

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**INFORME DE TESIS**

“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”

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

BACH. ELVIS MELÉNDEZ MACHACA

BACH. MIGUEL ÁNGEL GUTIÉRREZ CÁCERES

TACNA – PERU

2019

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS DE INVESTIGACIÓN**

**“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”**

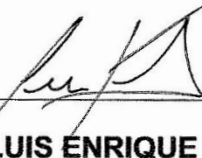
Tesis sustentada y aprobada el 04 de Julio del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE:**




**ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA**

**SECRETARIO**



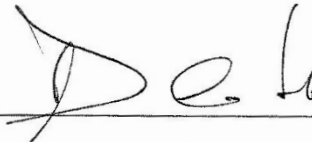
**ING. LUIS ENRIQUE VALLE CASTRO**

**VOCAL**



**MTR. GIANCARLOS MACHACA FRIAS**

**ASESOR**



**MTR. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo **Elvis Meléndez Machaca**, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 45717813.

Yo **Miguel Ángel Gutiérrez Cáceres** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 42647017.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

**“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”**, el mismo que se presenta para optar: **EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y

veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de Julio 2019.



.....  
**BACH. MELENDEZ MACHACA, ELVIS**  
DNI 45717813



.....  
**BACH. GUTIERREZ CACERES, MIGUEL ANGEL**  
DNI 42647017

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi madre Cricelia, por darme la fortaleza necesaria para seguir avanzando en mi vida profesional; a la memoria de mi padre Félix, por enseñarme siempre a lograr mis objetivos y no darme por vencido. Y sobre todo a mi hijo Jeycob Salvador, por darme la inspiración y fortaleza para seguir avanzando en la vida. A mis compañeros, Miguel Ángel, Elean y Salvatory, por su amistad y apoyo constante en nuestra carrera universitaria.

**MELLENDEZ MACHACA, ELVIS**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importan nuestras diferencias de opiniones; y con su confianza permitieron que logre culminar mi carrera universitaria. A todos los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, por ayudarme en mi formación académica por estar siempre apoyándome en las diferentes etapas de este proceso universitario. A mis compañeros Elvis, Elean y Fabiola, porque sin el equipo que formamos no hubiéramos logrado esta meta.

**GUTIERREZ CACERES, MIGUEL ANGEL**

## **AGRADECIMIENTOS**

En Primer lugar, quiero agradecer a Dios por todo lo que me ha brindado en la vida, por guiar mis pasos y porque siempre pone en mi camino a personas buenas que me comprenden y me apoyan.

A la Universidad Privada de Tacna por ser mi alma mater y brindarme el camino de superación profesional.

A la Mtro. Ing. Dina Marlene Cotrado Flores, por su tiempo compartido y dedicación en la asesoría de este trabajo.

Al Ing. Juan Enrique Usurín Chuqui, por la confianza de haberme permitido participar en este gran proyecto y brindarme todas las facilidades e información necesarias para la realización del presente trabajo, al Ing. Panagyotis Georgios Athineos Romero, por compartir sus experiencias y brindarme su apoyo en el presente trabajo; a la Ing. María Bautista Soledad Mamani, por brindarme su apoyo incondicional y compartir sus conocimientos, sobre todo por su sincera amistad.

Finalmente, de manera muy especial a mi familia por ser mi pilar fundamental y haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

**MELENDEZ MACHACA, ELVIS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a Dios y con su bendición siempre llena mi vida. Gracias a la Universidad Privada de Tacna por haberme permitido formarme en ella, mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a nuestro asesor de tesis Mtro. Ing. Dina Marlene Cotrado Flores por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores, gracias a todos ustedes.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por nuestro trabajo y las sugerencias recibidas por mis padres y hermana, con los que me encuentro en deuda por el ánimo inspirado y la confianza que me depositaron.

Un Agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de nuestros amigos más cercanos los cuales me apoyaron a lo largo de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

**GUTIERREZ CACERES, MIGUEL ANGEL**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE JURADO .....	ii
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE TABLAS .....	x
ÍNDICE FIGURAS .....	x

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCIÓN .....	5
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>7</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	11
1.4 OBJETIVOS .....	12
1.4.1 Objetivo general .....	12
1.4.2 Objetivos específicos .....	13
1.5 HIPÓTESIS .....	13
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	16
2.2 BASES TEÓRICAS .....	23
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	35
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>38</b>
3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.2 POBLACION Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....	39
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	39
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	44
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	44

<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	42
<b>Tabla 2:</b> Periodos y Modos de vibración .....	53
<b>Tabla 3:</b> Desplazamientos máximos en cm .....	54
<b>Tabla 4:</b> Distorsiones entre pisos.....	54
<b>Tabla 5:</b> Propiedades mecánicas de los aisladores.....	57
<b>Tabla 6:</b> Propiedades mecánicas de los deslizadores.....	57
<b>Tabla 7:</b> Periodos y modos de vibración .....	60
<b>Tabla 8:</b> Desplazamientos máximos en cm.....	61
<b>Tabla 9:</b> Distorsiones entrepiso .....	61
<b>Tabla 10:</b> Cargas en aisladores y deslizadores.....	62
<b>Tabla 11:</b> Dimensiones de pernos aisladores .....	76

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista del HHU de Tacna, antes de su demolición.....	9
<b>Figura 2.</b> Grietas en zona de pasillo, pabellón A .....	10
<b>Figura 3.</b> Tuberías y falso cielo en riesgo de colapso, pabellón C.....	10
<b>Figura 4.</b> Vista en planta del primer piso .....	17
<b>Figura 5.</b> Vista en planta típica (Meza, 2015).....	20
<b>Figura 6.</b> Vista planta nivel sótano (Muñoz, 2013).....	21
<b>Figura 7.</b> Vista de los 5 bloque, campus medico Erzurum.....	22
<b>Figura 8.</b> Tumba de Ciro Grande (Geniatus & Lafuente, 2016) .....	24
<b>Figura 9.</b> Vivienda en la zona del mar Caspio (Geniatus & Lafuente, 2016).....	24
<b>Figura 10.</b> Obelisco Egipcio (Geniatus & Lafuente, 2016).....	25
<b>Figura 11.</b> Aislador elastomérico con núcleo de plomo .....	26

<b>Figura 12.</b> Sistema de aislamiento basal.....	27
<b>Figura 13.</b> Aislador de deslizamiento .....	28
<b>Figura 14.</b> Aislador sísmico corredizo .....	29
<b>Figura 15.</b> Edición del Java, Indonesia.....	32
<b>Figura 16.</b> Tuberías y dispositivos flexibles .....	33
<b>Figura 17.</b> Ubicación del HHUT de Tacna.....	44
<b>Figura 18.</b> Vista en planta del edificio principal 3 y 7 niveles del HHU de Tacna ...	46
<b>Figura 19.</b> Vista en planta del edificio principal 3 niveles (bloques A y B) .....	47
<b>Figura 20.</b> Vista en 3D del futuro HHUT de Tacna .....	47
<b>Figura 21.</b> Vista en 3D de los bloques A y B del futuro HHU de Tacna .....	48
<b>Figura 22.</b> Modelo estructural del bloque A y B del edificio principal .....	51
<b>Figura 23.</b> Espectro de Respuesta para el Eje X e Y .....	52
<b>Figura 24.</b> Modelo estructural con aislamiento del bloque A y B .....	55
<b>Figura 25.</b> Modelo de relación constitutiva bi-lineal .....	57
<b>Figura 26.</b> Disposición de aisladores y disipadores en el HHU de Tacna.....	58
<b>Figura 27.</b> Registros de los sismos de Pichilem, Quintay y zapallar .....	59
<b>Figura 28.</b> Espectros de respuesta para sismos artificiales.....	60
<b>Figura 29.</b> Esquema de elementos para instalación del aislador.....	71
<b>Figura 30.</b> Montaje de plantilla .....	72
<b>Figura 31.</b> Ensamblaje final sobre pedestal armado.....	73
<b>Figura 32.</b> Vista emplazamiento de aislador sísmico con grúa transportadora .....	74
<b>Figura 33.</b> Colocación de aislador sísmico sobre pedestal.....	75
<b>Figura 34.</b> Zarandeo del material para el preparado del grout.....	77
<b>Figura 35.</b> Tamizado del grout .....	77
<b>Figura 36.</b> Preparación del grout en la máquina mezcladora .....	78
<b>Figura 37.</b> Colocación del grout sobre el pedestal.....	78
<b>Figura 38.</b> Aplicación del grout en el pedestal.....	79
<b>Figura 39.</b> Ajuste de los pernos en forma secuencial con uso del torquímetro .....	79
<b>Figura 40.</b> Esquema de aplicación del torque – pernos superiores e inferiores .....	80
<b>Figura 41.</b> Aplicación del torque.....	80
<b>Figura 42.</b> Configuración de pernos de anclaje superior .....	81

## RESUMEN

**Problema:** En el año 2010, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID, de la Universidad Nacional de Ingeniería, en concordancia con el contrato de servicio nro. 265-2009-MINSA, presenta el informe final del “ESTUDIO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL SISMICA Y NO ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL HIPOLITO UNANUE DE LA CIUDAD DE TACNA”. Del análisis sísmico se concluye que en los Pabellones A y C las distorsiones de entrepiso superan el límite de la norma NTE E.030. En el caso del Pabellón B, el cual ya había sido reforzado, se encontró que las demandas sísmicas en términos de distorsión satisfacen la NTE E.030.

De lo mencionado anteriormente, a fines del año 2017, a través del Gobierno Regional de Tacna se viene ejecutando el proyecto de construcción del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna, el mismo que contara con 135 aisladores y 35 deslizadores sísmicos.

Si bien es cierto que el campo de la Ingeniería sísmica ha ido de la mano con la tecnología, en el Perú no existe aún mucha experiencia en el diseño y construcción de edificios con aisladores sísmicos en la base.

**Objetivo:** Este trabajo de tesis tiene como objetivo general contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base, de tal manera que se reduzca la vulnerabilidad de las edificaciones ubicadas en zonas altamente sísmicas como es el caso de la Región de Tacna.

**Metodología:** Para la realización de este trabajo se ha realizado el análisis y diseño de los bloques A y B del Nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna. Asimismo, a través de fotos se describe detalladamente el proceso constructivo, de tal manera que este trabajo sirva como referencia para futuros profesionales que desean construir edificios con aisladores sísmicos en la base.

**Conclusiones:** Del análisis y diseño se puede concluir que las deformaciones de entrepiso elásticas máximas en la superestructura son 3.97 y 5.14 por mil para el sismo de diseño y máximo posible, respectivamente. Estos valores cumplen con lo

máximo permitido por la norma E.030, y corresponden a una estimación realista de las deformaciones que sufrirá esta estructura, dado que como hemos visto, su comportamiento será esencialmente elástico. Por otro lado, dichas deformaciones (aún para el sismo máximo posible) están dentro del orden de las deformaciones que se le exige a una estructura convencional para condiciones de servicio. Todo lo anterior permite inferir que aún ante un evento sísmico severo, no existirá daño en los elementos no estructurales o bien si existiera sería mínimo.

Respecto al proceso constructivo, se debe tener especial cuidado en el montaje e instalación de los aisladores sísmicos, ya que estos deben ser muy precisos.

**Palabras Claves:** Aislador sísmico en la base, Hospital, sismo, Vulnerabilidad.

## ABSTRACT

**Problem:** In 2010, the Japanese Peruvian Center for Seismic Research and Disaster Mitigation CISMID, of the National University of Engineering, in accordance with the service contract no. 265-2009-MINSA, presents the final report of the "STUDY OF STRUCTURAL AND NON-STRUCTURAL STRUCTURAL VULNERABILITY OF THE HIPOLITO UNANUE HOSPITAL OF THE CITY OF TACNA". From the seismic analysis it is concluded that in Pavilions A and C the inter-floor distortions exceed the limit of the NTE E.030 standard. In the case of Pavilion B, which had already been reinforced, it was found that seismic demands in terms of distortion satisfy NTE E.030.

From the aforementioned, at the end of 2017, through the Regional Government of Tacna, the construction project of the new Hipólito Unanue hospital in Tacna, which will have 135 insulators and 35 seismic sliders, has been carried out.

Although it is true that the field of seismic engineering has gone hand in hand with technology, in Peru there is still not much experience in the design and construction of buildings with seismic insulators in the base.

**Objective:** The general objective of this thesis is to contribute with technical information in the design and construction of future buildings with elastomeric seismic insulators in the base, in such a way that the vulnerability of buildings located in highly seismic zones is reduced, as is the case of Tacna.

**Methodology:** In order to carry out this work, the analysis and design of blocks A and B of the Hipolito Unanue Hospital of Tacna was carried out. Also, through photos, the construction process is described in detail, in such a way that this work serves as a reference for future professionals who wish to build buildings with seismic insulators in the base.

**Conclusions:** From the analysis and design it can be concluded that the maximum elastic floor deformities in the superstructure are 3.97 and 5.14 per thousand for the design earthquake and maximum possible, respectively. These values comply with the maximum allowed by the E.030 standard, and correspond to

a realistic estimate of the deformations that this structure will suffer, given that, as we have seen, its behavior will be essentially elastic. On the other hand, said deformations (even for the maximum possible earthquake) are within the order of the deformations required of a conventional structure for service conditions. All of the above allows us to infer that even in the event of a severe seismic event, there will be no damage to the non-structural elements or, if it existed, it would be minimal.

Regarding the construction process, special care must be taken in the assembly and installation of the seismic isolators, since these must be very precise.

**Key Words:** Seismic isolator in the base, Hospital, earthquake, Vulnerability.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en una zona de silencio sísmico. Según nuestros antecedentes, el último sismo histórico de gran magnitud fue el ocurrido en el año 1868. La historia de sismos pasados indica que cada vez que ocurre un sismo de gran magnitud la cantidad de pérdidas de vidas humanas y daños materiales es alta.

Así, por ejemplo, en el sismo del 23 de junio del año 2001, se evidenció que los componentes estructurales y no estructurales del Hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna presentan una alta vulnerabilidad. La presencia de daños en los muros divisorios, la caída de los falsos cielos rasos, las fallas en tuberías de agua, y daños en los equipos ocasionó que el servicio de atención al público fuera de manera parcial.

Actualmente existen muchas tecnologías que se aplican en el diseño y construcción de edificios ubicados en zonas altamente sísmicas, una de estas tecnologías es el uso de la aislación sísmica en la base, cuyo fin es reducir el nivel de daño y controlar las vibraciones en los edificios.

En este trabajo se presenta la experiencia técnica y constructiva de la aislación sísmica del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

Esta tesis se encuentra estructurado en 05 capítulos.

En el capítulo I, planteamiento del problema, se presenta la descripción del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos. Asimismo, se da a conocer las hipótesis.

El capítulo II, está referido al marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definiciones.

En el capítulo III, se explica el marco metodológico, tipo y diseño de investigación, población y/o muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos; y el procesamiento y análisis de datos.



En el capítulo IV, se muestra los resultados de la investigación y en el capítulo V, se da a conocer la discusión del trabajo.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**Los Autores**

# **Capítulo 1:**

# **PLANTEAMIENTO DE**

# **PROBLEMA**

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Perú se encuentra ubicado en una de las zonas de más sismicidad a nivel mundial, debido a la subducción de la placa de Nazca y placa Sudamericana. La subducción entre estas placas ha ocasionado diversos sismos de gran magnitud a lo largo de la costa sudamericana como los ocurridos en los años 1868 en Arica-Tacna, 1974 en Lima, 1996 en Nazca, 2001 en Arequipa, 2007 en Pisco, 2014 en Iquique-Chile, 2017 en Valparaíso-Chile, 2016 en Manabí-Ecuador, entre otros.

Debido a nuestra constante actividad sísmica en el Perú, ya se han realizado diversos estudios de Vulnerabilidad sísmica ya sea en colegios, hospitales, viviendas, etc. De esta manera, se ha podido determinar las deficiencias estructurales de las edificaciones, lo que conlleva a establecer estrategias de mitigación con el fin de evitar las pérdidas de vidas humanas y daños en las estructuras.

En la región de Tacna, el Hospital Hipólito Unanue de Tacna, es el único establecimiento hospitalario de categoría II-2 y fue construido en el transcurso del gobierno del presidente Manuel A. Odría; oficialmente fue inaugurado el 28 de agosto de 1954.

En el sismo del 23 de junio del año 2001, se evidenció que los componentes estructurales y no estructurales del Hospital Hipólito Unanue de Tacna presentan una alta vulnerabilidad. La presencia de daños en los muros divisorios, la caída de los falsos cielos rasos, las fallas en tuberías de agua, y daños en los equipos ocasionó que el servicio de atención al público fuera de manera parcial.

En ese sentido, en el año 2010, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID, de la Universidad Nacional de Ingeniería, en concordancia con el contrato de servicio nro. 265-2009-MINSA, presenta el informe final del “ESTUDIO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

SISMICA Y NO ESTRUCTURAL DEL HOSPITAL HIPOLITO UNANUE DE LA CIUDAD DE TACNA”. Del diagnóstico estructural del estudio se concluye que luego del sismo del año 2001, el edificio sufrió daño en tabiquerías y líneas vitales, mas no en elementos estructurales. Del análisis sísmico y considerando las características de los materiales y tipo de suelo, se concluye que en los Pabellones A y C las distorsiones de entrepiso superan el límite de la norma NTE E.030, por lo que se recomienda reforzar las columnas. En el caso del Pabellón B, el cual ya había sido reforzado, se encontró que las demandas sísmicas en términos de distorsión satisfacen la NTE E.030.



**Figura 1.** Vista del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, antes de su demolición (Fuente:<https://gestion.pe/economia/empresas/assignia-adjudica-cuatro-obras-peru-us-157-millones-107933>).

En lo que respecta a la vulnerabilidad de los elementos no estructurales se concluyó que en general se evidencia una deficiencia en el mantenimiento de todo el establecimiento, lo que pone en riesgo además de las estructuras a las líneas vitales, el equipamiento y a los elementos arquitectónicos, esta situación afectaría la operación del Hospital en cualquier momento, sin que necesariamente haya un desastre.



**Figura 2.** Grietas en zona de pasillo, Pabellón A (Fuente: Resumen Ejecutivo, Estudio de Vulnerabilidad estructural sísmica estructural y no estructural del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, CISMID, 2010).



**Figura 3.** Tuberías y Falso cielo en riesgo de colapso, Pabellón C (Fuente: Resumen Ejecutivo, Estudio de Vulnerabilidad estructural sísmica estructural y no estructural del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, CISMID, 2010).

De lo mencionado anteriormente, a través del Gobierno Regional de Tacna se ejecuta el proyecto del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna en un área total de 41, 720 m<sup>2</sup>, el mismo que contará con un área construida de 36,288 m<sup>2</sup>. La estructura tendrá desde 3 hasta 7 niveles, con un total de 135 aisladores y 35 deslizadores sísmicos. Cabe resaltar que la inclusión de los aisladores sísmicos se debe a cambios en la nueva norma de Diseño Sismo resistente de Edificaciones NTE E.030, en la que se especifica que para edificaciones esenciales de categoría A1, es necesario la Inclusión de aisladores sísmicos en la base.

Si bien es cierto que el campo de la Ingeniería sísmica ha ido de la mano con la tecnología, con el único fin de evitar de pérdidas de vidas humanas, tal como es el caso del uso de aisladores y disipadores de energía; en el Perú no existe aún mucha experiencia en el diseño y construcción de edificios con aisladores sísmicos en la base. Es por ello que se propone este tema de investigación denominado “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”.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De lo descrito en el ítem 1.1, se plantea el siguiente problema principal:

¿Cómo podemos contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base, de tal manera que se reduzca el impacto social y económico que genera un evento sísmico?

Para dar respuesta a la interrogante principal, se ha planteado las siguientes interrogantes secundarias:

- ¿Qué resultado se obtiene de comparar los periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B considerando modelos de base fija y base aislada?
- ¿Cómo se realiza el Diseño de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna?
- ¿Cuáles son las etapas del proceso constructivos de montaje e instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En diferentes países del mundo como es Estados Unidos, Japón y Nueva Zelanda, existe una vasta investigación y aplicación de los aisladores sísmicos en la base y su utilización en otros países es cada vez mayor. Sin embargo, existen muy pocos edificios en el Perú construidos con estos sistemas.

Entre las principales ventajas del uso de los aisladores sísmicos en la base se encuentran: Disminuye la aceleración, el desplazamiento, y las fuerzas cortantes del Edificio, mejorando de esta manera el comportamiento sísmico. Sin embargo, la poca experiencia de nuestros profesionales ya sea en el Diseño y Construcción puede ocasionar graves daños en la estructura, generando gran pérdida de vidas humanas en caso se presente un sismo de gran magnitud como es lo que esperamos en Tacna.

Por lo tanto, la presente tesis se justifica por lo siguiente:

- **Desde el punto de vista sísmico**, porque Tacna se encuentra en una zona de silencio sísmico que concentra gran cantidad de energía, siendo el último sismo de gran magnitud el ocurrido en el año 1868.
- **Desde el punto de vista normativo**, ya que en la NTE E.030 se especifica que los establecimientos del sector de salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel se clasifican como categoría A1 (Edificaciones esenciales), y por lo tanto deben poseer aislamiento sísmico en la base cuando se encuentran en la zona sísmica 3 y 4 como es el caso de Tacna.
- **Desde el punto de vista tecnológico**, ya que a nivel mundial constituye una innovación en el campo de la ingeniería sísmica, y es una experiencia muy exitosa y difundida en numerosas edificaciones. Sin embargo, en el Perú el uso de esta tecnología recién se ha iniciado desde el año 2010. A pesar que en el Perú existen varios proyectos ya construidos con este tipo de tecnología, son muy pocos los profesionales de nuestro país que cuentan con experiencia en el diseño sísmico de hospitales con aisladores sísmicos en la base, tampoco existe amplia bibliografía en el sistema constructivo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar los resultados de periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B, considerando modelos con base fija y base aislada.
- Diseñar los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.
- Describir las etapas del proceso constructivo de montaje e instalación de los aisladores sísmicos en la base del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Como hipótesis general, se ha planteado lo siguiente:

Se puede contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base, mediante la experiencia obtenida durante la ejecución del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.

### **1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Como hipótesis específicas, se han considerado las siguientes:

#### **- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01**

Comparando los resultados de periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B, considerando modelos con base fija y base aislada; el modelo aislado presenta un mejor comportamiento sísmico.

#### **- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02**

Se puede diseñar los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna, haciendo uso de la norma americana ASCE/SEI 7-10, ASCE/SEI 7-17 y el nuevo proyecto de norma de aislamiento sísmico E-031 (SENCICO).



- **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 03**

Se puede describir las etapas del proceso constructivo de montaje e instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, en los bloques A y B en base a la experiencia obtenida durante la ejecución del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.

## **Capítulo 2:**

# **MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Durante la realización de este trabajo se ha encontrado amplia información referida principalmente al diseño de los aislamientos sísmicos, basados principalmente en normatividades del ASCE 7-10 y FEMA.

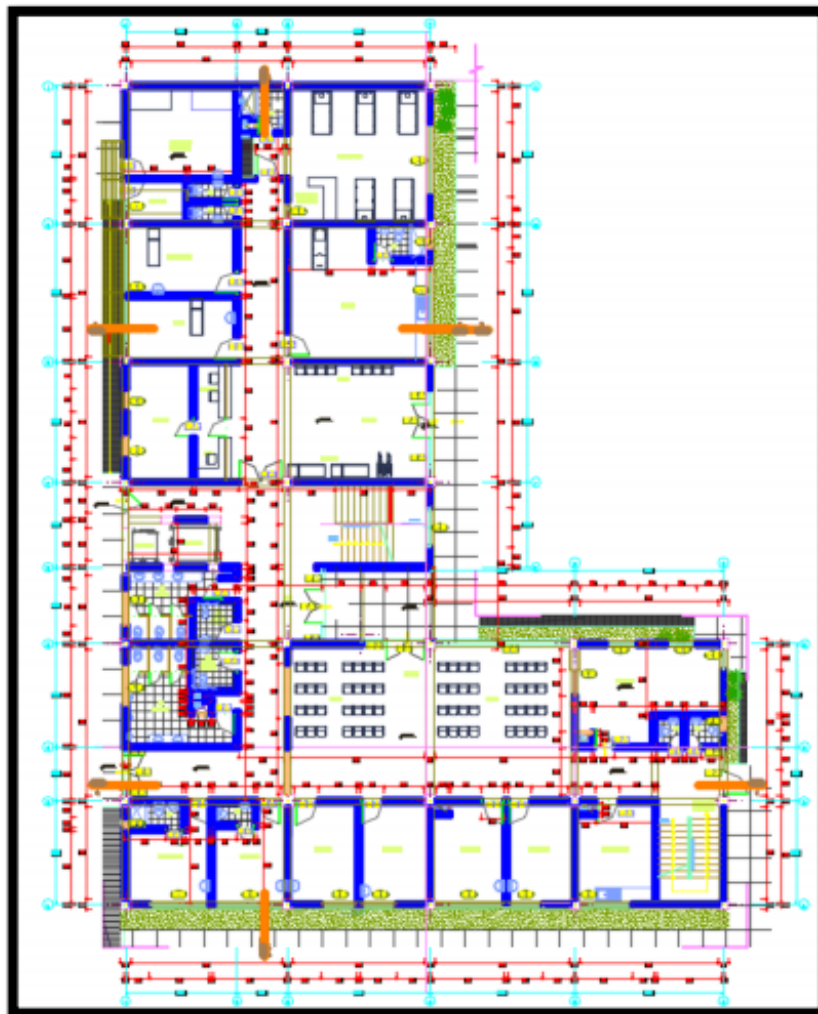
En lo que respecta al proceso constructivo y montaje, no se ha encontrado mucha información disponible.

A continuación mencionamos algunos de los trabajos desarrollados a nivel Nacional e Internacional, los cuales sirven como antecedente a este trabajo de tesis.

#### **Aislamiento Sísmico de un Edificio de un Hospital de 04 pisos en la Región de Arequipa. Yosep Cáceres & Carlos Aquino, 2017.**

En este estudio se desarrolla el análisis y diseño de una edificación hospitalaria de configuración irregular en planta, de cuatro niveles, ubicada en el distrito de la Joya, provincia y departamento de Arequipa.

Para elegir el sistema de aislamiento más apropiado, se realizó un análisis de dos combinaciones de tipos de aisladores. La primera, una combinación de aisladores de tipo HDR (aisladores de alto amortiguamiento) y la segunda una combinación mixta conformada por aisladores HDR y LRB (aisladores con núcleo de plomo). Posteriormente, se aplicó un análisis dinámico modal espectral según la norma UBC-97, con la finalidad de evaluar y elegir el sistema de aislación con mejor comportamiento estructural. Finalmente, se realiza un análisis comparativo de respuesta entre las estructuras de base fija y base aislada, donde se analiza las ventajas que pueda presentar el sistema de base aislada.



**Figura 4.** Vista en planta de primer piso (Fuente: Cáceres & Aquino, 2017).

Las conclusiones fueron:

- De los dos sistemas de aislación propuestos se escogió el sistema mixto “HDR y LRB” (aisladores de alto amortiguamiento y aisladores con núcleo de plomo) ya que se obtienen mejores resultados; en consecuencia un mejor comportamiento de la superestructura, principalmente por el efecto que produce la inclusión de los aisladores con núcleo de plomo en las participaciones modales, las cuales son mucho más marcadas que en el sistema “HDR” (aisladores de alto amortiguamiento). Se puede notar claramente que la dirección predominante en el modo, tiene muy poca interferencia de las otras direcciones, porque las que son traslacionales tienen muy poca influencia torsional, esto es de sobremano muy beneficioso para la superestructura, ya que garantiza que esta se comporte como un cuerpo

rígido, y no tengamos que preocuparnos del efecto de aleteo debido a su configuración irregular en planta (forma de “L”).

- Los desplazamientos en la superestructura del edificio aislado se redujeron en un promedio de 55% en el sentido “X” y 53% en el sentido “Y” de lo que se obtendría en el edificio convencional. Con esto el porcentaje de reducción de desplazamientos en promedio es del orden del 45% para el sentido “X” y 47% para en el sentido “Y”. Ambos perfiles de desplazamiento tanto en el edificio de base fija y el de base aislada presentan un comportamiento lineal, lo cual nos da porcentajes de reducción proporcionales, en el primer nivel donde ambos desplazamiento son similares. Por otro lado; se determinó que los desplazamientos máximos de sistema de aislamiento para el análisis dinámico son de 41.44cm y 38.96cm para los ejes de análisis X y Y respectivamente; por lo cual se consideró una separación sísmica del sistema de aislamiento de 45 cm.
- Se calcularon las aceleraciones necesarias para la determinación los daños en el equipamiento y contenido de la superestructura, determinando que la aceleración absoluta de todos los pisos del edificio aislado se reduce a un perfil muy uniforme con un valor que oscila entre 1.45 a 1.62 m/seg<sup>2</sup> (0.148g a 0.165g) para el sismo X-X y 1.44 a 1.57 m/seg<sup>2</sup> (0.147g a 0.16g); obteniéndose aceleraciones del 60% al 25% (del primer al último piso) de lo que se alcanzaría en el edificio convencional, es decir que el porcentaje de reducción de aceleraciones absolutas resultante de aislar el edificio es del orden de 55%
- Las fuerzas generadas en cada piso del edificio aislado son en promedio el 36% de las correspondientes a la del edificio de base fija, lo que representa en promedio una reducción del 64% por parte del edificio aislado respecto al de base fija.
- Haciendo referencia a las derivas de entrepiso, el enfoque se va a centrar en el piso que presente mayores derivas, ya sea en el caso del edificio empotrado o del edificio aislado. En este sentido se determinó que las derivas se reducen de 0.007 hasta 0.0027 en la dirección “X” y de 0.006 hasta 0.0025 para la dirección “Y”, lo cual representa un porcentaje de reducción de derivas de entrepiso de 62% en “X” y 60% en “Y”

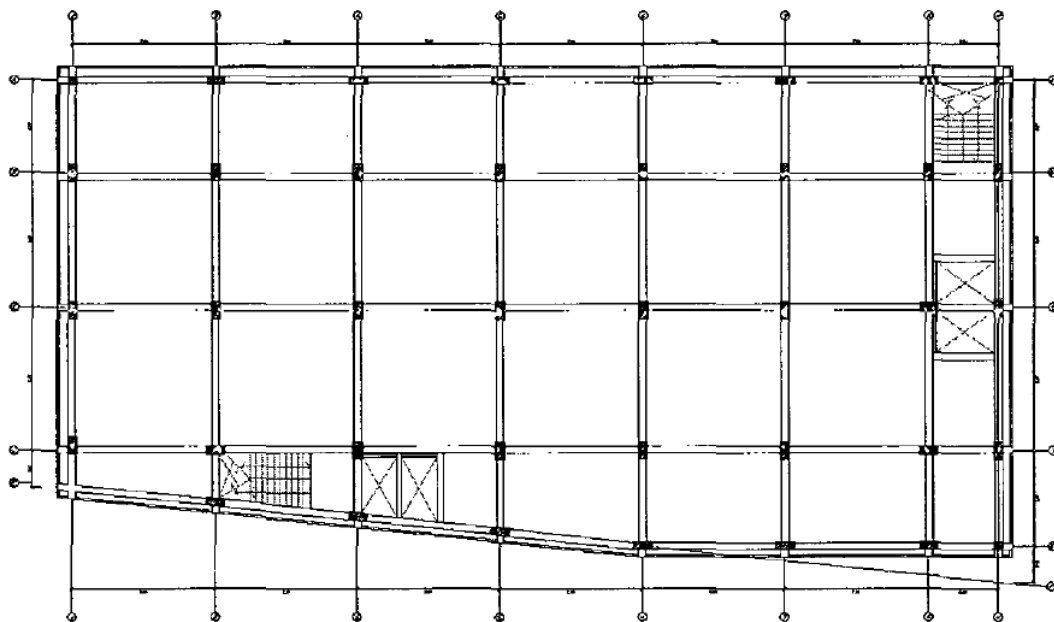
- En cuanto al diseño del edificio aislado se utilizó la norma UBC-97 para su modelamiento y análisis y la norma NTP E-060 para el diseño de los elementos estructurales. Se cumplió con todas las disposiciones establecidas en ambas normas, las fuerzas laterales tanto para la superestructura como para el sistema de aislamiento son superiores a las mínimas establecidas, además los niveles relativos de entrepiso se ubicaron por debajo de los niveles establecidos. Se observó además que los esfuerzos resultantes de los elementos estructurales son notoriamente menores comparados con el edificio de base fija.

### **Análisis y Diseño de un Hospital con aisladores elastómeros en el Perú. Zutner Meza, 2015.**

En esta tesis se presenta la investigación de diseño de un hospital utilizando aisladores sísmicos, enfocada principalmente a aisladores elastoméricos y deslizadores friccionales. Asimismo se realiza una comparación del comportamiento de la estructura aislada y la estructura sin aislar, mostrando una gran disminución de desplazamientos, derivas y aceleraciones.

Para el diseño de los sistemas aislados se tomó en consideración lo establecido en el ASCE 7-1, el cual está referido al comportamiento dinámico de edificios con aisladores sísmicos, donde se aplicó un análisis dinámico con el espectro de respuesta del Proyecto de Norma E 030-2014, por otro lado se calcularon las propiedades bilineales de cada dispositivo, para ello se consideró un período objetivo de 2.6 segundos, este valor asegura buenos niveles de respuesta porque aleja a la estructura de las zonas de mayor energía de los sismos en el Perú. Los parámetros de los aisladores (rigidez y amortiguamiento) que se implementaron en el programa computacional ETABS se calcularon por el procedimiento de fuerzas laterales equivalentes, finalmente se verificó que los periodos en ambas direcciones sean similares al periodo objetivo.

El edificio de análisis corresponde a la Clínica de Especialidades Médicas, ubicada en el distrito de San Borja en la ciudad de Lima.



**Figura 5.** Vista planta típica (Fuente: Meza, 2015).

Entre las principales conclusiones se tiene:

- Se ha verificado que al insertar un sistema de aislamiento a una estructura convencional (tal y cual están las dimensiones de los elementos) las derivas y aceleraciones por piso, que están relacionadas de manera muy directa con los daños en los elementos estructurales y el contenido, se reducen hasta 86.9% en derivas y 73.9% en aceleraciones. Hay que tener en cuenta que con las dimensiones trabajadas no se cumple con las derivas máximas permitidas de una estructura convencional (0.007). Si se cumple con esta condición, las derivas de la estructura aislada seguirán siendo menores, en nuestro caso de 0.00225; pero ello llevará a tener mayores aceleraciones debido a que se aumentará la rigidez de la estructura.
- La aceleración absoluta de todos los pisos del edificio aislado se reducen considerablemente a un perfil uniformemente creciente hasta llegar a un valor de 0.88 m/seg<sup>2</sup> en X y 0.9 m/s<sup>2</sup> en Y. Por el lado del edificio convencional la aceleración absoluta llega a 3.4 m/seg<sup>2</sup> en X y 3.12 m/seg<sup>2</sup> en Y, estos valores demuestran que el edificio con el sistema aislado, controla los daños que se pueden presentar en el interior del edificio.



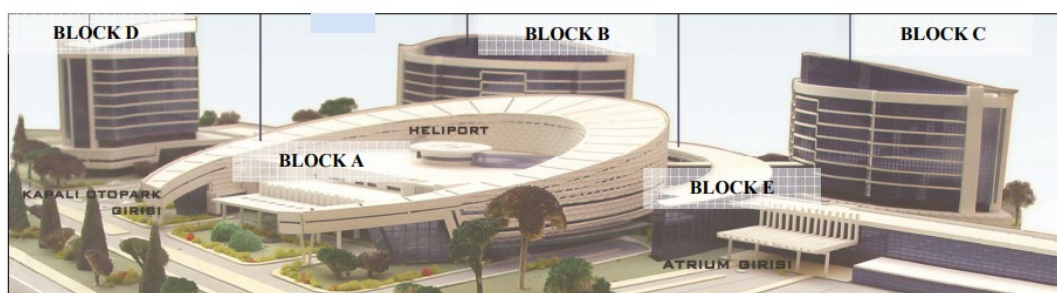


- A pesar de no contar con normativa nacional específica para el caso de edificaciones aisladas sísmicamente es posible adaptar las nociones de la norma E.030.
- El uso de aisladores sísmicos de base brinda resultados muy satisfactorios para el diseño y protección de estructuras de carácter esencial ya que también protege sus contenidos.

**Seismic Isolated Hospital Design Practice in Turkey: Erzurum Medical Campus.**  
**J. Kubin, D. Kubin, A. Özmen, O.B. Şadan, E. Eroğlu, H. Sucuoğlu, & S. Akkar,**  
**2012.**

El aislamiento de base sísmica es la forma más conocida y probada de mantener las estructuras seguras e inmediatamente en servicio después de grandes actividades sísmicas. Aunque se practica ampliamente en algunos países como Estados Unidos y Japón, es un área de conocimiento bastante nueva y desconocida en Turquía.

El Campus médico “Erzurum” ha sido diseñado como uno de los hospitales con aislamiento sísmico más grande del mundo, el cual cuenta con 6 bloques de edificios los cuales fueron construidos en dos etapas. En la primera etapa se construyó el primer bloque y en la segunda etapa los 5 bloques. En este trabajo, se describe la elección del tipo de aislador sísmico para los 5 bloques (A, B, C, D y E) construidos en la segunda etapa, así como las características utilizadas en cada diseño.



**Figura 7.** Vista de los 5 bloques, Campus medico Erzurum (Fuente: J. Kubin, D. Kubin, A. Özmen, O.B. Şadan, E. Eroğlu, H. Sucuoğlu, & S. Akkar, 2012).

Como conclusión de esta investigación se tuvo:

- Durante la etapa de diseño, las propiedades básicas y los tipos de aisladores aún no se habían definido.
- Se ha demostrado en este documento que el diseño de aislamiento de la base aumenta considerablemente el rendimiento estructural al reducir el desplazamiento relativo de entre piso, por lo que se asegura que los hospitales deben estar inmediatamente en servicio después de un evento sísmico importante.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Aisladores sísmicos ¿una innovación en la ingeniería sísmica? (Geniatus & Lafuente, 2016)**

Las experiencias de destrucción y los esfuerzos por minimizar los desastres producidos por los terremotos, han acompañado al desarrollo de las ciudades desde la antigüedad. Como consecuencia, distintas técnicas han sido ensayadas a lo largo de la historia por artesanos y constructores.

Las primeras técnicas utilizadas incluían mecanismos de aislamiento sísmico, fundamentados en la idea de aislar las construcciones de los movimientos del terreno producidos por el sismo. En la antigüedad, tres técnicas de aislamiento sísmico destacan, entre las que se tiene:

- El uso de varias capas de piedras bajo la base de la estructura. Las piedras eran cortadas, con superficies alisadas, y colocadas sin mortero.
- El uso de piezas de apoyo de madera, y la colocación de varias capas de arena, piedras, y algunas veces otros materiales, entre el suelo y las paredes.



**Figura 8.** Tumba de Ciro Grande (Fuente: Geniatus & Lafuente, 2016). La tumba de Ciro Grande fue construida en el año 550 A.C en Pasargadae, Persia. Se observa el uso de piedras cortadas, alisadas y colocadas en varias capas sin mortero.



**Figura 9.** Vivienda en la zona del mar Caspio (Fuente: Geniatus & Lafuente, 2016). El uso de fundaciones de madera es otra manera tradicional de generar aislamiento sísmico.



**Figura 10.** Obelisco Egipcio (Fuente: Geniatus & Lafuente, 2016). Creado en el año 1450 A.C. a partir de una roca de 18.67m, y que fue transportado a Constantinopla en 379-395 D.C. Fue emplazado sobre 4 bloques de bronce de 50 cm de lado, los cuales a su vez están colocados sobre un bloque de mármol de 3 m de lado, apoyado sobre capas de piedra orthostat

### 2.2.2 Tipos de Aisladores Sísmicos (Geniatus & Lafuente, 2016)

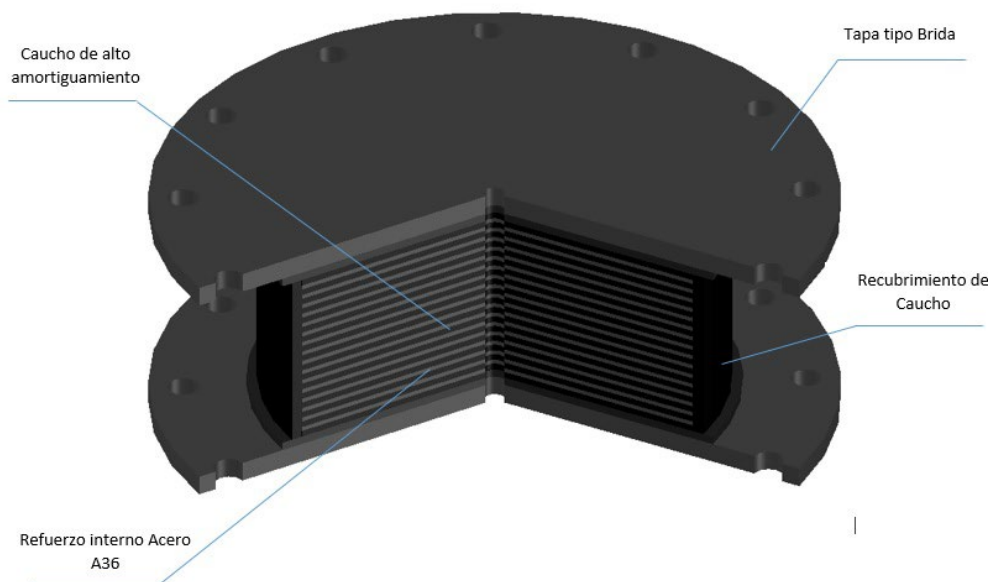
Hay mucha diversidad en los diseños de aisladores sísmicos. Estos, sin embargo, pueden agruparse en dos tipos: Los elastoméricos y los de deslizamiento.

#### a. **Aisladores elastoméricos:**

Consisten en elementos que permiten grandes deformaciones laterales. Son cilindros cortos con capas de materiales flexibles como pueden ser gomas de alta resistencia, alternadas con láminas o capas de acero. Estos dispositivos tienen gran resistencia a las cargas verticales que genera la estructura, debido a la presencia de las capas de acero, que restringen las excesivas deformaciones por abultamiento de las capas de goma, mientras que no tienen mayores efectos en los desplazamientos horizontales. El resultado es un elemento de aislamiento que posee una gran rigidez vertical, comparada con la baja rigidez lateral.

La goma utilizada en la elaboración de los aisladores puede ser de origen natural o sintético. Las propiedades mecánicas de los aisladores son verificadas mediante ensayos de laboratorio y entregadas al diseñador o al propietario.

Con el fin de limitar también el movimiento relativo y disipar energía, los aisladores deben generar altos valores de amortiguamiento. Para ello se incluyen núcleos de plomo. El plomo es utilizado principalmente por su comportamiento elastoplástico, su capacidad de mantener la resistencia durante múltiples ciclos de deformaciones plásticas, además de los altos valores de amortiguamiento que se consiguen, los cuales pueden llegar al 25% o inclusive al 30% del amortiguamiento crítico. Debe tenerse presente que valores muy altos de amortiguamiento, no necesariamente son beneficiosos, aun cuando el nivel a partir del cual esto ocurre, no ha sido determinado con precisión todavía. En ocasiones se usan núcleos de goma que producen un amortiguamiento del orden del 12% (entre 8% y 16%) del amortiguamiento crítico, o amortiguadores hidráulicos.



**Figura 11.** Aislador elastoméricos con núcleo de plomo (Fuente: [Genhttps://www.ingecivil.net/2018/08/13/funcionan-los-aisladores-sismicos/](https://www.ingecivil.net/2018/08/13/funcionan-los-aisladores-sismicos/)). El plomo admite grandes deformaciones e incrementa el amortiguamiento, el cual varía en función del diámetro del núcleo de plomo.





**Figura 12.** Sistema de aislamiento basal (Fuente: [Genhttps://www.ingecivil.net/2018/08/13/funcionan-los-aisladores-sismicos/](https://www.ingecivil.net/2018/08/13/funcionan-los-aisladores-sismicos/)). El conjunto de aisladores, vigas, losas y cimentación conforman el sistema de aislamiento basal.

#### **b. Aisladores de deslizamiento:**

Se basan en apoyos con planchas metálicas que permiten desplazamientos relativos entre las dos planchas. El desplazamiento relativo de las planchas permite aislar el movimiento de la fundación de la estructura, por lo que no se transmite toda la energía de movimiento a la estructura. Estos sistemas deben producir poca fricción a fin de sólo transmitir parte de la fuerza de corte, pero por otro lado, la fricción debe ser suficiente como para que fuertes vientos o pequeños temblores no generen desplazamientos. En algunos casos pueden colocarse fusibles en los aisladores, de manera de garantizar la transmisión del corte hasta cierta magnitud prefijada; en estos casos, la magnitud de ruptura de los fusibles es aquella a partir de la cual deben aceptarse los desplazamientos en el aislador. Los fusibles también pueden ser colocados para que entren en funcionamiento al ocurrir grandes deformaciones, a fin de limitarlas e impedir el colapso; en este caso, la estructura es libre de moverse hasta alcanzar un desplazamiento límite, a partir del cual los fusibles entran en

funcionamiento y comienzan a transmitir corte a la estructura. Este segundo tipo de fusibles es utilizado en puentes.

La versión más sencilla de este tipo de aisladores, consiste en dos planchas planas de acero inoxidable, con un material intermedio de baja fricción; dado que, al ocurrir un movimiento severo que desplaza la estructura, cambia la posición relativa de las planchas, se considera que los aisladores de planchas planas no son autocentrantes, es decir, no regresan a su posición de equilibrio inicial. Esto puede ser especialmente inadecuado para elementos no estructurales, como pueden ser las tuberías o escaleras de acceso exterior. Es por esta razón que se introducen elementos que limiten los desplazamientos relativos o mecanismos que recentren la estructura a su posición inicial. Algunos de los mecanismos de realineamiento para aisladores de planchas planas, consisten en la inclusión de anillos que limitan los desplazamientos relativos e incluyen resortes que amortiguan el impacto en los anillos y producen una fuerza que regresa la estructura a la posición central. Este tipo de mecanismos no son ampliamente utilizados. En cambio, es más frecuente el uso de planchas de superficie curva.



**Figura 13.** Aislador de deslizamiento (Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/maurerse/product-126637-1907634.html>). El péndulo de deslizamiento adaptable permite reducir a un valor mínimo la aceleración absoluta pico de la estructura.



**Figura 14.** Aislador sísmico corredizo (Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/maurerse/product-126637-1907631.html>). La rótula se mueve entre dos placas de apoyo cóncavas y simétricas, duplicándose la capacidad de desplazamiento en comparación a los péndulos de aislamiento deslizantes simples.

### **2.2.3 Ventajas y Desventajas de los aisladores sísmicos (Geniatus & Lafuente, 2016)**

Los sistemas de aislamiento sísmico presentan un conjunto de ventajas:

- Como primera ventaja se tiene que los procedimientos de análisis son simplificados; esto se debe a que la incorporación de los elementos flexibles de aislamiento, por tener un periodo de vibración significativamente más alto que la estructura, permiten desacoplar la respuesta sísmica, y de esa manera la estructura pasa a comportarse como un cuerpo rígido.
- La simplificación del análisis va asociada a que la respuesta es controlada por el primer modo de vibración, y las contribuciones de los modos superiores son despreciables.



- La mayoría de las estructuras pueden ser analizadas como sistemas de tres grados de libertad, y en el caso de tener distribuciones que permitan reducir significativamente la torsión, pueden utilizarse procedimientos de análisis todavía más sencillos, mediante la aplicación de métodos estáticos simplificados.
- El incremento del período fundamental de la estructura genera reducciones en las aceleraciones espectrales, lo cual reduce las fuerzas a las cuales está sometido el conjunto estructura-aisladores. Esto reduce las aceleraciones en la base de la estructura y en los pisos de la edificación.
- La presencia de los aisladores en la base y el mencionado comportamiento de cuerpo rígido genera pequeños desplazamientos entre pisos, con lo que puede, en muchos casos, realizarse un diseño elástico de los elementos estructurales. La reducción de los desplazamientos relativos entre pisos también trae como consecuencia una disminución de las solicitaciones sobre los elementos no estructurales, permitiendo de esta manera una reducción significativa de los daños en elementos estructurales y en elementos no-estructurales.
- La reducción de las solicitaciones sobre los miembros estructurales trae como consecuencia que sus dimensiones pueden disminuir, con lo que se presentan ventajas desde el punto de vista arquitectónico. Entre las consideraciones de diseño hay que prever el espacio circundante alrededor de la edificación que debe permitir el libre movimiento de la misma. Este espacio debe concebirse de manera tal que facilite el fácil acceso para la verificación del estado de los aisladores y su eventual sustitución, a la hora de presentar daño.
- La presencia del sistema de aisladores y su correcto diseño y distribución contribuye a reducir los efectos de la torsión en la respuesta sísmica.
- Permite la reducción de los daños en la estructura, así como la reducción de los daños no estructurales. Las zonas de mayor daño quedan concentradas en los aisladores, por lo que resulta más fácil la inspección y reparación de la estructura, la cual puede inclusive lograrse con la reparación o sustitución de aisladores.
- El uso de los aisladores permite concentrar las incertidumbres sobre los procesos constructivos y sus eventuales fallas al momento de la ocurrencia

de un terremoto, en los mismos aisladores, los cuales, a su vez, permiten un mejor control de calidad que el que tradicionalmente se puede conseguir cuando se construye una edificación, especialmente en países en los que la mano de obra no es muy calificada.

- Una de las mayores ventajas del uso de aisladores sísmicos es que la operatividad de las estructuras puede recuperarse inmediatamente después de la ocurrencia de un terremoto, en la medida en que se logran los objetivos de desempeño previstos.

Como desventajas, se tiene:

- La primera dificultad es la asociada a la presencia de grandes desplazamientos en la base de la estructura, y como consecuencia del comportamiento de cuerpo rígido, en toda la estructura de manera simultánea (con mínimos desplazamientos relativos). Estos grandes desplazamientos se concentran en la zona de la edificación en la que se colocan los aisladores, los cuales, en la mayoría de los casos van sobre las fundaciones, pero en varios casos, especialmente en estructuras que han sido reparadas o reforzadas con aisladores sísmicos, pueden requerir ser colocados en niveles intermedios, en la parte baja de la estructura. Los desplazamientos pueden tener un orden de entre 20 cm y 50 cm para fuertes terremotos. En la mayoría de los casos, el espacio necesario para permitir los desplazamientos, se prevén en la zona inferior al primer piso, por lo que el plano de aislamiento queda a nivel inferior al suelo. Pero otras soluciones pueden también desarrollarse.



**Figura 15.** Edificación en Java, Indonesia, construida con el plano de aislamiento sobre el terreno. (Fuente: Geniatus & Lafuente, 2016). Se observa el caso de una edificación que fue colocada sobre aisladores sin restricciones y a un nivel externo, de piso, lo cual presente una excelente y económica solución.

- Los grandes desplazamientos pueden afectar estructuras vecinas. Estos daños en estructuras vecinas pueden producir la caída de residuos que podrían introducirse en los espacios necesarios para que la edificación aislada pueda moverse; si esto ocurre, se pierde la capacidad de aislamiento.
- Entre las limitaciones debe considerarse el espacio circundante alrededor de la edificación que debe permitir el libre movimiento de la misma. Este espacio debe concebirse de manera tal que facilite el fácil acceso para la verificación del estado de los aisladores y su eventual sustitución, a la hora de presentar daño.
- Los grandes desplazamientos adicionales introducen requerimientos especiales de flexibilidad de las juntas de las tuberías de los sistemas de servicio para la edificación, como son agua potable, aguas servidas, gas, electricidad, telecomunicaciones, etc, ya que estas tuberías cruzan el plano de aislación. La Figura 16 muestra instalaciones con dispositivos de flexibilidad.



**Figura 16.** Tuberías y dispositivos flexibles para permitir los movimientos propios de los edificios con aislamiento sísmico. (Fuente: Geniatus & Lafuente, 2016).

- Las consideraciones arquitectónicas también deben revisarse en el diseño de cada edificación; por ejemplo la presencia de escaleras y rampas de acceso a la edificación, los ascensores y escaleras mecánicas, entre otros dispositivos, deben ser concebidas de manera tal que se adapten a los movimientos en la zona de interface y a las distancias que quedan al dejarse los espacios alrededor de la edificación para permitir su movimiento. Las escaleras y rampas de acceso deben ser fijadas a la estructura y ser construidas de manera tal que puedan moverse.
- La presencia de aisladores impone un plan de mantenimiento para la estructura, que no es necesario para estructuras no aisladas. Este plan de mantenimiento debe incluir la verificación del estado de la zona que permite los desplazamientos alrededor de la estructura.

#### **2.2.4 Proyecto de Norma técnica Aislamiento sísmico E.031.**

En el Perú, el 27 de diciembre del año 2018, con resolución ministerial N°430-2018-VIVIENDA, se aprueba el proyecto de norma E.031, el cual forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para elaborar la norma E.031 se tomó como referencia:

- Minimum design loads for buildings and other structures, Structural Engineering Institute Of the American Society of Civil Engineers. (ASCE/SEI 7-10 y ASCE / SEI 7-17)

- Norma de Aislamiento Sísmico de Chile
- Norma de diseño sismo resistente E.030-16 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Esta norma consta de 8 capítulos y 03 anexos, y está orientada al diseño del sistema de aislamiento, a la elaboración de las especificaciones técnica y a la supervisión de las pruebas de calidad de los aisladores.

Algunas consideraciones importantes dadas en la norma E.031, son:

- El desarrollo del proyecto de aislamiento debe ser elaborado por profesionales que actúen con total independencia de los proveedores o fabricantes de los dispositivos.
- El proyecto de aislamiento debe especificar las características técnicas del sistema de aislamiento sin especificación del tipo de dispositivos, fabricante o proveedor.
- El programa de monitoreo, inspección y mantenimiento se debe preparar y presentar como parte del proyecto.
- En los planos para cada tipo de aislador se debe indicar: Desplazamiento máximo, rigidez y amortiguamiento efectivos nominales, rango para rigidez y amortiguamiento efectivos, carga axial última para el desplazamiento total, factores de seguridad requeridos y factores extremos modificatorios de las propiedades según el anexo I.
- Las propiedades de las componentes y del sistema de aislamiento provisto para la obra, deben ser verificadas por el ingeniero responsable del diseño estructural y del sistema de aislamiento, en función de los resultados de los ensayos de unidades prototipos y de obra.
- Se debe efectuar una revisión del diseño del sistema de aislamiento y de los programas de ensayos requeridos. La revisión debe ser realizada por ingenieros civiles colegiados y habilitados independientes del diseñador y proveedor de dispositivos, con experiencia demostrada en proyectos que incluyan sistemas de aislamiento sísmico.
- La revisión debe incluir, pero no limitarse a los siguientes temas:
  - Criterios de diseño del proyecto, que deben incluir los espectros de respuesta y registros de aceleración del terreno usados.

- Diseño preliminar, incluyendo la selección de los dispositivos, determinación del desplazamiento traslacional y total, y la fuerza cortante en el sistema de aislamiento.
- Revisión de la información técnica de los aisladores y de los factores de modificación de sus propiedades correspondientes al fabricante y a los tipos de dispositivos previstos
- Programa de ensayos de los prototipos.
- Diseño final del sistema estructural y todos los análisis que lo sustentan.
- Compatibilidad del diseño final de las instalaciones correspondientes a las distintas especialidades con los desplazamientos previstos en la interfaz de aislamiento.
- Programa de ensayos de los aisladores a instalarse en obra.

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

A continuación, se hace una breve descripción de algunos términos técnicos, los cuales fueron extraídos de la NTE E.031 (Proyecto de Norma de aislamiento sísmico) del Reglamento Nacional de Edificaciones y otras bibliografías.

- **Aislador:** Elemento estructural del sistema de aislamiento que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas (norma E.031, 2018).
- **Amortiguamiento efectivo:** El valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada en la respuesta cíclica del sistema de aislamiento (norma E.031, 2018).
- **Desplazamiento traslacional:** Desplazamiento lateral máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, excluyendo el desplazamiento adicional generado por la torsión natural y accidental. El desplazamiento traslacional debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento (norma E.031, 2018).
- **Desplazamiento total:** Desplazamiento lateral máximo, incluyendo el desplazamiento adicional generado por el efecto de la torsión natural y accidental, que se requiere para verificar la estabilidad de los aisladores y del sistema de aislamiento, para determinar las separaciones entre estructuras, y para los ensayos de los aisladores prototipo. El desplazamiento total debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de

aislamiento (norma E.031, 2018).

- **Interfaz de aislamiento:** Zona o espacio generado por el sistema de aislamiento que está limitado en su parte superior por la superestructura, que está aislada, y en su parte inferior por la subestructura o cimentación, que se mueve rígidamente con el terreno (norma E.031, 2018).
- **Nivel de base:** El primer nivel de la estructura aislada por encima de la interfaz de aislamiento, el cual incluye vigas, losas, capiteles y todos los elementos de conexión (norma E.031, 2018).
- **Rigidez efectiva o secante:** El valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento, o en parte de él, dividido entre el correspondiente desplazamiento lateral (norma E.031, 2018).
- **Scragging:** Degradación temporal de las propiedades mecánicas de los aisladores elastoméricos, como resultado de acciones cíclicas (norma E.031, 2018).
- **Sismo máximo considerado (SMC):** Sismo cuyo efecto sísmico se define como 1.5 veces el del sismo de diseño especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente (norma E.031, 2018).
- **Sistema de aislamiento:** Conjunto de elementos estructurales que incluye los aisladores, todos los elementos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones. Así mismo, incluye los sistemas de restricción contra viento, los dispositivos de disipación de energía y los sistemas de restricción de desplazamiento, si tales elementos son usados para satisfacer los requisitos de diseño de esta norma (norma E.031, 2018).
- **Sistema de restricción de desplazamiento:** Conjunto de elementos estructurales que controlan progresivamente el desplazamiento lateral de las estructuras sísmicamente aisladas (norma E.031, 2018).
- **Sistema de restricción contra viento:** Conjunto de elementos estructurales que restringen los desplazamientos de la estructura aislada cuando está sometida a cargas de viento. Puede estar incorporado en los aisladores o estar constituido por dispositivos independientes (norma E.031, 2018).
- **Esfuerzo:** Se define como fuerza por unidad de área o la intensidad de las fuerzas actuantes sobre una sección dada. La unidad de esfuerzo es fuerza entre unidad de área, en el sistema internacional es el pascal N/m (Espinosa, 2005).
- **Elasticidad:** Es una propiedad general de los cuerpos, en virtud de la cual recobran su extensión o figura después de que cesa la acción de una fuerza. Se basa en la ley de Hooke (Espinosa, 2005).

- **Ductilidad:** Es la capacidad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Se define como la deformación última entre la deformación asociada al límite elástico (Espinosa, 2005).
- **Materiales Frágiles:** Son aquellos materiales que al ser llevados a la falla colapsa sin obtener grandes deformaciones (Espinosa, 2005).
- **Obras públicas:** Son las actividades y los trabajos de construcción civil que se realizan en una obra y que requieren de dirección técnica, expediente técnico aprobado, mano de obra, materiales e insumos, servicios varios, así como el equipo necesario para ejecutarlo con cargo a las partidas presupuestarias que estén aprobadas y asignadas independiente del origen de los recursos financieros. (Salinas, 2010).



## **Capítulo 3:**

# **MARCO METODOLÓGICO**

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Por el tipo de investigación es Exploratorio y Descriptivo.
- Por el diseño de la investigación es Diseño de campo.

#### 3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

**Población:** Está conformada por los Hospitales en Tacna, Perú.

**Muestra:** Está conformada por el Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

#### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de las variables, consisten en descomponer deductivamente las variables que compone la investigación.

Para la ejecución de la presente tesis, se ha identificado 2 variables que pueden ser medidas.

##### A. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Diseño y Proceso constructivo de Instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base.

##### - DEFINICIÓN OPERACIONAL

**Diseño:** Es el procedimiento por el cual se definen las dimensiones de los elementos estructurales que conforman una edificación, de tal manera que pueda resistir las solicitaciones de carga a las que será sometida. Además se especifican las resistencias de los materiales y detalles de construcción.

**Proceso constructivo:** Es una serie de procedimientos y métodos que se siguen al momento de construir una edificación con el objetivo de hacer realidad una obra.

**Aislador sísmico elastoméricos:** Son dispositivos conformados por láminas de caucho natural intercaladas con placas de acero. Son fabricadas a medida para cada proyecto de acuerdo a la rigidez, desplazamiento y amortiguamiento requerido.

#### - DIMENSIÓN

Diseño y Proceso Constructivo

#### - INDICADORES

Los indicadores de la variable dependiente son los siguientes:

- Periodos de vibración
- Desplazamiento
- Control de Calidad en el proceso constructivo

#### - MÉTODO

El método utilizado fue Descriptivo y Explicativo.

### B. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

#### - DEFINICIÓN OPERACIONAL

El hospital Hipólito Unanue, es una edificación esencial de categoría A1 de Concreto Armado, según el mapa sísmico del Perú se encuentra ubicado en la Zona 4 de la ciudad de Tacna, por lo que en concordancia con la NTE E.030 la edificación deberá poseer aislamiento sísmico en la base.

#### - DIMENSIÓN

Generalidades del Edificio

- **INDICADORES**

Nro. de Pisos

Área Total

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo.

A continuación mostramos la tabla de matriz de operacionalización de variables.

**Tabla 01.** Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	MÉTODO
Variable dependiente: <b>Diseño y Proceso constructivo de Instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base.</b>	<p><b>Diseño:</b> Es el procedimiento por el cual se definen las dimensiones de los elementos estructurales que conforman una edificación, de tal manera que pueda resistir las solicitaciones de carga a las que será sometida. Además se especifican las resistencias de los materiales y detalles de construcción.</p> <p><b>Proceso constructivo:</b> Es una serie de procedimientos y métodos que se siguen al momento de construir una edificación con el objetivo de hacer realidad una obra.</p> <p><b>Aislador sísmico elastoméricos:</b> Son dispositivos conformados por láminas de caucho natural intercaladas con placas de acero. Son fabricadas a medida para cada proyecto de acuerdo a la rigidez, desplazamiento y amortiguamiento requerido.</p>	Diseño y Proceso constructivo del Aislador Sísmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Periodo de vibración.</li> <li>- Desplazamiento de Calidad en proceso constructivo.</li> </ul>	Descriptivo
				Explicativo
	<b>Hospital Hipólito Unanue de Tacna:</b> es una edificación esencial de categoría A1 de Concreto Armado, según el mapa sísmico del Perú se encuentra ubicado en la Zona 4 de la ciudad de Tacna, por lo que en concordancia con	Generalidades del Edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nro. de Pisos</li> <li>- Área</li> </ul>	Descriptivo

Variable independiente: <b>Hospital Hipólito Unanue de Tacna.</b>	la NTE E.030 la edificación deberá poseer aislamiento sísmico en la base.		- Sistema Estructural	
--	---	--	-----------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las principales técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- Investigación bibliográfica
- Recolección de datos y de los estudios efectuados en la zona de investigación.
- Entrevistas con especialistas en el Diseño de Aisladores sísmicos.
- Entrevista con los supervisores de la obra.
- Visita de campo y supervisión del proceso constructivo.

Como instrumentos se utilizaron cuestionarios y fichas de registro de datos.

### 3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La edificación en estudio esta categorizado como un hospital II-2; se encuentra ubicado en la calle Prolongación Blondell S/N y está delimitado por las siguientes calles: Por la parte del frente con las Calle Federico Barreto en intersección con la Prolongación Blondell y por la parte posterior por la Av. 2 de Mayo. Distrito de Tacna, Provincia de Tacna y Departamento de Tacna.



**Figura 17.** Ubicación del Hospital Hipólito Unanue de Tacna (Fuente: Google Maps, 2019).

El Proyecto consiste en mejorar los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, por lo cual se construirá un edificio principal, y seis edificios auxiliares incluyendo el auditorio.

A continuación se describen a cada uno de ellos:

- El edificio principal se conforma de 3 y 7 niveles incluido un semisótano, con un área en planta aproximada de 7400 m<sup>2</sup>, en este edificio se encontrarán los servicios hospitalarios básicos, como emergencias, farmacia, UCI, consulta externa, entre otros. La presente tesis abarca los bloques A (entre el eje T hasta el eje O) y B (entre el eje P' hasta el eje K) del edificio principal que corresponde a 3 pisos.
- Asimismo, el proyecto contará con servicios generales (A, B, C, D, E, F, G, I, J, L) y complementarios (O, P, Q, R, S), los cuales son:
  - El edificio auxiliar A, correspondiente a Residuos Hospitalarios.
  - El edificio auxiliar B, C y D, correspondiente a Mantenimiento.
  - El edificio Auxiliar E, correspondiente a central de gases.
  - El edificio Auxiliar F, SS.HH del personal.
  - El edificio auxiliar G, correspondiente a cisterna.
  - El edificio auxiliar I, correspondiente a casa de fuerza.
  - El edificio auxiliar J, correspondiente a casa de fuerza
  - El edificio auxiliar L, correspondiente a almacén.
  - El edificio auxiliar O, correspondiente a microagencia BN.
  - El edificio auxiliar P, correspondiente a Cafetería.
  - El edificio auxiliar Q, correspondiente a auditorio.
  - El edificio auxiliar R, correspondiente a VIH.
  - El edificio auxiliar S, correspondiente a TBC.
  - Y El edificio auxiliar K, M, N, T y U, correspondiente a casetas de vigilancia.

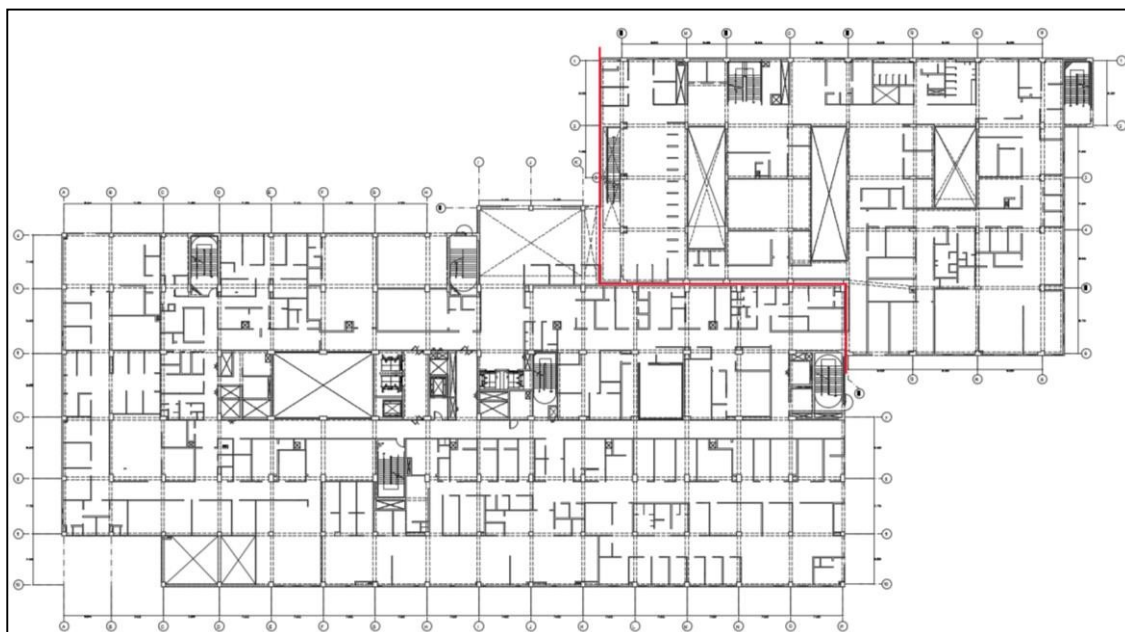
Adicionalmente hay construcciones menores como es el caso del tanque de petróleo y sala de calderos, casetas de control y estacionamiento.

El edificio principal está conformado por un sistema de aislamiento sísmico en su base y la súper-estructura se plantea con pórticos de concreto armado. Las losas serán de concreto armado en dos direcciones y contarán con un peralte de 20cm y 25cm, La resistencia a la compresión de concreto es de 280 kg/cm<sup>2</sup> en el nivel de aislamiento

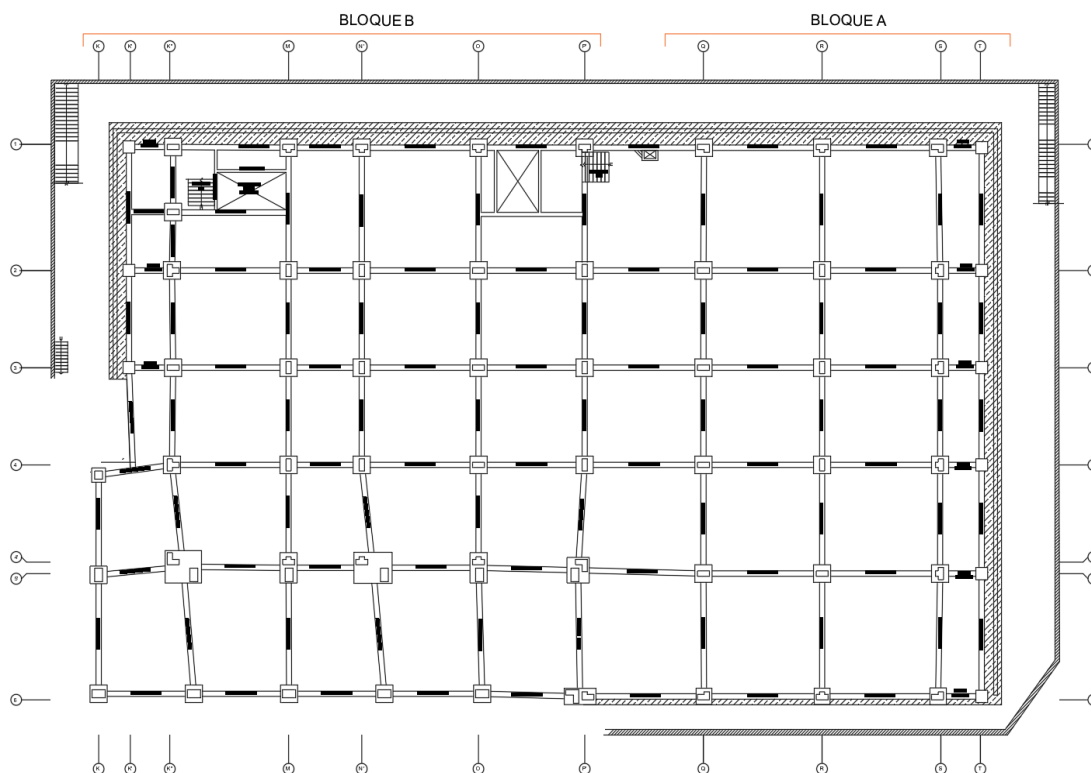


y en las columnas hasta el primer piso; y de 210 kg/cm<sup>2</sup> en el resto de la estructura.

El edificio principal presenta irregularidades de planta y altura, por lo que se plantea una junta sísmica de aproximadamente 25 cm la que divide al edificio principal en 3 niveles (bloque A y B) y 7 niveles (bloque C, D, E, F y G) incluido un semisótano. La ubicación de dicha junta sísmica se puede ver definida por una línea roja en la Figura 18.



**Figura 18.** Vista en planta del edificio principal de 3 y 7 niveles del Hospital Hipólito Unanue de Tacna (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).



**Figura 19.** Vista en planta del edificio principal de 3 niveles (bloque A y B) del Hospital Hipólito Unanue de Tacna (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).



**Figura 20.** Vista 3D del futuro Hospital Hipólito Unanue de Tacna. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).



**Figura 21.** Vista de los Bloques A y B del edificio principal del futuro Hospital Hipólito Unanue de Tacna. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).

# **Capítulo 4:**

# **RESULTADOS**

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 5.1 RESULTADOS

##### 5.1.1 ANALISIS SISMICO SIN AISLAMIENTO DEL BLOQUE A Y B.

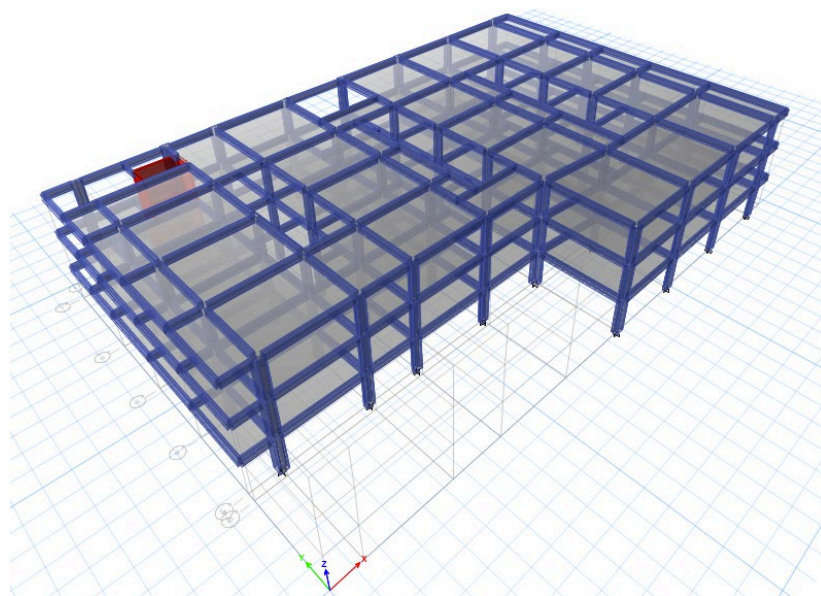
Para efectos de la presente tesis se ha realizado un análisis sísmico modal espectral, es decir un análisis convencional haciendo uso de la NTE E.030.

La estructura propuesta, es un edificio de 03 pisos correspondiente a los bloques A y B del edificio del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna. Está constituido por un sistema estructural dual de concreto armado en ambas direcciones principales. Asimismo presenta irregularidad en planta por esquina entrante.

La dimensión de las vigas, columnas, placas y losa se observa en los planos adjuntos en el anexo 1. El estudio de suelos fue realizado por la empresa M&M consultores S.R.L y firmado por la Ing. Maggie Martinelli Montoya con registro CIP 26250. Según el estudio de suelos la edificación se encuentra ubicado sobre un suelo rígido S1.

#### **Modelo Estructural**

Para el análisis del edificio se empleó el programa ETABS 2016 (Extended 3D Analysis of Building Systems). Este es un programa para análisis estructural y diseño de estructuras que incluye las mejores técnicas actualmente disponibles.



**Figura 22.** Modelo estructural sin aislamiento del bloque A y B del Edificio Principal

### **Propiedades mecánicas de los materiales**

Para el análisis y diseño del edificio se han tomado los siguientes datos:

#### **CONCRETO**

##### **Primer Piso**

- Resistencia nominal a compresión =  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad =  $E_c = 250,000 \text{ kg/cm}^2$

##### **Segundo y Tercer Piso**

- Resistencia nominal a compresión =  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad =  $E_c = 217,000 \text{ kg/cm}^2$

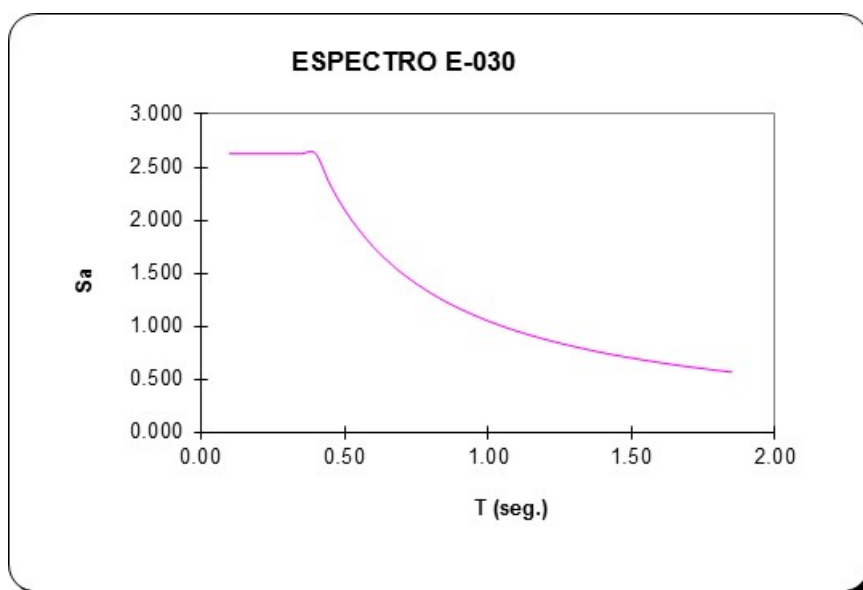
### **Análisis sísmicos**

El análisis modal espectral se ha realizado según la norma vigente NTE E-030 (2018) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:



- Factor de Zona:  $Z = 0.45$  (Zona 4)
- Factor de Uso:  $U = 1.5$  (Edificación esencial)
- Factor de suelo:  $S = 1.0$  (Suelo rígido)
- Periodo de la plataforma  $T_p = 0.4$  seg.
- Periodo que define el inicio de la zona del factor C  $T_L = 2.5$  seg.
- Coeficiente de reducción  $R_x = 7 \cdot 0.9$  (Dual de C.A, estructura regular en altura e irregular en planta)
- Coeficiente de reducción  $R_y = 7 \cdot 0.9$  (Dual de C.A, estructura regular en altura e irregular planta)

Con estos valores se determinó el espectro de pseudo aceleraciones, como se muestra en la figura 22.



**Figura 23.** Espectro de Respuesta para el Eje X e Y.

Para efectos del análisis, las masas de los elementos modelados como columnas, muros, losa y vigas fueron estimados por el programa ETABS, mientras que las masas de los demás elementos se estimaron a partir de los siguientes pesos:

**CARGAS MUERTAS:**

Peso de los acabados: 100 Kg/m<sup>2</sup>

Peso de tabiquería: 1350 Kg/m<sup>2</sup>

**CARGAS VIVAS:**Hospital: 300Kg/m<sup>2</sup>Corredores; 400Kg/m<sup>2</sup>Techo: 100Kg/m<sup>2</sup>**Resultados**

Se determinó 9 periodos de vibración. En la tabla 2 siguiente se observa que el periodo fundamental en la dirección "Y" es igual a 0.60 segundos, mientras que en el eje "X" es 0.48 segundos.

Cabe resaltar que para que exista una adecuada eficiencia del aislamiento es necesario realizar un Control Torsional; es decir para minimizar la vulnerabilidad del sistema de aislamiento a la torsión, los 2 modos fundamentales de vibración del edificio aislado deben ser modos de traslación.

**Tabla 02. Periodos y Modos de Vibración.**

Modo	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
	sec				
1	0.605	0.1649	0.3872	0.1649	0.3872
2	0.485	0.449	0.3415	0.6139	0.7287
3	0.374	0.2061	0.101	0.82	0.8298
4	0.18	0.0209	0.059	0.8409	0.8887
5	0.141	0.0993	0.0449	0.9402	0.9337
6	0.108	0.0239	0.0293	0.9641	0.9629
7	0.096	0.0045	0.0187	0.9686	0.9816
8	0.078	0.0302	0.0057	0.9988	0.9873
9	0.057	0.0011	0.0127	0.9999	1

Como se observa en la tabla 2 el periodo dinámico para el eje yy es de 0.60 seg. Si comparamos este valor con el periodo estático tendríamos lo siguiente:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

hn : altura total de la edificación en metros

Ct : coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio

Ct= 45 para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:



a) pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.  
Entonces;

$$T = 12.60/45$$

$$T = 0.28\text{seg.}$$

El periodo estático es menor que el periodo dinámico en un 50% lo cual indica que la estructura es muy flexible.

En la tabla 3 se muestra los desplazamientos máximos por cada piso. Estos desplazamientos se han obtenido multiplicando el desplazamiento del programa por 0.85R.

**Tabla 03.** *Desplazamientos máximos en cm.*

Piso	Desplazamiento en cm	
	Eje XX	Eje YY
3	6.241788	6.975423
2	4.2245595	4.9228515
1	1.712529	2.07774

Así mismo en la tabla 4 se observan las distorsiones de entrepiso. Como se ve en ningún caso este valor supera al valor máximo establecido por la NTE E. 030 el cual indica una distorsión máxima de 0.007.

**Tabla 04.** *Distorsiones de entrepiso.*

Piso	distorsiones de entrepiso	
	Eje XX	Eje YY
3	0.00480	0.0049
2	0.00598	0.0068
1	0.00408	0.0049

### 5.1.2 ANÁLISIS DE UNA ESTRUCTURA CON AISLADOR SÍSMICO

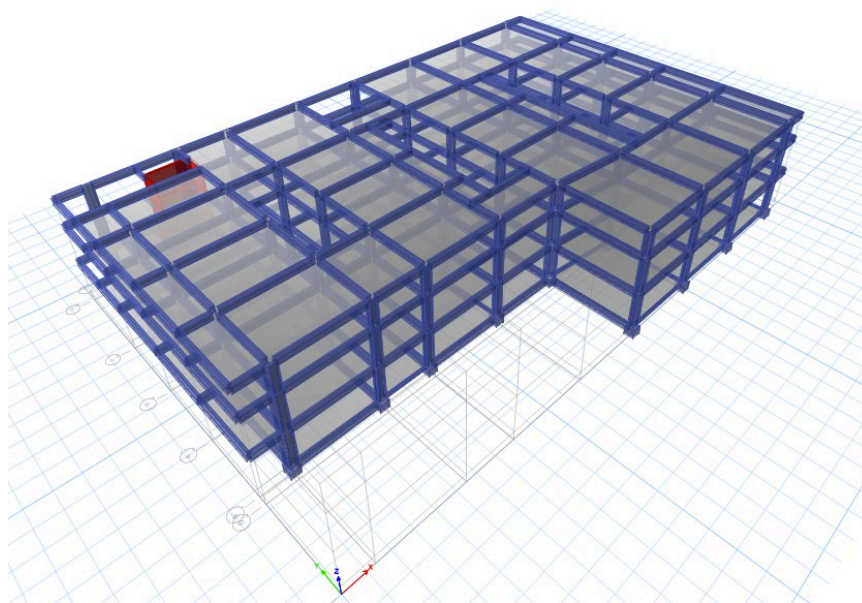
Según el proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del hospital Hipólito Unanue de Tacna, distrito de Tacna, provincia de Tacna – región Tacna”, el análisis de la estructura con aislador sísmico se realizó de la siguiente manera:

Para el diseño del sistema de aislamiento del Hospital se ha tomado en cuenta la NTE E.030 (Diseño sísmoresistente de edificaciones) y NTE E.031 (Proyecto de norma técnica de aislamiento sísmico).

### **Modelo Estructural**

El edificio completo, incluyendo los elementos sísmorresistentes y los dispositivos de aislamiento sísmico, fue modelado en el software ETABS. La altura del nivel de aislamiento fue definida considerando la altura de los dispositivos más la altura de los elementos que están por sobre éstos. Los elementos que se apoyan sobre los aisladores y deslizadores fueron modelados como elementos frame con una sección transversal de dimensiones concordantes con los capiteles que representan y un largo igual a la distancia entre el nivel de obra gruesa de la losa y el extremo superior de los aisladores. Bajo los dispositivos se aplican restricciones correspondientes a las cimentaciones.

Los aisladores y deslizadores son modelados como elementos link a los cuales se les asignan Links tipo Isolator AS1, AS2 y AS3, mientras que los deslizadores fueron modelados con elementos link tipo Deslizadores Isolator2.



**Figura 24.** Modelo estructural con aislamiento del bloque A y B del Edificio Principal

### **Propiedades de los aisladores**

Para este proyecto se han asumido tres tipos de aisladores y deslizadores. El dimensionamiento depende de la máxima carga que puede soportar.

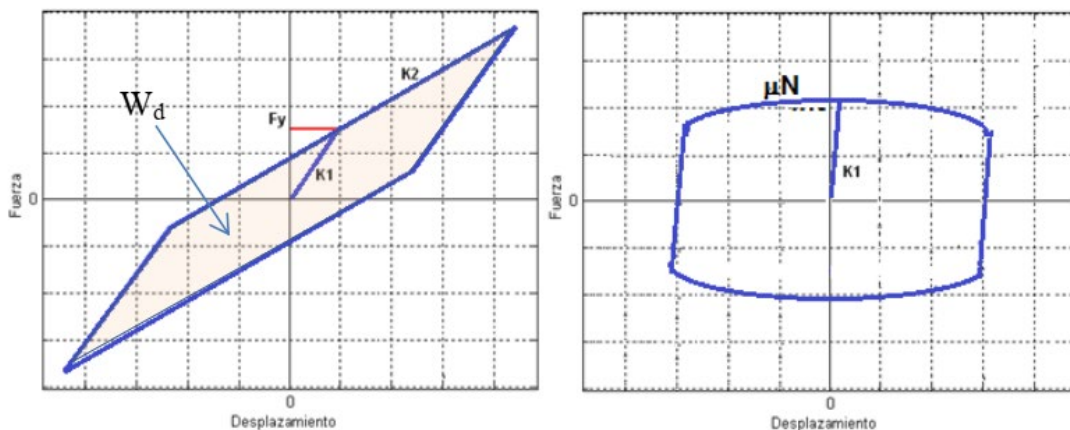
Los aisladores elastoméricos son modelados como elementos no lineales, mediante constitutivas bi-lineales. La forma de la relación bi-lineal esta calibrada sobre la base de numerosos ensayos realizados a aisladores similares.

En el caso de los deslizadores, estos son modelados en base al comportamiento friccional propuesto por Wen (1976) y Park, Wen y Ang (1986), cuyos parámetros dependen de la carga axial y coeficiente de roce, el que es también conocido gracias a ensayos previos.

La Figura 24 muestra de modo ilustrativo las constitutivas no lineales consideradas típicamente para aisladores y deslizadores, mientras que la Tabla 4 y 5 muestran los valores numéricos para los aisladores y deslizadores de este proyecto.

Como se observa en la figura, para el caso de los aisladores, la curva queda definida por 3 valores:  $K_1$ ,  $K_2$  y  $F_y$ , donde  $K_1$  representa la rigidez inicial de la relación bi-lineal,  $K_2$  es la rigidez post fluencia y  $F_y$  es la capacidad o fuerza para la cual se produce el cambio de rigidez. Como consecuencia de esta constitutiva, se determinan más adelante parámetros que dependen de la amplitud de la demanda de desplazamiento como la energía disipada por ciclo completo de desplazamiento,  $W_d$ , y la rigidez secante.

Para el caso de los deslizadores, la curva está definida por 2 valores:  $K_1$  y  $\mu$ , donde  $K_1$  representa la rigidez inicial de la curva y  $\mu$  representa el coeficiente de roce del material dinámico. Dicho coeficiente es dependiente de la presión de contacto, la que para efectos del análisis corresponde a la presión promedio del grupo de deslizadores del mismo tipo debido a la combinación de cargas  $PLT = D + 0.5L$ , tal como se indica en las especificaciones técnicas.



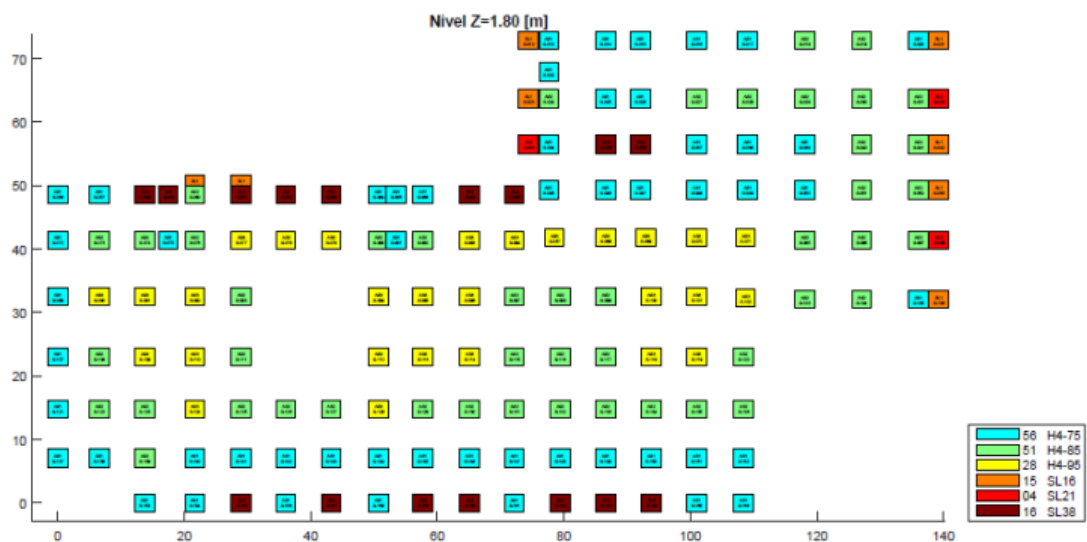
**Figura 25.** Modelo de relación constitutiva bi-lineal considerada para el aislador y deslizador ante una excitación sinusoidal o deslizador. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).

**Tabla 05.** Propiedades mecánicas de los aisladores.

Aisladores	AS1	AS2	AS3	Comentario
$K_V$ (tonf/m)	173105	259642	351200	Rigidez vertical del aislador
$K_1$ (tonf/m)	753	981	1229	Rigidez inicial del aislador
$K_2$ (tonf/m)	76	99	123	Rigidez post-fluencia del aislador
$F_y$ (tonf)	4.7	6.1	7.7	Fuerza de fluencia del aislador

**Tabla 06.** Propiedades mecánicas de los deslizadores.

Deslizadores	SL1	SL2	SL3	Comentario
$\mu$	0.107	0.101	0.094	Coefficiente de roce
$K_1$	2500	2500	2500	Rigidez inicial del deslizador
$K_V$ (tonf/m)	16740	28830	94420	Rigidez vertical del deslizador



**Figura 26.** Disposición de aisladores y disipadores en el edificio principal del Hospital Hipólito Unanue de Tacna. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).

### Análisis sísmico

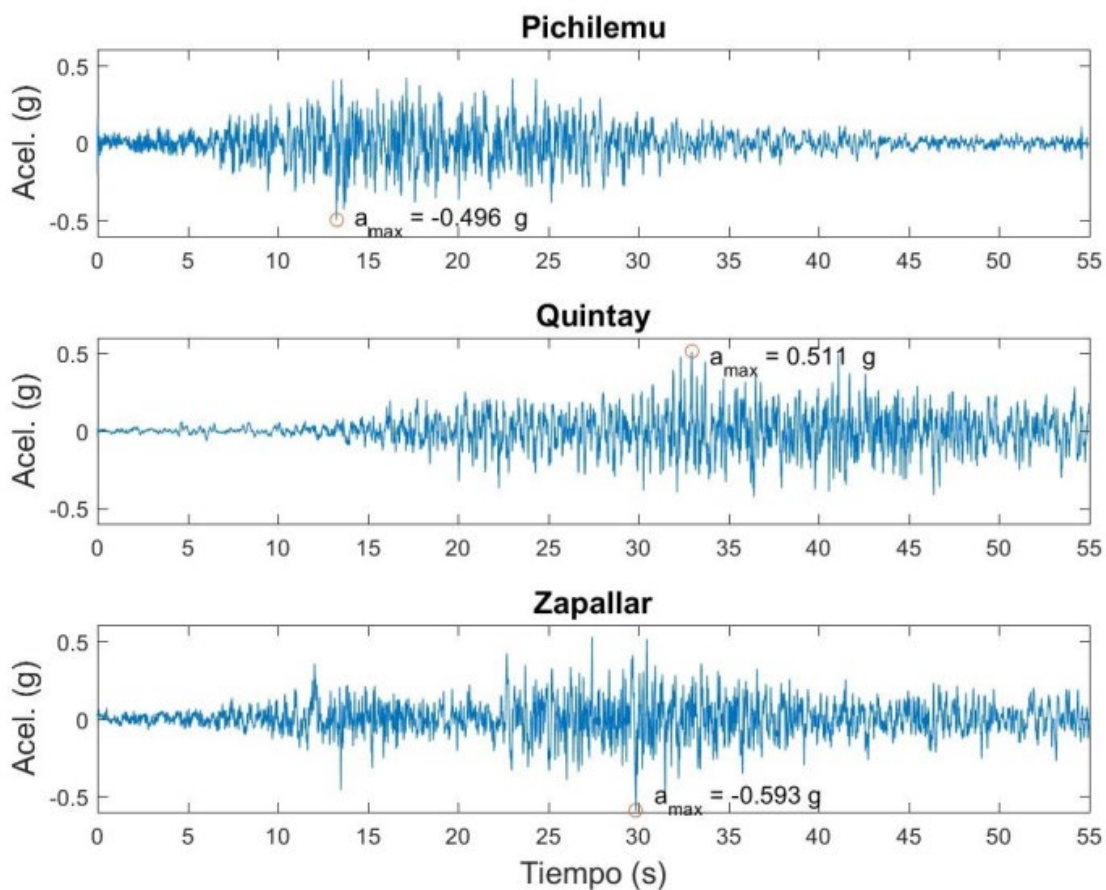
Para la realización del análisis no lineal, se generaron 3 registros sísmicos artificiales compatibles con el espectro de diseño de la norma E. Dichos sismos están basados en registros sísmicos reales obtenidos en las localidades de Pichilemu, Quintay y Zapallar durante el terremoto ocurrido de Valparaíso del año 1985, esto debido a que en nuestra ciudad no se cuenta con registros sísmicos de gran magnitud en la zona en estudio.

Para la generación de los registros artificiales se utilizaron las componentes reales que presentaron las mayores aceleraciones y que fueron medidas en zonas con calidad del suelo similar a la de este proyecto. La Figura 26 muestra los registros generados para el proyecto. La Figura 27 muestra el espectro de respuesta para los tres sismos artificiales basados en el espectro de Diseño y su comparación con el espectro de diseño de la norma E.030 (Suelo s1, Zona Sísmica 4 y  $\xi = 5\%$ ). De acuerdo con lo indicado en el artículo 4.7.3 de la norma E.030, los resultados se obtienen a partir de la envolvente de las respuestas a los 3 registros sísmicos.

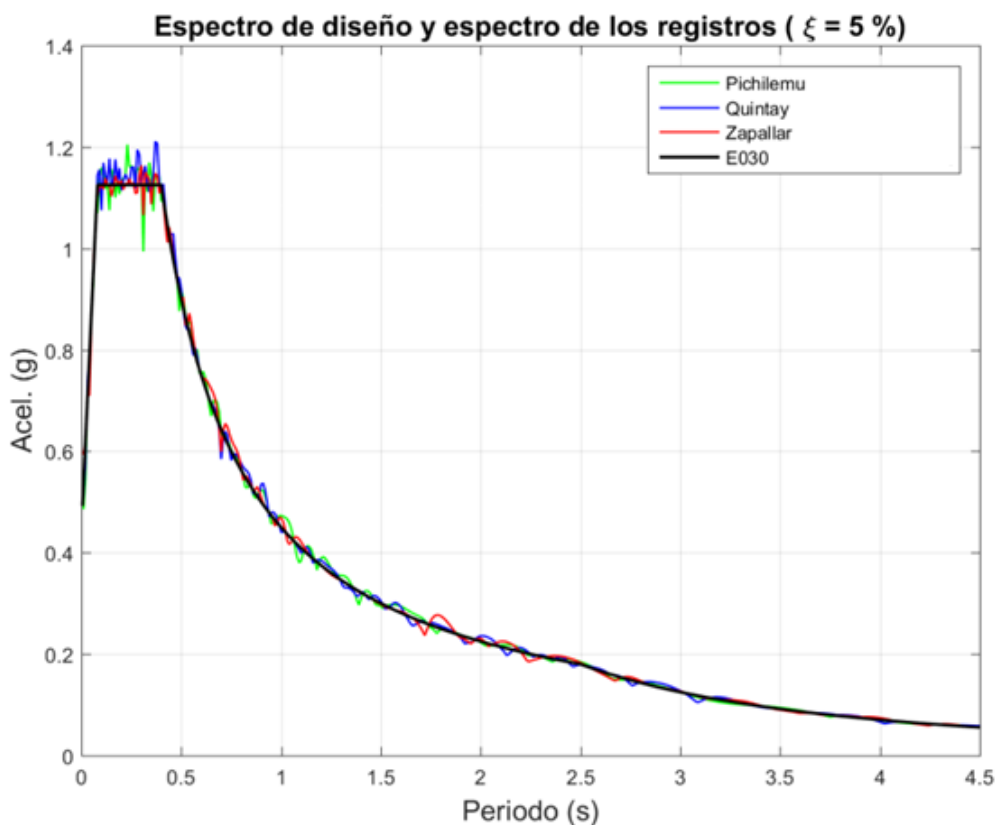
Según lo indicado en la norma E.030, la componente vertical del sismo se aplica simultáneamente a la componente horizontal. Para ello, se compatibiliza la

componente vertical de cada registro al espectro de diseño. En el análisis, la componente vertical compatibilizada se multiplica por 2/3 de acuerdo a lo indicado en la norma E.030.

Para los análisis del sismo máximo posible, las componentes horizontales y verticales del registro son amplificadas en un 50%.



**Figura 27.** Registros compatibilizados de los sismos de Pichilemu, Quintay y Zapallar. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).



**Figura 28.** Espectros de respuesta para sismos artificiales basados en el espectro de Diseño. (Fuente: mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2017).

### **Resultados:**

Se determinaron 30 periodos de vibración. En la tabla 06 se muestra los resultados de los primeros 9 periodos de vibración.

**Tabla 07.** Periodos y Modos de Vibración.

Modo	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
	sec				
1	3.694	0.1726	0.3214	0.1726	0.6214
2	3.611	0.7192	0.2605	0.8918	0.8819
3	3.377	0.1021	0.1086	0.994	0.9905
4	1.337	0.0003	0.0039	0.9943	0.9944
5	1.09	0.0028	0.0026	0.9971	0.997
6	0.98	0.0014	0.0022	0.9986	0.9992
7	0.74	0.0002	1.23E+06	0.9988	0.9992
8	0.707	0.0006	0.0001	0.9994	0.9993
9	0.651	0.0002	0.0001	0.9996	0.9994

**Tabla 08. Desplazamientos máximos en cm.**

Piso	Desplazamiento en cm	
	Eje XX	Eje YY
3	1.8305	1.7243
2	1.3583	1.3140
1	0.6402	0.6480

**Tabla 09. Distorsiones de entrepiso.**

Piso	distorsiones de entrepiso	
	Eje XX	Eje YY
3	0.00112	0.0010
2	0.00171	0.0016
1	0.00152	0.0015

### **Combinaciones de Cargas en los aisladores sísmicos**

Para el diseño de los elementos del sistema de aislamiento se definieron las siguientes combinaciones de carga:

$$P_{ST} = 1.2D + 0.5L + E_M^c$$

$$P_{STt} = 0.8D + E_M^t$$

$$P_{LT} = D + 0.5L$$

Donde:  $D$  representa a las cargas de peso propio de la estructura,  $L$  representa a las cargas de sobrecarga en la estructura,  $E^c$  representa las cargas axiales de compresión debidas al sismo máximo y  $E^t$  las cargas axiales de tracción debidas al sismo máximo.

Las cargas para los dispositivos más solicitados de cada tipo se muestran en la Tabla 7.



**Tabla 10.** Cargas en Aisladores y Deslizadores

ITEM	Dispositivo					
	AS1	AS2	AS3	SL1	SL2	SL3
$P_{ST}$ (ton)	650.7	1214.8	1438.7	74.7	103.1	458.2
$P_{STt}$ (ton)	-6.9	-10.5	-14.0	0.0	0.0	0.0
$P_{LT}$ (ton)	314.7	611.7	727.6	28.4	45.2	195.5

### 5.1.3 DISEÑO DE LOS AISLADORES

Según el proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del hospital Hipólito Unanue de Tacna, distrito de Tacna, provincia de Tacna – región Tacna”, la verificación de los aisladores se realizó de la siguiente manera:

#### A) Aislador AS1

##### Solicitaciones

Las fuerzas sobre el aislador más solicitado fueron obtenidas del modelo MNL y son las siguientes:

- peso propio ( $D$ ): 267.8 ton
- sobrecarga (L): 93.8 ton
- carga axial sismo máximo ( $E_M^*$ ): 282.5 ton
- desplazamiento total máximo (incluye retracción,  $D_{TM}^*$ ): 35.9 cm

##### Diseño del aislador

deformación de rotura del elastómero:	$e_D = 6.0$ (600%)
diámetro exterior ( $D_E$ ):	75 cm
diámetro interior ( $D_I$ ):	10 cm
número de capas de goma internas ( $n_r$ ):	31
espesor de las capas de goma interna ( $t_r$ ):	0.7 cm
espesor de las placas de acero intermedias ( $t_s$ ):	0.3 cm
espesor de las placas de carga ( $e$ ):	2.0 cm
altura de goma total ( $H_r$ ):	21.7 cm
altura total del aislador ( $H$ ):	34.7 cm

## Verificación

Para el aislador definido por esta geometría se obtienen los siguientes Factores de Seguridad ante las solicitaciones descritas.

Factor de seguridad a la deformación

- (a) deformación angular por cortante ( $\gamma_s$ )

$$\gamma_s = \frac{D_{TM}^*}{H_r} = 1.65 \quad (165\%)$$

- (b) Deformación angular por compresión ( $\gamma_c$ )

$$PST = 650.7 \text{ ton}$$

La deformación angular debida a la carga de compresión  $PST$ , que se obtiene a la partir de la expresión de Naeim & Kelly, es:

$$\gamma_c = 1.92 \quad (183\%)$$

- (c) Deformación angular por giro flexural ( $\gamma_r$ )

$$\theta = 0.0006 \text{ rad}$$

La deformación angular debida al giro flexural, que se obtiene a la partir de la expresión de las especificaciones técnicas, es:

$$\gamma_r = 0.14 \quad (14\%)$$

- (d) Factor de seguridad a la deformación de la goma sin giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s} = \frac{0.85 * 6.0}{3.57} = 1.43$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.3 por lo que cumple con el criterio de diseño.

(e) Factor de seguridad a la deformación de la goma con giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s + \gamma_r} = \frac{0.85 * 6.0}{3.72} = 1.37$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.1 por lo que cumple con el criterio de diseño.

Factor de Seguridad a la estabilidad

(a) carga crítica de pandeo

$$R = 34.7 \text{ ton}$$

$$P_E = 183300 \text{ ton}$$

$$A = 4339.3 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = 1753.5 \text{ cm}^2$$

$$P_{cr} = 1013 \text{ ton}$$

(b) factor de seguridad

$$FS_e = \frac{P_{cr}}{P_{ST}} = \frac{1013}{650.7} = 1.56$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.5 por lo que cumple con el criterio de diseño.

## B) Aislador AS2

### Solicitaciones

Las fuerzas sobre el aislador más solicitado fueron obtenidas del modelo MNL y son las siguientes:

peso propio ( $D$ ):	535.2 ton
sobrecarga ( $L$ ):	95.5 ton
carga axial sismo máximo ( $E_M^c$ ):	524.8 ton
desplazamiento total máximo (incluye retracción, $D_{TM}^*$ ):	35.9 cm

### Diseño del aislador

deformación de rotura del elastómero:	$e_b = 6.0$ ( 600 %)
diámetro exterior ( $D_e$ ):	85 cm
diámetro interior ( $D_i$ ):	5 cm
número de capas de goma internas ( $n_r$ ):	31
espesor de las capas de goma interna ( $t_r$ ):	0.7 cm
espesor de las placas de acero intermedias ( $t_s$ ):	0.3 cm
espesor de las placas de carga ( $e$ ):	2.0 cm
altura de goma total ( $H_r$ ):	21.7 cm
altura total del aislador ( $H$ ):	34.7 cm

### Verificación

Para el aislador definido por esta geometría se obtienen los siguientes Factores de Seguridad ante las solicitaciones descritas.

Factor de seguridad a la deformación

(a) deformación angular por cortante ( $\gamma_s$ )

$$\gamma_s = \frac{D_{TM}^*}{H_r} = 1.65 \quad (165\%)$$

(b) deformación angular por compresión ( $\gamma_c$ )

$$PST = 1214.8 \text{ ton}$$

La deformación angular debida a la carga de compresión *PST* es:

$$\gamma_c = 1.89 \quad (189\%)$$

(c) deformación angular por giro flexural ( $\gamma_r$ )

$$\theta = 0.0017 \text{ rad}$$

La deformación angular debida al giro flexural, que se obtiene a la partir de la expresión de las especificaciones técnicas, es:

$$\gamma_r = 0.57 \quad (57\%)$$

(d) Factor de seguridad a la deformación sin giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s} = \frac{0.85 * 6.0}{3.54} = 1.44$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.3 por lo que cumple con el criterio de diseño.

(e) Factor de seguridad a la deformación de la goma con giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s + \gamma_r} = \frac{0.85 * 6.0}{4.12} = 1.24$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.1 por lo que cumple con el criterio de diseño.

Factor de Seguridad a la estabilidad

(a) carga crítica de pandeo

$$R = 45.3 \text{ ton}$$

$$P_E = 457780 \text{ ton}$$

$$A = 5654.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = 2696.7 \text{ cm}^2$$

$$P_{cr} = 2160.2 \text{ ton}$$

(b) Factor de seguridad

$$FS_e = \frac{P_{cr}}{P_{ST}} = \frac{2160.2}{1214.8} = 1.78$$

El Factor de seguridad obtenido es mayor a 1.5 por lo que cumple con el criterio de diseño.

### C) Aislador AS3

#### Solicitaciones

Las fuerzas sobre el aislador más solicitado fueron obtenidas del modelo MNL y son las siguientes:

peso propio ( $D$ ):	604.9ton
sobrecarga (L):	151.2 ton
carga axial sismo máximo ( $E_M^c$ ):	637.2 ton
desplazamiento total máximo (incluye retracción, $D_{TM}^*$ ):	35.9 cm

### Diseño del aislador

deformación de rotura del elastómero:	$e_b = 6.0$ ( 600 %)
diámetro exterior ( $D_e$ ):	95 cm
diámetro interior ( $D_i$ ):	2.5 cm
número de capas de goma internas ( $n_r$ ):	31
espesor de las capas de goma interna ( $t_r$ ):	0.7 cm
espesor de las placas de acero intermedias ( $t_s$ ):	0.3 cm
espesor de las placas de carga ( $e$ ):	2.5 cm
altura de goma total ( $H_r$ ):	21.7 cm
altura total del aislador ( $H$ ):	35.7 cm

### Verificación

Para el aislador definido por esta geometría se obtienen los siguientes Factores de Seguridad ante las sollicitaciones descritas.

Factor de seguridad a la deformación

(a) deformación angular por cortante ( $\gamma_s$ )

$$\gamma_s = \frac{D_{TM}^*}{H_r} = 1.65 \quad (165\%)$$

(b) Deformación angular por compresión ( $\gamma_c$ )

$$PST = 1438.7 \text{ ton}$$

La deformación angular debida a la carga de compresión *PST* es:

$$\gamma_c = 1.39 \quad (139\%)$$

(c) Deformación angular por giro flexural ( $\gamma_r$ )

$$\theta = 0.0035rad$$

La deformación angular debida al giro flexural, que se obtiene a la partir de la expresión de las especificaciones técnicas, es:

$$\gamma_r = 1.52 \quad (152\%)$$

(d) Factor de seguridad a la deformación sin giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s} = \frac{0.85 * 6.0}{3.04} = 1.67$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.3 por lo que cumple con el criterio de diseño.

(e) Factor de seguridad a la deformación de la goma con giro flexural

$$FS_d = \frac{0.85 * e_b}{\gamma_c + \gamma_s + \gamma_r} = \frac{0.85 * 6.0}{4.56} = 1.12$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.1 por lo que cumple con el criterio de diseño.

Factor de Seguridad a la estabilidad



(a) carga crítica de pandeo

$$\begin{aligned} R &= 56.7 \text{ ton} \\ P_E &= 954520 \text{ ton} \\ A &= 7083.3 \text{ cm}^2 \\ A_{ef} &= 3755.8 \text{ cm}^2 \\ P_{cr} &= 3886.1 \text{ ton} \end{aligned}$$

(b) factor de seguridad

$$FS_e = \frac{P_{cr}}{P_{ST}} = \frac{3886.1}{1438.7} = 2.70$$

El factor de seguridad obtenido es mayor a 1.5 por lo que cumple con el criterio de diseño.

#### 5.1.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación se describe el procedimiento constructivo de instalación y montaje de los aisladores sísmicos en el Hospital Hipólito Unanue de Tacna. Para describir este capítulo se tomó en consideración lo indicado en los planos, especificaciones técnicas del expediente técnico del proyecto: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE DE TACNA, DISTRITO DE TACNA, PROVINCIA DE TACNA – REGIÓN TACNA."

Los aisladores y deslizadores son procedentes de la empresa especializada en estructuras FREYSSINET TIERRA ARMADA PERU S.A.C. La instalación y montaje se divide en 13 etapas, las mismas que son:

##### a) Armado de la estructura del pedestal:

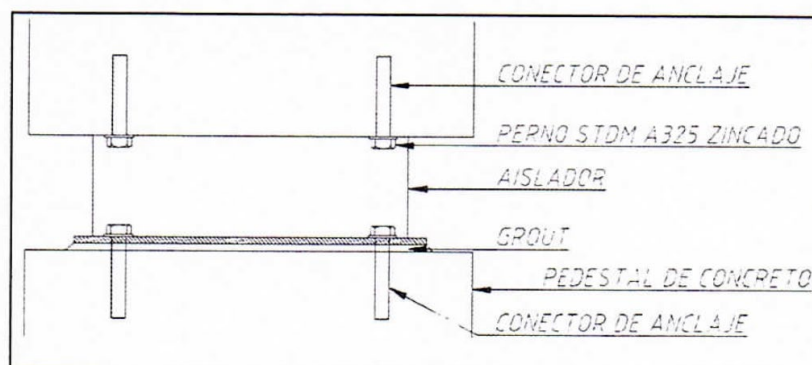
La estructura del pedestal está conformada de acuerdo a los planos contractuales del expediente técnico, el cual nos indican las características del pedestal, tales como la distribución, cuantía; los mismos que varían de acuerdo al tipo de aislador que se considerará en dicho pedestal, de los cuales se presentan:

- AS1 - LRB D700X165 (04 pernos inferior y 04 pernos superior)
- AS2 - LRB D800X187 (04 pernos inferior y 04 pernos superior)
- AS3 - LRB D900X230 (08 pernos inferior y 08 pernos superior)

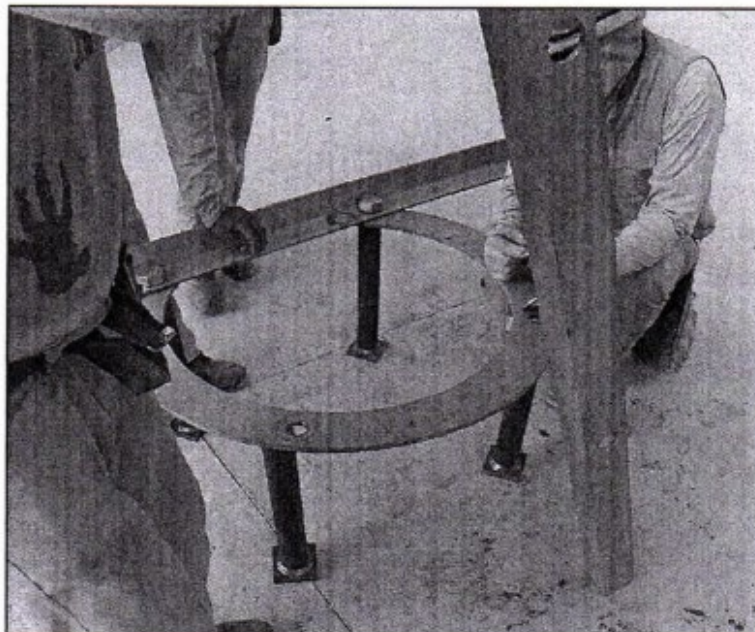
Realizado el armado de la estructura del pedestal, se debe considerar la instalación de los conectores de anclaje, también conocidos por el nombre de manguitos; los cuales deben estar anclados y nivelados horizontalmente. Dichos conectores de anclaje son instalados con elemento llamado plantilla, el cual es otro componente de la instalación, se utiliza para evitar el movimiento de los pernos inferiores antes y durante el vaciado de concreto, pero será retirado en el momento en que se instale el aislador.

**b) Montaje de plantilla:**

La distribución de los conectores de anclaje se monta sobre una plantilla pre-dimensionada según los planos contractuales. Asimismo, los conectores se aseguran insertando los pernos en los huecos de la plantilla. Luego se procede a colocar 02 varillas ángulo que servirán como brazo de soporte sobre el encofrado del pedestal, así evitando que los conectores de anclajes se desplacen de su posición.



**Figura 29.** Esquema de elementos para instalación del aislador. (Fuente: Procedimiento de instalación - Consorcio Salud Tacna)



**Figura 30.** Montaje de Plantilla (Fuente: Consorcio Salud Tacna – HHUT)

**c) Instalación de conectores de anclaje (mangos) en el pedestal**

La plantilla y las varillas ángulo de soporte donde están sujetos los conectores de anclaje se montan sobre el encofrado del pedestal.

**d) Aseguramiento de pernos de anclaje en el pedestal**

El ensamblaje del proceso anterior deberá de ser colocados y fijados en la armadura de acero del pedestal mediante estribos de refuerzo, el cual se debe de nivelar de manera que quede completamente horizontal, el cual tiene una tolerancia máxima del 2mm. de desfase vertical entra las esquinas de la plantilla. La plantilla será retirada posteriormente. De igual forma se revisa nuevamente la ubicación de los ejes del aislador para dar inicio a la colocación del concreto.



**Foto 31.** Ensamblaje final sobre pedestal armado. (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018)

**e) Vaciado de concreto en pedestal**

El nivel de vaciado debe de ser hasta 2cm por debajo de plantilla del aislador, dicho espesor de 2cm. posteriormente será considerado para el vaciado de grout (mortero de alta resistencia).

**f) Retiro de la Plantilla**

Una vez realizado el vaciado de concreto y que haya alcanzado la consistencia adecuada (fraguado) de manera que impida el movimiento de los conectores de anclaje; la plantilla y los pernos proceden a ser retirados.

**g) Instalación del aislador**

Con ayuda de la torre grúa o un camión grúa, se transporta el aislador hacia la ubicación del pedestal correspondiente. Para el izaje de los aisladores se utilizará un

sistema por medio de cáncamos, grilletes, cadenas o eslingas. Una vez ubicado el aislador sobre el pedestal, se debe de alinear los puntos de los pernos con los conectores de anclaje, y asegurar el perno de forma manual, la cual debe de ingresar sin ningún tipo de esfuerzo.



**Foto 32.** Vista emplazamiento de aislador sísmico con grúa transportadora. (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).





**Foto 33.** Colocación de aislador sísmico sobre pedestal (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).

#### h) Vaciado de Grout

- Se prepara la superficie en contacto con el grout, dicha superficie debe de estar escarificada y manteniéndolo húmedo no menos de 24 horas antes de la colocación del Grout, dejándolo de partículas para obtener una buena adherencia. En caso de presentarse algún acero de refuerzo expuesto se limpiará de cualquier sustancia nociva, de igual forma en casi de los anclajes; y de ser necesario se aplicará un removedor de óxido (anclajes, pernos de anclaje, tuercas, cualquier otra superficie que presente óxido) para garantizar una limpieza total del área a groutear. Se deberá mantener la limpieza del mismo hasta iniciar el vaciado de grout.
- El encofrado para la contención del Grout deberá ser hermético, nivelado y asegurado de acuerdo a las dimensiones del pedestal para evitar posibles filtraciones de material cementicio.
- Para la preparación del Grout se debe mezclar de 3.0 a 3.3 litros de agua por bolsa de 30 kg, asimismo se realiza el zarandeado del grout utilizando la malla N° 100 para evitar presencia de grumos en el mortero, luego pasando por una Inicialmente se agrega el 80% de agua de amasado, luego

el grout y por último el resto del agua. El mezclado debe prolongarse durante 4 minutos, para ello se utilizará una mezcladora mecánica.

- Se puede obtener una consistencia plástica o seca, agregando una cantidad de agua menor a la indicada.
- Una vez obtenido el mortero, se procede al vaciado del mismo en la parte superior del pedestal, el cual se encuentra encofrado sellado en los bordes para evitar filtraciones, el vaciado debe de iniciar por un lado del pedestal hasta que llegue al lado opuesto, al ser un mortero de alta resistencia autonivelante se adecua a la superficie. El nivel final del grout aplicado será unos 3mm aproximadamente por encima del nivel inferior de la plancha del aislador, obteniéndose un espesor de 2cm a 4cm de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Este proceso se encargará de unir a la base del aislador del pedestal con el pedestal.
- Se realizarán ensayos de calidad, donde se controlará la resistencia del grout, el cual se obtendrán de moldes de cubos de 50.8mm (2") de lado, la prueba se realizará a los 7 días.
- Una vez finalizada la colocación, debe cubrirse con una membrada de curado, polietileno o revestimientos húmedos (huye) durante mínimo de 3 días o aplicar un aditivo curador tipo membrana, en este caso se optó por el uso del aditivo curador.

#### i) Colocación de pernos de ajuste del aislador

Cuando se termine el proceso de fraguado del grout y el aislador haya quedado en su posición final, los pernos se ajustarán y fijarán al aislador (parte inferior). Estos deberán ser ajustados con un toque en su mínima tensión permisible (se usará un torquímetro aprobado por la supervisión).

**Tabla 11:** Dimensiones de pernos aisladores

		31.75mm	38.1mm	
Par de apriete para calidad 8.8 ó ASTM A325	T <sub>s</sub>	1 1/4"	1 1/2"	
	Nm	Mínimo	250	320
	Nm	Objetivo	280	360
	Nm	Máximo	310	400



**Foto 34.** Zarandeo del material para el preparado del grout (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



**Foto 35.** Tamizado del gout (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



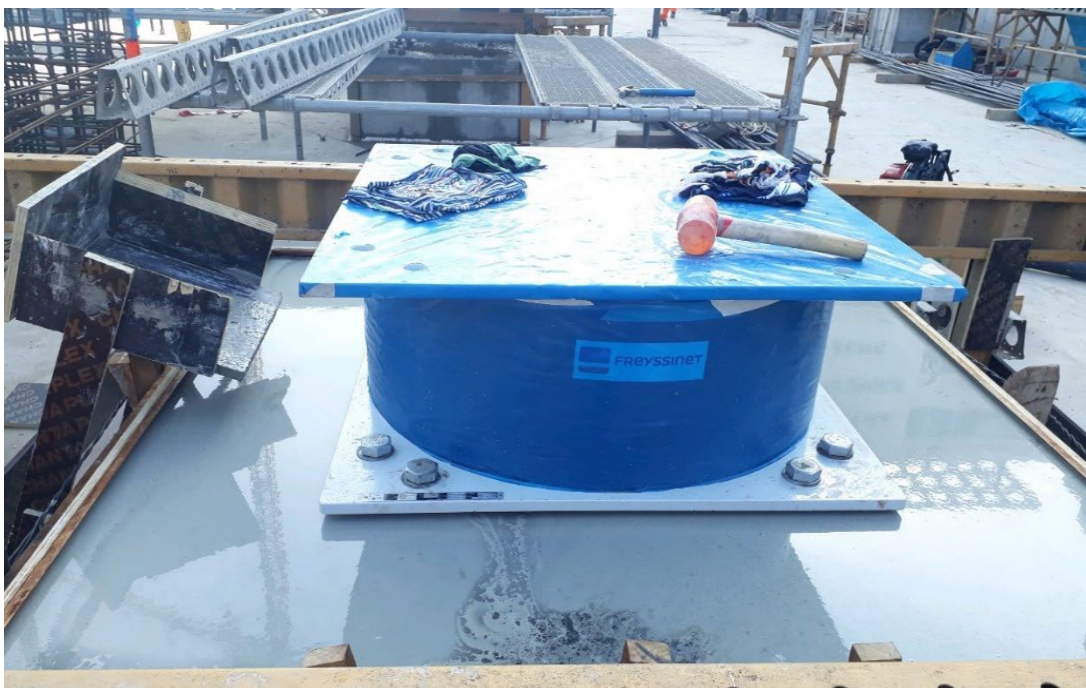


**Foto 36.** Preparación del grout en la máquina mezcladora (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



**Foto 37.** Colocación del grout sobre el pedestal (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).

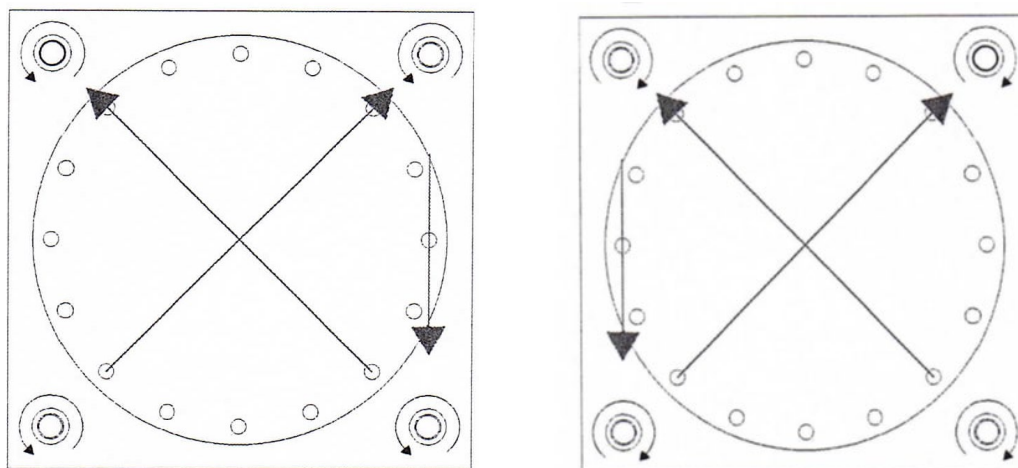




**Foto 38.** Aplicación del grout en el pedestal. (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



**Foto 39.** Ajuste de los pernos en forma secuencial con uso del torquímetro (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



**Figura 40.** Esquema de aplicación del torque – pernos superiores e inferiores (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).



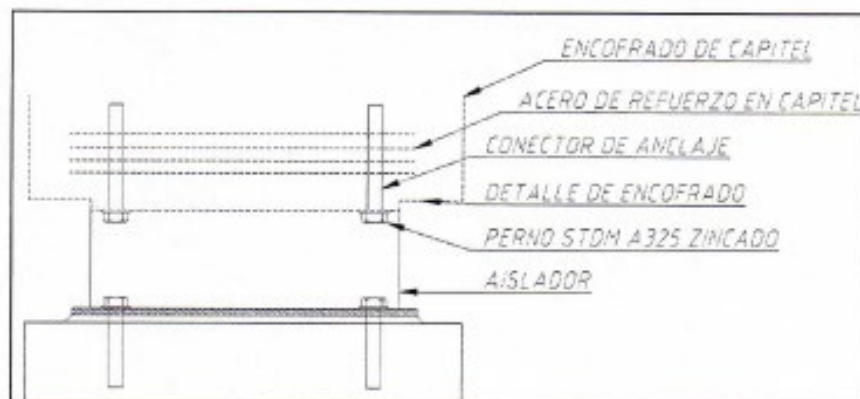
**Foto 41.** Aplicación del torque – pernos inferiores. (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).

#### **j) Instalación de anclajes superiores sobre aislador**

Los anclajes superiores serán colocados en la superficie superior de los aisladores y alineados respectivamente a los inferiores de acuerdo a los detalles indicados en los planos de instalación.

### k) Encofrado de fondo de capitel

El encofrado del fondo del capitel será dejando márgenes de 3mm, arriba de la altura del aislador.



**Figura 42.** Configuración de pernos de anclaje superior (Fuente: Consorcio Hospital Tacna - Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018).

### m) Colocación de acero de refuerzo dentro del capitel

Una vez se haya colocado e instalado los conectores en sus posiciones finales, se procederá a colocar el acero de refuerzo entre anclajes y se vuelve a revisar los conectores de anclaje y encofrado como también serán instalados los aceros del capitel, losa, vigas y columnas pasantes por el capitel.

### n) Post-vaciado

Se procede con el vaciado de concreto de los capiteles, cuidando la ubicación de anclaje. Con ello finaliza el proceso de instalación del aislador procurando proteger los mismos con mantas o plásticos mientras se tenga actividades de construcción cercana a la zona.

# **Capítulo 5: DISCUSIÓN**

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

A pesar de que los aisladores sísmicos a nivel mundial son ampliamente aplicados en diversos edificios de interés, en el Perú recién su uso data del año 2011 con la construcción de la biblioteca de la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima Perú, en la que se instalan 20 aisladores tipo elastoméricos con núcleo de plomo y deslizadores.

En el caso de Tacna, la Universidad Privada de Tacna es uno de los primeros edificios en el Sur del Perú que se ha construido con 31 ISOSISM “HDRB 600” y 109 ISOSISM “HDRB 650”, los cuales fueron adquiridos a la empresa FREYSSINET TIERRA ARMADA PERÚ S.A.C.

Tacna se encuentra en una de las zonas de más alta sismicidad. En ese sentido, y en concordancia con la vanguardia en la ingeniería sísmica, el Gobierno Regional de Tacna ejecuta el proyecto Nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

Como uno de los objetivos de este trabajo se había planteado realizar el diseño de los bloques A y B del Nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna. Durante el diseño del sistema de aislamiento sísmico propuesto se pudo reducir el cortante de diseño de la estructura, a un valor igual al mínimo exigido por la norma E.030, incorporando además las ventajas de una estructura aislada como son: seguridad estructural y protección de contenido.

Las demandas de ductilidad máximas estimadas sobre la estructura para el sismo de diseño (10 % de probabilidad de excedencia en 50 años) y para el sismo máximo posible (sismo de diseño amplificado un 50 %) son 0.74 y 1.13, respectivamente. Estos valores son considerados bajos e indican que la estructura aislada, aún durante el sismo máximo posible, prácticamente no tendrá incursión en rango no lineal (demanda de ductilidad igual a 1 significa comportamiento elástico, una estructura convencional tiene demandas de ductilidad que varían entre 4 y 7). Es por esto que se espera que el edificio no tenga daños estructurales después de

dicho evento sísmico.

Las distorsiones de entrepiso elásticas máximas en la superestructura de tres pisos son 0.00167 y 0.001549 para el eje X e Y respectivamente. Estos valores cumplen con holgura el límite de la norma E.030, y corresponden a una estimación realista de las deformaciones que sufrirá esta estructura, dado que como hemos visto, su comportamiento será esencialmente elástico. Por otro lado, dichas deformaciones (aún para el sismo máximo posible) están dentro del orden de las deformaciones que se le exige a una estructura convencional para condiciones de servicio. Todo lo anterior permite inferir que aún ante un evento sísmico severo, no existirá daño en los elementos no estructurales o bien si existiera sería mínimo y muy acotado.



## CONCLUSIONES

Las conclusiones en base a los objetivos generales y específicos son:

### PRIMERA CONCLUSIÓN

En este trabajo de tesis se presenta una amplia información del diseño y proceso constructivo del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna. El aislador sísmico es una alternativa tecnológica que se utiliza para mejorar el comportamiento sísmico de los edificios esenciales como son los Hospitales. El uso de aisladores sísmicos permite que una estructura convencional con periodos cortos pase a ser una estructura con periodos largos, donde la fuerza sísmica es significativamente menor.

### SEGUNDA CONCLUSIÓN

Para una estructura sin aislamiento el periodo de vibración más alto es de 0.60 segundos, mientras que para la estructura aislada este valor se incrementa a 3.69 segundos. Como se observa el periodo se ha incrementado a 615%. Asimismo, los desplazamientos en el último nivel para la estructura sin aislamiento es de 6.24cm en el eje XX y 6.97cm en el eje YY, ambos en el último piso, este valor también se ha reducido a con el uso de aisladores a 1.83cm y 1.72cm en los ejes X e Y respectivamente, lo que significa una reducción del 70% aproximadamente.

### TERCERA CONCLUSIÓN

Para efectos del diseño se ha considerado 3 tipos de aisladores a los que se ha denominado AS1, AS2, y AS3, de 75cm, 85cm y 95cm de diámetro exterior aproximadamente. El dimensionamiento del aislador se ha iniciado proponiendo un periodo objetivo de 2.5 segundos. En todos los casos se ha obtenido factores de seguridad a la deformación sin módulo de rotura mayor a 1.3; y Factor de seguridad a la deformación de la goma con módulo de rotura mayor a 1.1. De acuerdo a lo mencionado en el ítem 5.1.4 Proceso constructivo, el cual comprende el Armado de la estructura del pedestal, montaje de plantilla, instalación de conectores de anclaje en el pedestal, aseguramiento de pernos de anclaje en el pedestal, vaciado de concreto en pedestal, retiro de plantilla, instalación de aislador, vaciado del grout,



colocación de pernos de ajuste del aislador, instalación del anclaje superior sobre aislador, encofrado de fondo de capitel, colocación de acero de refuerzo dentro del capitel, post vaciado.

#### **CUARTA CONCLUSIÓN**

La principal diferencia que se tiene en el proceso constructivo de una estructura convencional y una estructura aislada se encuentra en la base del edificio. En una edificación aislada se debe considerar una excavación inicial correspondiente a un semisótano en el cual se instalaran los aisladores, así como los muros de sótano. Es necesario también considerar una junta sísmica de dos veces la altura del aislador de tal manera que permita un libre movimiento del edificio y proteger estos espacios de las juntas a través de planchas metálicas. Por otro lado se debe tener especial cuidado en la instalación de escaleras, rampas y accesos, así como en tuberías, ya que el desplazamiento del edificio es bastante largo.

## **RECOMENDACIONES**

### **PRIMERA RECOMENDACIÓN**

Se recomienda a la Universidad privada de Tacna, realizar mayores cursos de especialidad en el tema de aisladores sísmicos en la base, ya que es una buena alternativa de reducción de riesgos sísmicos de edificios ubicados en zonas de alta sismicidad como es el caso de Tacna.

### **SEGUNDA RECOMENDACIÓN**

A los futuros tesisistas y proyectistas, se recomienda que los dispositivos elastoméricos tengan desplazamientos no mayores de 50 cm. Ya que en casos de pandeo estos son incontrolables y afectan seriamente su estabilidad.

### **TERCERA RECOMENDACIÓN**

A los futuros tesisistas o docentes de la Universidad Privada de Tacna se recomienda realizar manuales de Procedimientos de diseño de estructuras con aisladores sísmicos, así como manuales para la realización de ensayos y certificación de estos sistemas.

### **CUARTA RECOMENDACIÓN**

El proceso constructivo del edificio es muy importante, en tal sentido se recomienda tener especial cuidado en la instalación y montaje del sistema de aislamiento y la superestructura, ya que una mala instalación podría provocar el colapso del edificio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriagada J, (2005)**, *“Aislación sísmica de un edificio de oficinas de siete pisos”*. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Cáceres Y. & Aquino C, (2017)**, *“Aislamiento sísmico de un hospital de 4 pisos en la región de Arequipa”*. Universidad Nacional de San Agustín, Perú.
- CISMID-UNI, (2010)**, *“Estudio de Vulnerabilidad estructural sísmica y no estructural del Hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna”*, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID-UNI, Perú.
- Geniatos C. & Lafuente M, (2016)**, *“Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras”*, Banco de desarrollo de América Latina, Perú.
- Espinosa L,(2005)**, *“Guía de diseño para estructuras de Acero”*, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Kubin J. Et Al, (2012)**, *“Seismic Isolated Hospital Design Practice in Turkey: Erzurum Medical Campus”*, 15 WCEE, Lisboa.
- Meza Z, (2015)**, *“Análisis y diseño de un Hospital con aisladores elastoméricos en el Perú”*. Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Muñoz J, (2012)**, *“Análisis y diseño de una estructura hospitalaria con aisladores sísmicos”*, Universidad Católica Santa María, Perú.
- SENCICO, (2018)**, *“Proyecto de norma técnica de aislamiento sísmico E.031”*. Perú.
- Sağiroğlu M. Et Al (2018)**, *“Installation and Maintenance Principles of Seismic Isolators:Erzurum Health Campus”*. The Open Civil Engineering.
- Salinas M, (2010)**, *“Liquidación técnica financiera de obras públicas”*. Actualidad Gubernamental, Peru.

**ANEXO 01**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR	MÉTODO
¿Cómo podemos contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base?	Se puede contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base, mediante la experiencia obtenida durante la ejecución del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.	Contribuir con información técnica en el diseño y construcción de futuros edificios con aisladores sísmicos elastoméricos en la base.	Variable dependiente: <b>Diseño y Proceso constructivo de Instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Periodo de Vibración</li> <li>- Desplazamiento</li> <li>- Control de Calidad en el proceso constructivo</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Descriptivo</p> <p style="text-align: center;">Explicativo</p>
¿Qué resultados se obtienen de comparar los periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B considerando modelos de base fija y base aislada?.	Comparando los resultados de periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B, considerando modelos con base fija y base aislada; el modelo aislado presenta un mejor comportamiento sísmico.	Comparar los resultados de periodos de vibración y desplazamientos del bloque A y B, considerando modelos con base fija y base aislada.	Variable independiente : <b>Hospital</b>		

<p>¿Cómo se realiza el Diseño de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna?</p>	<p>Se puede diseñar los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna, haciendo uso de la norma americana ASCE/SEI 7-10, ASCE/SEI 7-17 y el nuevo proyecto de norma de aislamiento sísmico E-031 (SENCICO).</p>	<p>Diseñar los aisladores sísmicos elastoméricos en la base de los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.</p>	<p><b>Hipólito Unanue de Tacna</b></p>	<p>- Nro. de Pisos - Área total</p>	
<p>¿Cuáles son las etapas del proceso constructivo de montaje e instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, de los bloques A y B del Nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna?</p>	<p>Se puede describir las etapas del proceso constructivo de montaje e instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, en los bloques A y B en base a la experiencia obtenida durante la ejecución del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna.</p>	<p>Describir las etapas del proceso constructivo de montaje e instalación de los aisladores sísmicos en la base del nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna.</p>			

**ANEXO 02**

**PLANOS**