.5	12	1 9/16	3	4.5
41.5	12-26	12-45	0-12	43.5	1.75	12	1 9/16	3	4.5
45.5	13-30	14-45	0-13	47.5	1.75	12	1 9/16	3	4.5
49.5	14-30	16-45	0-14	52.5	1.75	16	1 9/16	3	4.5
53.5	16-30	18-45	0-15	56.5	2	16	1 9/16	3	4.5
57.1	17-30	20-45	0-16	60	2	20	1 9/16	3	4.5
61.0	18-30	22-45	0-16	64	2	20	1 9/16	3	4.5

(1) Las capacidades de carga axial corresponden a los máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250% de tensión de corte del de caucho o 2/3 del diámetro del aislador. El desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependen del módulo y número de capas de caucho.

(2) Los Rubber Shear Moduli (G) están disponibles desde 55 psi hasta 100 psi.

(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez elástica, utilice  $K_e=10^*K_d$ .

Diámetro Aislador, D (in)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo, D <sub>max</sub> (in)	Capacidad Carga Axial, P <sub>max</sub> (kips)
	Rigidez Producida, K <sub>d</sub> (k/in)	Resistencia Característica, Q <sub>0</sub> (kips)	Rigidez a la Compresión, K <sub>v</sub> (k/in)		
12.0	1-5	0-15	>250	6	100
14.0	1-7	0-15	>500	6	150
16.0	2-9	0-25	>500	8	200
18.0	2-11	0-25	>500	10	250
20.5	2-13	0-40	>1,000	12	300
22.5	3-16	0-40	>3,000	14	400
25.5	3-20	0-50	>4,000	16	600
27.5	3-24	0-50	>4,500	18	700
29.5	3-27	0-60	>5,000	18	800
31.5	4-30	0-60	>6,000	20	900
33.5	4-35	0-80	>7,000	22	1,100
35.5	4-35	0-80	>8,000	22	1,300
37.5	4-35	0-110	>10,000	24	1,500
39.5	5-36	0-110	>11,000	26	1,700
41.5	5-36	0-130	>12,000	28	1,900
45.5	6-37	0-150	>16,000	30	3,100
49.5	7-38	0-170	>21,000	32	4,600
53.5	8-40	0-200	>29,000	34	6,200
57.1	9-41	0-230	>30,000	36	7,500
61.0	10-42	0-230	>37,000	36	9,000



## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 17/24

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

# Ingeniería

Propiedades técnicas del Aislador

### Propiedades del aislador: Unidades métricas

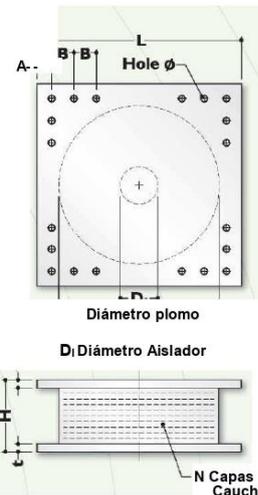
FAMANO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE						
Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	Altura Aislador, H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo, D <sub>p</sub> (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad Orificios	Orificio Ø (mm)	A (mm)	B (mm)	
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-	
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-	
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-	
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-	
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50	
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50	
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50	
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75	
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75	
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75	
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95	
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95	
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95	
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115	
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115	
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115	
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115	
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115	
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115	
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115	

(1) Las capacidades de carga axial corresponden a los máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250% de tensión de corte del de caucho o 2/3 del diámetro del aislador. El desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependen del módulo y número de capas de caucho.

(2) Los Rubber Shear Moduli (G) están disponibles desde 0.38 N/mm<sup>2</sup> hasta 0.70 N/mm<sup>2</sup>.

(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez elástica, utilice  $K_e = 10 \cdot K_d$ .

Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo, D <sub>max</sub> (mm)	Capacidad Carga Axial P <sub>max</sub> (kN)
	Rigidez Producida, K <sub>d</sub> (kN/mm)	Resistencia Características Q <sub>d</sub> (kN)	Rigidez a la compresión, K <sub>v</sub> (kN/mm)		
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000



## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 18/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

### Diseño y Modelado

Los aisladores se pueden modelar de forma explícita un software de análisis tal como ETABS, SAP2000 y LARSA. Cuando el software no soporta explícitamente un dispositivo aislador, se pueden utilizar un resorte o un tramo de columna para simular el aislador.

El comportamiento de un soporte de caucho con núcleo puede ser modelado como un elemento de histéresis bilineal, con una rigidez inicial ( $K_e$ ), rendimiento de la fuerza ( $F_y$ ) y la rigidez secundaria ( $K_2$  o  $K_d$ ).

Para el análisis del espectro de respuesta, se requiere la rigidez efectiva ( $K_{eff}$ ) y el amortiguamiento viscoso equivalente, el cual se obtiene a partir del aislador de EDC (energía disipada por ciclo).

Para el análisis del historial de tiempo no lineal, se utilizan las propiedades bilineales del aislador (rigidez inicial  $K_e$ , rendimiento de la fuerza  $F_y$  y la rigidez secundaria  $K_2$ ). También se requiere la rigidez vertical de los aisladores como parte de la descripción del elemento. Una característica interesante de los aisladores elastoméricos es que la rigidez de compresión es aproximadamente 100 veces la rigidez a la tracción. Se debe tener cuidado en el modelado de la rigidez vertical rigidez a fin de garantizar la exactitud de los resultados analíticos.

Los valores típicos de estos parámetros para una amplia gama de aisladores DIS, son mostrados en las Tablas de Propiedades de Aislador (Páginas 14 y 15).

DIS pueden proporcionar los parámetros específicos para el modelado y ayudar con la puesta a punto del sistema de aislamiento a lo largo del proceso de diseño.

### Términos y Simbología

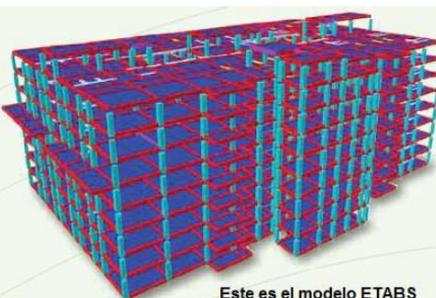
**Lazo de histéresis:** Esta es la trama fuerza-desplazamiento generado por el corte de prueba en un aislador.

**Rigidez elástica,  $K_e$ :** Esta es la rigidez inicial del aislador, y es típicamente inferior a una pulgada de desplazamiento. Su valor estará determinado por el tamaño del núcleo de plomo y es importante en el control de la respuesta a las cargas operativas tales como el viento.

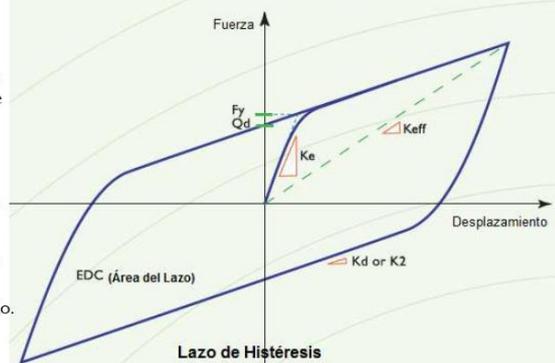
**Rigidez producida,  $K_d$  o  $K_2$ :** hi Esta es la rigidez secundaria del aislador y es una función del módulo, altura total y el área del caucho.

**$K_{eff}$  (Rigidez efectiva):** Esta es la fuerza del aislador dividida por el desplazamiento. Es una cantidad de desplazamiento - dependiente.

**Fuerza de histéresis,  $Q_d$ :** Esta es una fuerza axial de intersección del lazo de histéresis del aislador. Este parámetro se refiere a la respuesta a la amortiguación y aislador a las cargas operativas.



Este es el modelo ETABS para un hospital



**Rendimiento de la fuerza,  $F_y$ :** La fuerza de rendimiento es el punto en el modelo en el cual la rigidez inicial cambia a la rigidez secundaria. En realidad, hay una transición suave entre una rigidez a otra, en un lugar de un punto bien definido. Este valor se utiliza principalmente en el modelado analítico.

**Energía disipada por ciclo, EDC:** Esta es el área del lazo de histéresis. Este valor es una medida de la amortiguación del aislador.

**Rigidez vertical,  $K_v$ :** Esta es la rigidez vertical del aislador.

**DBE (Bases de diseño del terremoto):** EL DBE representa el movimiento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años.

**MCE (Máximo terremoto creible):** El MCE es definido como el movimiento sísmico que tiene un 2% de probabilidad de ser excedido en 50 años.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 19/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

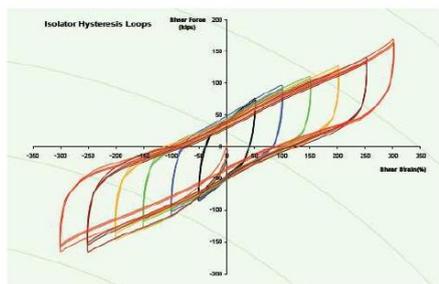
#### Pruebas del aislador

Las normas de los Estados Unidos requieren pruebas por cada proyecto. Las pruebas de los prototipos validan las propiedades aislantes sobre la gama de cargas y desplazamientos del proyecto. Las pruebas de prototipo se puede eliminar utilizando similitud con anteriores proyectos. Las pruebas de fabricación comprueban las propiedades de los aisladores bajo carga y las condiciones de desplazamiento.

Para los proyectos japoneses, se efectuaron extensas pruebas en nuestra gama de aisladores sobre el estrés y tensiones específicas. Esta prueba de precalificación elimino las pruebas de prototipo para proyectos individuales. Únicamente las pruebas de control de calidad se efectuaban sobre los aislantes fabricados, lo que reduce los costos y acorta el cronograma por hasta tres meses.

#### Pruebas en lazo

Los aisladores son probados en parejas en nuestra planta y por separado en los laboratorios como en la Universidad de California, San Diego (UCSD). La máquina de prueba se aplica un desplazamiento de rotura y la carga axial al aislador. Un diagrama de la prueba se llama un lazo de histéresis. Los bucles inferiores trazan las fuerzas de corte y desplazamiento lateral para el aislador y muestra el comportamiento del aislador para una gama de tensiones de hasta 300%.



#### Pruebas en Tiempo real

DIS ha probado sobre 30 aisladores a velocidades sísmicas reales de hasta 60 pulgadas por segundo. Las pruebas se efectuaron en la Universidad de California, San Diego. Estas pruebas validan el rendimiento de nuestros aisladores en condiciones sísmicas y proporcionan datos detallados de la velocidad de los aisladores. Se han llevado a cabo más de 500 pruebas, en los últimos siete años en aisladores de hasta 53.5 pulgadas (1300 mm) de diámetro.



Los soportes para el puente Coronado Bay fueron los primeros en ser probados a velocidades sísmicas en la UCSD por Caltrans.

#### Pruebas a grandes tensiones

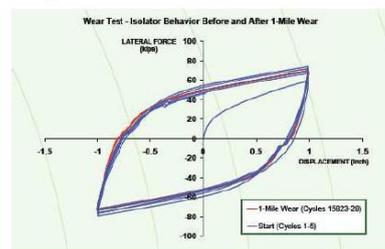
DIS ha llevado a cabo extensas pruebas a altas tensión en aisladores de hasta 53.5 pulgadas (1300 mm) de diámetro. Los aisladores con y sin núcleos de plomo han sido probados con éxito a más del 400% de tensión de corte. Las deformaciones por diseño de cortes típicos están en el rango de 200 a 250%. Otras pruebas notables de grandes desplazamientos realizadas por DIS, incluyen un aislador de 45.5 pulgadas (1200 mm) de diámetro (abajo) se está probando a 45 pulgadas (1140 mm) de desplazamiento para el Proyecto Berry Street en California.



Un aislador de 41.5 pulgadas (1100 mm) de diámetro también fue probado con 47 pulgadas (1200 mm) de desplazamiento de corte. Este soporte fue probado como parte de un programa de investigación para una estructura aislada para toma de una presa.

#### 1-Mile Wear Test

Una prueba de desgaste a una milla (1.6km) se realizó sobre los aisladores DIS en el Laboratorio SEES, SUNY en Buffalo. Las pruebas se efectuaron como parte de las pruebas de prototipo para el nuevo puente Woodrow Wilson sobre el río Potomac, en Maryland. Esta prueba simula el efecto en el curso de la vida útil de las expansiones y contracciones térmicas de la cubierta del puente. Los resultados mostrados en la siguiente imagen muestran que las propiedades del aislador se mantuvieron sin cambios por este extenso ensayo.



## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 20/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

## Preguntas más frecuentes

### ¿A que se refiere deformación por corte?

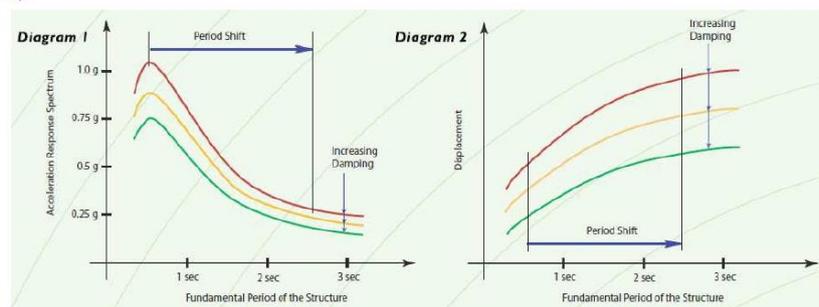
La deformación por corte es la deformación lateral del aislador dividido por la altura del caucho. Los diseños de deformaciones por corte son hasta un 250%. DIS ha probado aisladores a más de 400% de tensión de corte. A esta tensión, cada capa de caucho se deforma lateralmente hasta cuatro veces su espesor. Las tensiones de corte extremas durante las pruebas de investigación son un testimonio de los superiores procesos de fabricación y compuestos desarrollados por DIS, lo que proporcionan un aislador con capacidad de reserva.

### ¿Cuáles son los típicos diseños de desplazamientos?

En zonas altamente sísmicas como las de San Francisco, Tokio y Estambul, los desplazamientos de los aisladores son de hasta 30 pulgadas (750mm). Para estructuras más alejadas de las fallas o en mejores suelos, los desplazamientos de los aisladores son de hasta 20 pulgadas (500 mm), y en bajas zonas sísmicas como el este de los Estados Unidos, los movimientos están en el rango de 2 a 6 pulgadas (50 a 150 mm). DIS ha probado aisladores a 47 pulgadas de desplazamientos laterales y proporciona aisladores para todas las zonas sísmicas en todo el mundo.

### ¿Cómo es el período de la estructura desplazada?

El período fundamental de la estructura se desplaza por la adición de aisladores flexibles. El período aislado es generalmente mayor de 2 segundos. Las frecuencias dominantes de un terremoto están en el rango de 0.2 a 0.6 segundos. Las fuertes aceleraciones de un terremoto se evitan debido al cambio del período establecido por el aislamiento (Vea Diagrama 1).



### ¿Cómo se controla el desplazamiento?

El desplazamiento del aislador se reduce con el incremento de su rigidez o amortiguación. El diseño compensatorio es que con el incremento de las fuerzas y aceleraciones, el desplazamiento se reduce.

### ¿Cómo funciona el beneficio añadido por amortiguamiento de la estructura?

La amortiguación absorbe la energía del terremoto. La adición de la amortiguación reduce los desplazamientos y fuerzas en la superestructura tal como un 50% (Vea Diagrama 2).

### ¿Cuál es el nivel recomendado de amortiguamiento en un sistema con aislamiento?

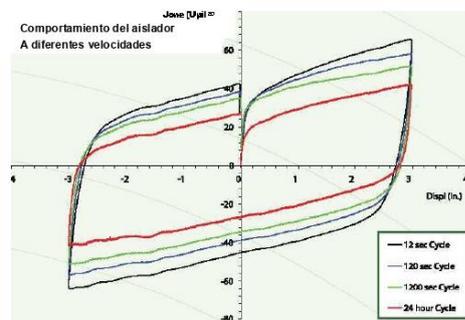
La mayoría de las estructuras tienen entre 2-5% de amortiguamiento inherente. Los sistemas de aislamiento para puentes proporcionan típicamente niveles de amortiguación de 15 a 30%. Los sistemas de aislamiento para edificios proporcionan amortiguación entre 10 a 20%. Los niveles de amortiguación en construcciones están optimizados para proporcionar bajas aceleraciones en la estructura que maximizar la protección de los interiores.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 21/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

#### ¿Cuál es la diferencia entre el límite de elasticidad del núcleo de plomo con cargas arrastramiento y cargas sísmicas?

El comportamiento de la histéresis del núcleo de plomo depende de la velocidad de carga. El límite de elasticidad es menor a velocidades de arrastramiento que a velocidades sísmicas. Esto es beneficioso especialmente en puentes donde el aislador pasa sobre una gama de velocidades. Durante un movimiento sísmico de alta velocidad, el límite de elasticidad oscila entre 10 y 14 MPa, proporcionando niveles significativos de amortiguación. Para los movimientos térmicos, el límite de elasticidad oscila entre 4 a 6 MPa, el cual impone pequeños esfuerzos en la estructura. Los valores intermedios de tensión en el núcleo de plomo resisten cargas operacionales tales como el viento y frenado.



Trazado gráfico de las respuestas de un aislador sobre una gama de velocidades de un ciclo en un día, en un ciclo en 12 segundos. La fuerza del núcleo de plomo a baja velocidad es 60% que la de alta velocidad.



#### ¿Se puede aislar un edificio alto?

Los edificios altos como el de 18 pisos de Oakland City Hall en California se han beneficiado de forma aislada. Los edificios normalmente requieren un período de aislado de 2.5 a 3 veces el de una edificación no aislada. Hay muchos edificios altos aislados en Japón que tienen un período de aislado en el intervalo de 4 a 6 segundos. Los diseñadores eligieron el aislamiento por el mejor desempeño que proporciona.

#### ¿La estructura debe volver a centrarse luego de un terremoto?

Una estructura debe volver a centrarse después de un terremoto, porque una fuerza de recuperación es provista por el caucho. Las características sacudidas también hacen que la estructura oscile cada vez con menores desplazamientos aproximándose a su posición original, a medida que el movimiento sísmico se calme. El puente sobre el río Eel en California fue vuelta a centrar luego de un terremoto de magnitud 7.0 a 1/4 de pulgada de su posición original.

#### ¿Cuál es la respuesta de la componente vertical en un terremoto?

Los aisladores son rígidos en la dirección vertical y no cambia la respuesta sísmica vertical. La componente vertical del terremoto se traduce en variaciones de carga axiales que pueden ser acomodadas entre el diseño de las columnas y los aisladores. La tabla con pruebas por las sacudidas se han realizado con y sin el componente vertical del movimiento sísmico. Los resultados indican que hay muy poca diferencia en el rendimiento de los aisladores.

#### ¿Cuál es la vida útil de los soportes?

La vida útil normal del soporte es mayor de 50 años. Las almohadillas elastoméricas en puentes de carreteras han estado en uso durante más de cuatro décadas exhibiendo una buena durabilidad. Se espera que los aisladores con modernas formulaciones de caucho rodeadas por una cubierta protectora de caucho, sean más duraderos y estable en su rendimiento a largo plazo.

## ANEXO N° 10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 22/24

### DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

#### ¿Se puede utilizar más de un soporte bajo una columna?

Se han utilizado varios aisladores en el City Hall en San Francisco y en el Tan Tzu Medical Center en Taiwán. Se utilizan varios aisladores cuando son más económicos que uno solo más grande.



Grupo de cuatro aisladores están ubicados debajo las columnas con mucha carga en el Centro Medico Tan Tzu.

#### ¿Un aislador puede resistir fuerzas de tensión?

Se puede aplicar una tensión de tracción permisible de hasta 50 psi a un aislador. El esfuerzo real admisible depende del desplazamiento del aislador y al módulo de caucho. En general se evita la tensión en el diseño.

#### ¿Fatiga en el núcleo de plomo?

El plomo se encuentra en su fase elastoplástica a temperatura ambiente. Como con otros metales en esta fase, el plomo se re-cristaliza rápidamente después de haber sido deformado sin fatiga.



#### ¿De qué manera los servicios tienen capacidad de movimiento a través del plano de aislamiento en los edificios?

Los servicios que cruzan el plano sísmico deben estar acondicionados para moverse horizontalmente. A menudo son fabricados para sean flexibles o están equipados con juntas universales.

#### ¿Cómo se acondicionan las escaleras?

Las escaleras y los puntos de acceso son acondicionadas para ser fijadas a la superestructura y están "simplemente apoyadas" en la estructura por debajo de los aisladores; a veces se utilizan deslizadores pequeños para apoyar las escaleras y dar cabida a los movimientos laterales.

#### ¿Cómo se acondicionan los ascensores?

La sección inferior del ascensor está suspendida de la superestructura del edificio. El encuadre voladizo inferior no está soportado por la subestructura. Alternativamente, el plano de aislamiento puede descenderse varios pies por la zona para permitir que el pozo del ascensor sea aislado como parte de la superestructura.

#### ¿Qué tipo de protección contra incendios se necesita para los aisladores sísmicos?

La protección contra incendios está normada por los requerimientos para la zona de fuego, no por los materiales del que está fabricado el aislador. Cuando los aisladores se encuentran en áreas de la estructura sin carga de fuego, a menudo no se requiere protección contra incendios. Cuando se ha requerido de protección contra incendios, entonces se han utilizado rociadores, pulverizadores de fibra mineral, mantas ignífugas y cajas de fuego a bordo.



Aisladores en el Long Beach 911 Center no requiere protección contra el fuego.



Se utilizaron mantas ignífugas en el Channing House



Caja de fuego a bordo protegé el aislador en Condominio Kamikuzawa.

ANEXO N°10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 23/24

$$\gamma_c = \frac{3P(1 + 8GkS^2 / K)}{4GkSA_r}$$

ANEXO N°10 FICHA TECNICA – AISLADOR SISMICO GOMA DE ALTO AMORTIGUAMIENTO 24/24

