



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, para adecuarlo a la NTP-
E031 en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-
Ayacucho”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Flores Roca, Yordan Raúl (ORCID:0000-0002-1054-7101)

ASESOR:

Ms. Ing. Aybar Arriola, Gustavo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi padre y a mi sobrina victoria que los aprecio mucho. También quiero dedicar esta tesis a mis primos y tíos que siempre les llevo presente.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por el apoyo moral e incondicional que me brindaron para el desarrollo de esta tesis de investigación. Así mismo agradezco en gran parte a mi padre por darme la educación para realizarme profesionalmente. Por ultimo agradecer a los docentes y asesores que cumplen una función importante en el avance de las investigaciones científicas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del problema:.....	2
1.3 Problema general	2
1.4 Problema específico	2
1.5 Objetivos de la investigación:.....	2
1.6 Justificación de la investigación:	3
1.7 Hipótesis:	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA.....	38
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	38
3.2 Variables y Operacionalización	39
3.3 Población y muestra	42
3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	42
Método de análisis de datos.....	43
3.5 Aspectos Éticos.....	43
IV. RESULTADO	44
4.1 Descripción del proyecto	44
4.2 Análisis estructural con base fija del bloque B	46
4.1.1 Propiedades mecánicas de los materiales	46
4.1.2 Cargas y combinaciones de cargas	47

4.1.3 Modos de vibración	47
4.1.4 Análisis sísmico.....	48
4.1.5 Balance torsional.....	49
4.3 Analisis estructural con aislador sísmico.....	52
4.4 Diseño de los aisladores	59
4.5 Resultado del análisis estructural con aisladores elastomericos:.....	80
V. DISCUSIÓN	87
VI. CONCLUSIONES	92
VII. RECOMENDACIONES	93
VIII. BIBLIOGRAFIA	94
ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: La tumba de Ciro el grande.....	10
Figura 2: El Partenón.....	10
Figura 3:Disminucion de la aceleración espectral	13
Figura 4: Derecha edificio sin aislamiento sísmico. Izquierda edificio con aislamiento sísmico	14
Figura 5:Detalle de un aislador elastomérico.....	15
Figura 6:Derecha: aislador de bajo amortiguamiento. Izquierda: ciclo de histéresis	16
Figura 7: Derecha: aislador de alto amortiguamiento. Izquierda: ciclo de histéresis	17
Figura 8: Derecha: aislador de núcleo de plomo. Izquierda: ciclo de histéresis	17
Figura 9:Derecha: aislador deslizante. Izquierda: ciclo de histéresis	18
Figura 10: Derecha: aislador simple péndulo de fricción. Izquierda: ciclo de histéresis.	19
Figura 11: Derecha: aislador doble péndulo de fricción. Izquierda: ciclo de histéresis.	20
Figura 12 Derecha: aislador doble péndulo de fricción. Izquierda: ciclo de histéresis.	21
Figura 13 Sistema con aislador, desplazamiento absolutos y relativos respecto a la base.....	21
Figura 14 Diagrama de cuerpo libre parte superior del sistema	22
Figura 15: Diagrama de cuerpo libre de la estructura sobre los aisladores	23
Figura 16: Comportamiento histerético y viscoso del aislador	25
Figura 17:Modelo bilineal fuerza-deformación.....	26
Figura 18:Derecha: ciclo de histéresis de ensayos. Izquierda: ciclo de histéresis asumida	28
Figura 19: Derecha: ciclo de histéresis de ensayos. Izquierda: ciclo de histéresis asumida	29

Figura 20: Ciclo de histéresis del aislador núcleo de plomo	30
Figura 21: Mapa conceptual.	39
Figura 22: Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena	44
Figura 23: Calicatas del estudio de suelos	44
Figura 24: Plano de distribución del Sector B.....	45
Figura 25: Vista frontal del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena.....	45
Figura 26: Modelamiento de la estructura en estudio.....	46
Figura 27: Aceleración espectral	49
Figura 28: Tabla de factor de amortiguamiento	49
Figura 29: Ubicación de los aisladores.....	51
Figura 30: Distribución de los aisladores.....	51
Figura 31: Modelamiento de la estructura incorporando los aisladores.....	52
Figura 32: Registro sísmico Moyobamba (E-O)- 2005	53
Figura 33: Registro sísmico Lima (E-O) 1966.....	53
Figura 34: Registro sísmico Ica (E-O)- 2007	53
Figura 35: Registro sísmico Lima (E-O)- 1974	54
Figura 36: Registro sísmico Chimbote (E-O)- 1970.....	54
Figura 37: Espectro sísmico objetivo	54
Figura 38: Escalamiento de los cinco registros sísmico (E-O).....	55
Figura 39: Registros sísmico promedio (E-O).....	55
Figura 40: Registros sísmico escalado (N-S)	56
Figura 41: Registro escalado cargado al programa (N-S)	56
Figura 42: Carga rampa	57
Figura 43: Caso de carga "Gravedad"	58
Figura 44: Caso de carga en la dirección "x" "TH x Chimbote".....	58
Figura 45: Ingreso de parámetros lineales "U1" LRB	74
Figura 46: Ingreso de parámetros lineales "U2" LRB	74

Figura 47: Ingreso de parámetros lineales “U3” LRB	75
Figura 48: Ingreso de parámetros lineales “U1” NRB	75
Figura 49: Ingreso de parámetros lineales “U2” NRB	76
Figura 50: Ingreso de parámetros lineales “U3” NRB	76
Figura 51: Ingreso de parámetros no lineales LRB	77
Figura 52: Ingreso de parámetros no lineales “U2” LRB	77
Figura 53: Ingreso de parámetros no lineales “U3” LRB	78
Figura 54: Ingreso de parámetros no lineales “U2” NRB	78
Figura 55: Ingreso de parámetros no lineales “U3” NRB	79
Figura 56: Distribución de los aisladores LRB y NRB.....	79
Figura 57: Distribución con el código de rigidez LRB y NRB	82
Figura 58: Diagrama de Histéresis en “K15” LRB sismo: Ica.....	82
Figura 59: Diagrama de Histéresis en “K15” LRB sismo: Motobamba	83
Figura 60: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Chimbote	83
Figura 61: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Ica	84
Figura 62: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Lima 1966	84
Figura 63: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Chimbote	85
Figura 64: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Ica	85
Figura 65: Diagrama de desplazamiento de la estructura, izquierda en dirección “X” y Derecha en dirección “Y”	86
Figura 66: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Ica.....	87
Figura 67: Diagrama de fuerzas cortantes, análisis modal espectral:	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de amortiguamiento efectivo.....	33
Tabla 2: Cuadro comparativo de la norma ASCE 7/16 y NTP E-031	35
Tabla 3: Cuadro de operacionalización de Variables	41
Tabla 4 Modos de vibración del análisis modal	47
Tabla 5: Periodos en base fija	48
Tabla 6: Excentricidad natural	52
Tabla 7: Resumen del cálculo de las propiedades del aislador	64
Tabla 8: Resumen del diseño de los aisladores LRB	67
Tabla 9:Resumen del pre dimensionamiento del aislador NRB.....	68
Tabla 10: Dimensiones escogidas, aislador NS060N3.....	69
Tabla 11:Resumen de cálculo a la mitad de desplazamiento.....	70
Tabla 12: Resumen del cálculo de la fuerza de restitución	70
Tabla 13: Resumen del diseño de los aisladores NRB.....	72
Tabla 14: Verificación ultima de la fuerza restauradora.....	73
Tabla 15: Calculo del periodo con base aislada	80
Tabla 16: Verificación de las derivas en los sentidos E-O y N-S	81
Tabla 17: Calculo de fuerzas cortantes, análisis modal espectral	88
Tabla 18: Calculo de fuerzas cortantes, análisis tiempo-historia	89
Tabla 19: Comparación de la participación de modos.....	90

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo desarrollar el diseño del dispositivo de aislación del tipo elastomérico en el sector B del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B" ubicado en la ciudad de Ayacucho, con la intervención de la Norma Técnica Peruana E-031. La finalidad de esta tesis es aclarar la aplicación de la norma E-031 que rige en nuestro territorio nacional.

Así mismo, la tesis presenta el análisis de una estructura de cuatro niveles de forma irregular, con una configuración del tipo pórtico, partiendo de un pre dimensionamiento con un análisis modal y culminando con un análisis dinámico tiempo historia. Esta investigación se desarrolla en un enfoque cuantitativo, del tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación no experimental.

La tesis concluye con la demostración de la eficiencia del uso de los dispositivos de aislación, comparado con un análisis convencional, y la disipación de energía que toman estos dispositivos frente a un evento sísmico.

Palabras clave: Análisis Dinámico Tiempo Historia, Pórtico, Análisis Modal, Aislación, Disipación.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to develop the design of the elastomeric type isolation device in sector B of the Miguel A. Mariscal Llerena Regional Hospital, Sector "B" located in the city of Ayacucho, with the intervention of the Peruvian Technical Standard E-031. The purpose of this thesis is to clarify the application of the E-031 standard that governs our national territory.

Likewise, the thesis presents the analysis of a four-level structure of irregular shape, with a portico-type configuration, starting from a pre-dimensioning with a modal analysis and culminating with a dynamic history-time analysis. This research is developed in a quantitative approach, of the type of applicative research and a non-experimental research design.

The thesis concludes with the demonstration of the efficiency of the use of isolation devices, compared to a conventional analysis, and the energy dissipation that these devices take in the face of a seismic event.

Keywords: Dynamic Analysis Time History, Portico, Modal Analysis, Isolation, Dissipation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Los eventos sísmicos o también llamados terremotos, son un fenómeno natural que nos ha ocasionado daños de forma general y la pérdida de vidas humanas. Por lo tanto, al ser un fenómeno natural estas seguirán presentándose eventualmente a futuro. Así mismo se menciona que el Perú es un país que pertenece al círculo de fuego del océano pacífico es decir a una zona de alto riesgo sísmico, por lo que la placa de Nazca y la placa sudamericana pueden ocasionar una falla por subducción liberando una cierta cantidad de energía en la tierra en forma de ondas. Los geólogos advierten que la costa peruana muestra un silencio sísmico desde hace varias décadas, siendo más probable de que ocurran sismos de gran intensidad debido a que se ha estado almacenando gran cantidad de energía por largos periodos de tiempo. (Meza, 2015)

Los sismos más recientes en Perú han puesto en prueba el plan de gestión de riesgo que empleamos y la calidad del diseño de nuestras estructuras sísmo resistentes. Así mismo, un antecedente que se puede tomar de referencia, es el informe del ministerio de salud sobre el sismo de Pisco del 2007 de magnitud 7 en la escala de Richter, donde se reporta que cuatro de seis hospitales del departamento de Ica han sido afectados por lo cual uno tenía que ser inhabilitado debido a los daños graves que se percibía en la estructura, y solo las edificaciones nuevas de emergencia estaban operativas a pesar de ello aun no contaban con equipamiento médico.

Así mismo el autor Zayas,(2017) menciona que mayoría de personas fallece porque los hospitales no están en operación después de un evento sísmico debido a que las edificaciones cumplen con los códigos del diseño sísmo resistentes pero se deja del lado la funcionalidad continua, o en caso contrario la edificación falla por completo cuando ocurre un sismo.

Por otro lado el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que la ciudad de Huamanga, ubicada en la sierra centro sur del Perú, comparte dos zonas de riesgo sísmico, aumentando la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones. Sin embargo, hay edificaciones que aun carecen de criterios técnicos que conlleva a la seguridad de vida, frente a un movimiento telúrico. Las edificaciones importantes como

puestos de salud sostienen un diseño convencional en la estructura, siendo de preocupación por el comportamiento de los elementos estructurales cuando ocurra un evento sísmico. Por lo tanto, mantener la infraestructura y el equipamiento de un puesto de salud con un diseño sísmo resistente frente a un evento sísmico, es un objetivo difícil de cumplir.

1.2 Formulación del problema:

1.3 Problema general

¿De qué manera el Aislador Elastomérico interviene en el diseño estructural de hospitales aplicando la NTP-E031?

1.4 Problema específico

¿Cómo el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico influye en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho?

¿Qué exigencias presenta la NTP-E031 para su aplicación en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho?

¿Qué características presenta el diseño estructural con aislador elastomérico para comprobar el diseño estructural del hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho?

1.5 Objetivos de la investigación:

Objetivo general

Realizar el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, según la Norma Técnica Peruana E031 del reglamento nacional de edificaciones, en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho

Objetivo específico

Analizar como el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico influye en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho

Explicar qué exigencias presenta la NTP-E031 para su aplicación en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho

Presentar el diseño estructural con aislador elastomérico para comprobar el diseño estructural del hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho

1.6 Justificación de la investigación:

Importancia de la investigación

El desempeño de las edificaciones esenciales como hospitales con un diseño convencional es perjudicial ante un evento sísmico, porque debido a la aceleración del suelo los elementos estructurales pueden entrar a un estado crítico, generando fallas en la edificación y consecuentemente una elevación de costos en la reparación parcial o total, tanto en la estructura como en el equipamiento.

Por lo tanto, el concepto de aislamiento sísmico es una opción del diseño sismo resistente y por eso es importante conocer el comportamiento de los dispositivos de aislación sísmica. Con esta tecnología se puede conservar la operatividad de la edificación sin tener daños estructurales o de equipamiento después de un evento sísmico.

Viabilidad de la investigación

El presente trabajo de investigación consiste en analizar la edificación del hospital Miguel A. Mariscal Llerena sector "B" de Ayacucho, con dispositivo de aislación tipo elastomérico, evaluando el desempeño óptimo y su funcionalidad ininterrumpida frente a un sismo severo. Concluyendo con la comparación a nivel de beneficios con el diseño convencional.

Así mismo, los beneficios que se pretende con la investigación es proponer un procedimiento metodológico de diseño con aisladores elastoméricos. Siendo un alcance para proyectos de edificación, ya que el reglamento nacional de edificaciones E-030 menciona que las edificaciones esenciales del tipo A1 ubicado en la zona de riesgo sísmico 3 y 4 tienen que ser aisladas

Por otro lado, debido a que no se cuenta con una amplia bibliografía a nivel nacional sobre el uso de aisladores elastoméricos en edificaciones, este trabajo contribuye en proporcionar información sobre las características de los dispositivos de aislación, siendo de utilidad metodológica para otros proyectos de investigación.

1.7 Hipótesis:

Hipótesis general

Los aisladores elastoméricos optimiza el diseño estructural en hospitales, cumpliendo la NTP-E031 del reglamento nacional de edificaciones

Hipótesis específico

El diseño estructural del hospital regional Miguel A. Mariscal Llerena sector "B"-Ayacucho muestra un mejor desempeño con aislador elastomérico frente a la demanda sísmica

La NTP-031 presenta parámetros requisitos y exigencias para su aplicación en el diseño estructural del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho

Comprobar el cumplimiento del diseño estructural con aisladores elastoméricos en el hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho

II. MARCO TEÓRICO

Estudios previos respecto al tema de investigación a nivel Internacional:

En la investigación de Ramos (2019) titulada “Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmicos elastoméricos”. presenta, un estudio comparativo del desempeño estructural de un sistema tipo pórtico con y sin sistema de aislación empleando aisladores elastomérico con núcleo de plomo (LRB). Tomando en cuenta la norma ecuatoriana de la construcción NEC-2015 y los requisitos de diseño dado por el FEMA-450. Con el objetivo de comparar cuál de estas dos configuraciones estructurales ofrece mayor protección sísmica. Concluyendo que la mejor protección sísmica para la estructura en estudio es la aislación basal.

Villavicencio, (2016) En su tesis de posgrado titulada “Análisis sísmico estructural comparativo para edificios con aisladores de base tipo elastoméricos y friccionantes, para los diferentes tipos de suelos del Ecuador”, describe la comparación de dos edificaciones, uno con aislamiento elastomérico y el otro con aislador de fricción, aplicando la norma NEC-2015 y FEMA-450, teniendo como objetivo general la comparación de los aisladores de estos dos tipos de dispositivos mencionados, llegando a la conclusión de que los aisladores más óptimos son los elastoméricos por presentar una mejor respuesta ante una demanda sísmica tanto en desplazamientos como en la disminución de la fuerza cortante de piso.

Así mismo Suárez, Morales y García (2016) en su tesis de pregrado titulada “Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastoméricos”. Presentan el proceso para diseñar un edificio de 8 niveles con sistema de protección sísmica basal, mediante el uso de aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento. Con el objetivo de señalar una metodología para el diseño de los aisladores y realizar una comparación de desempeño con una estructura convencional. Concluyendo que se muestra una gran disipación de energía de entrada y disminución de fuerza cortante en comparación a una estructura convencional.

Por otro lado, Baena, (2016) Tesis de pregrado titulada “Comparación económica de la demanda de ductilidad de una estructura con aisladores sísmicos elastoméricos”. Menciona los beneficios que se pueden obtener usando los

dispositivos de aislación frente a un evento sísmico y el impacto económico de implementar en las edificaciones teniendo como objetivo realizar un análisis no lineal como punto de partida para la evaluación del desempeño frente a un evento sísmico y evaluar los daños que se pueden obtener a través del índice de daño de Park Ang y Wen. Concluyendo en que las estructuras aisladas de 6 niveles tienden a ser más costosas en comparación a las estructuras de base fija; Sin embargo, las estructuras con 10 niveles son más económicas usando los aisladores elastoméricos.

En referencia a los estudios previos a nivel nacional. Según Herrera, (2018) en su tesis de pregrado titulada “Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso”, menciona como objetivo general la comparación de dos estructuras tipo pórtico usando aisladores y amortiguadores de fluido viscoso, continuamente se utilizó el análisis tiempo historia obteniendo las derivas y las fuerzas internas en los elementos estructurales, por lo que se analizó el desempeño de las estructuras con diferentes tipos de esbeltez frecuencias y rigideces. Concluyendo que las edificaciones que poseen poca esbeltez y periodos cortos los aisladores tienen un mejor comportamiento y las edificaciones muy esbeltas con periodos altos los amortiguadores son más eficientes.

Por otro lado, Meléndez y Gutiérrez, (2019) en su 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”, Manifiesta en su investigación sobre la implementación de los aisladores y deslizadores describiendo el proceso constructivo y la instalación de estos dispositivos de aislación, teniendo como objetivo contribuir con la información técnica de análisis y diseño de los aisladores para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones en zonas de alta intensidad sísmica, concluye que las derivas de entrepiso son 3.97-5.18 por mil en el rango elástico es decir que se está cumpliendo las exigencias de la norma E-030 garantizando que los daños frente a un evento sísmico son mínimos, respecto al proceso constructivo menciona que se debe realizar con mucha precisión a la hora de montar estos dispositivos.

Maza, (2016) en su investigación de tesis de pregrado titulada “Análisis comparativo del comportamiento estructural de edificaciones con cimentaciones convencionales

y edificaciones con aislamiento elastoméricos en la cimentación, en el distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2012”. Desarrolló el análisis estructural de una vivienda multifamiliar de 10 pisos en la provincia de Huaraz, zona con alto riesgo sísmico, con un sistema convencional y posteriormente con base aislada utilizando los aisladores de núcleo de plomo LRB, concluyendo que se muestra reducciones en la fuerza cortante y un decremento en las derivas de entre piso, cumpliendo los requisitos de la norma E-030.

Según Ramos, (2018) en su tesis de pregrado titulada “Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base”. Realiza una investigación sobre el análisis y diseño de una edificación de 4 niveles y un sótano ubicado en la ciudad de Arequipa, usando aisladores sísmicos en la base, teniendo en consideración la norma ASCE 7/10 y el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030, con el objetivo de verificar las fuerzas cortantes y derivas impuestas por las normas, concluyendo que en el análisis modal se espera que los dos primeros modos correspondan a la traslación y el tercer modo pertenezca a la rotación con el fin de evitar la torsión en una estructura.

1. Bases Teóricas:

1.1 El Diseño Estructural Convencional

Según Morales (2006), menciona que la estructura debe entenderse como un conjunto de elementos estructurales con el objetivo de cumplir una finalidad dada. Por lo tanto, el cálculo de estos elementos estructurales es un proceso iterativo, es decir parte de un pre dimensionamiento y culmina cuando los resultados se aproximan entre sí.

Además, Ridell & Hidalgo (2010), indica que el objetivo final del diseño estructural es proveer una estructura segura y económica para satisfacer una necesidad específica. Al decir una estructura segura y económica se refiere a la capacidad resistente de la estructura para servir sin fallas durante su vida útil, obteniendo un diseño que incorpora consideraciones de orden económico, ya que siempre puede haber soluciones alternativas, y para cada una de ellas un óptimo costo mínimo, al que se procura llegar.

Así mismo Ridell & Hidalgo (2010), afirman que el objetivo del diseño estructural es buscar la optimización de la estructura, en el sentido de ser económico y seguro. Al mencionar económico y seguro, se entiende que la estructura no debe presentar fallas durante su vida útil y debe cumplir su desempeño frente a un evento sísmico para la cual ha sido diseñado. Por lo tanto, en un diseño estructural se debe aplicar criterios o soluciones alternativas de diseño teniendo consideraciones en la parte económica.

Por otro lado, Cheng, Jiang, & Lou (2008), mencionan que el diseño convencional ofrece una capacidad limitada a la resistencia y la disipación de energía. Así mismo, la rigidez en la estructura es una de las propiedades que resiste la fuerza sísmica generada por los sismos y el factor de amortiguamiento ayuda a disipar la energía dinámica. Por lo tanto, a estas estructuras se les denomina como pasivos porque no se pueden adaptar a excitaciones sísmicas desconocidas.

1.2 Diseño Sismo resistente

Blanco (1994), menciona que el Perú se encuentra dentro una zona sísmica por lo tanto se debe prestar atención a las fuerzas sísmicas al igual que a las cargas de

gravedad. Así mismo en la configuración estructural los arquitecto e ingenieros deben coordinar de forma adecuada para conseguir que la estructura se desempeñe satisfactoriamente en un evento sísmico.

Así mismo Meza Palacios (2015), afirma que el diseño sismo resistente se basa en dimensionar secciones de concreto armado para evitar las fallas frágiles de los elementos que se presentan cuando ocurre un evento sísmico. El desempeño de la estructura debe garantizar que la resistencia lateral sea la misma a la resistencia elástica afectado por los factores de reducción, para obtener un óptimo diseño estructural la resistencia lateral debe ser suficiente si es que la estructura no ofrece un comportamiento dúctil, en caso contrario si la estructura no tiene resistencia, se diseña para un comportamiento dúctil que pueda resistir la fuerza de diseño. Ambas características de resistencia y ductilidad están relacionadas, es decir cuando una estructura se diseña con una resistencia lateral alta, menor es la ductilidad y así de forma viceversa. Generalmente el colapso de una estructura se produce cuando hay una deficiente ductilidad para la resistencia lateral que se considera en el diseño.

Por otro lado, El reglamento nacional de edificaciones, Norma E-030, art.3. menciona que la filosofía del diseño sismo resistente consiste en:

- Evitar pérdidas de vidas humanas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad.

1.3 Historia y desarrollo de los aisladores

En el libro “History of Earhquake Resistant Constructions. From Antiquity to our Times”, del autor B. Kirikov, menciona en su publicación una relación de construcciones antiguas, que a pesar del tiempo y su ubicación dentro de una zona sísmica aún se mantienen conservadas. Las primeras técnicas de mecanismos de aislamiento sísmico utilizadas en la antigüedad, tenían como objetivo principal desacoplar la estructura de los movimientos del terreno consecuente de un evento sísmico. A continuación, se menciona tres técnicas de aislamiento sísmico más utilizadas en las construcciones antiguas (Genatios & Lafuente, 2016):

- El uso de piedras alisadas y cortadas como capas en la base de la estructura.
- La utilización de la madera como piezas de apoyo
- La colocación de capas de arena, piedras y en ocasiones otro tipo de materiales, entre el suelo de fundación y los muros de la edificación.

Según Genatios & Lafuente (2016), indican que el empleo de piedras cortadas, alisadas y colocadas como capas sin el uso del mortero, es conocida como sistema de fundación “Orthostat”. Una de las construcciones más representativas en la historia donde se aplicó esta técnica, es la tumba de Ciro el grande (ver Figura 1), realizada en 550 A.C., en Pasargadae, Persia y la construcción del Partenón (ver Figura 2) realizada 447 A.C en Grecia. Kirikov menciona que la mayoría de construcciones antiguas los griegos utilizaron en el suelo de fundación algas marinas, las cuales mostraron una durabilidad singular en comparación a la madera.



Figura 1: La tumba de Ciro el grande. (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)



Figura 2: El Partenón. (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

Posteriormente Korswagen, Arias, & Huaranga (2012) mencionan que a finales de la década de los 70, Japón comenzó con el desarrollo de los aisladores elastoméricos reforzados con acero SREI (Steel reinforced elastomer isolator), estos aisladores eran fabricados vulcanizando las capas de caucho con las placas de acero con el objetivo de incrementar la rigidez. Después en el año 1978 se realizó la primera construcción Toe Toe en North Island, Nueva Zelanda, utilizando dispositivos de aislación de núcleo de plomo LRB (Lead Rubber Bearing), fabricado de forma similar a los aisladores SREI con la inclusión de un acero de plomo en el centro del aislador con el fin de disipar la energía. Entre los años 1985 y 1994 en Japón aumenta significativamente el número de edificios aislados entre diez edificios al año.

También Korswagen, Arias, & Huaranga (2012) afirma que en el año 1986 en Estados Unidos se realiza una publicación por la Asociación de Ingenieros del Norte de California con el título de “Requisitos provisionales de diseño de aislamiento sísmico” donde señala las pautas y el diseño de aisladores sísmicos con métodos estáticos. Así mismo en 1990 el comité sismólogo SEAOC (Structural Engineers Association of California) incluye en el apéndice de su publicación “Blue Book” los requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras sísmicas aisladas, por lo que en 1991 la UBC (Uniform Building Code) lo incluiría en su apéndice con algunas modificaciones titulado “Regulaciones de terremotos para estructuras sísmicas aisladas”. Tanto el SEAOC y el UBC han venido actualizando sus códigos a través de los años, en sus últimas publicaciones se fundamentan en el empleo del análisis dinámico. Por último en 1995 el consejo de seguridad sísmica, publica dentro del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) los requisitos de diseño con aislación sísmica y disipación de energía, posteriormente esta publicación sería modificada e incluida en los códigos SEAOC y UBC.

Por otro lado Herrera (2018) indica que en Perú el reglamento nacional de edificaciones E-030 no brinda recomendaciones para el diseño con amortiguadores o aisladores; sin embargo, hay edificaciones existentes que cuentan con este sistema de protección sísmica, como por ejemplo tenemos: el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez instalado con amortiguadores sísmico en el año 2012; el Centro de Información e Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI

diseñado con aisladores sísmicos en el año 2013; y por último el edificio del banco de la nación situado en Lima en el año 2015, presentando amortiguadores en sus últimos niveles.

El 6 de noviembre del 2019 el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento publica la aprobación de la Norma Técnica E-31 “Aislamiento Sísmico” con el decreto supremo N°30-2019-VIVIENDA; siendo su aplicación obligatoria a nivel nacional.

1.4 Principios de la aislación basal

Según Genatios & Lafuente (2016) mencionan que un óptimo diseño sísmico hace que una estructura se comporte en un rango elástico ante un sismo severo, y tiene la capacidad de disipar la energía en los elementos estructurales, este último se debe al comportamiento inelástico de los materiales que lo componen.

La ecuación de balance energía en una estructura es la siguiente:

$$E_s = E_k + E_a + E_h + E_d$$

Donde:

E_s : es la energía de entrada.

E_k : es la energía cinética absoluta

E_a : es la energía disipada por amortiguamiento

E_h : es la energía de deformación elástica (recuperable)

E_d : es la energía disipada por efectos de deformación inelástica de los materiales

Genatios & Lafuente (2016), indican que los dispositivos de protección sísmica logran disipar una gran cantidad de energía determinada, quiere decir que las deformaciones no se presentaran en la estructura sino en los dispositivos, de esta forma se estaría minimizando los daños frente a un evento sísmico.

Para Aguiar, et ál (2008) mencionan que si no es posible de disminuir la energía, o no resulta económico lograr balancear la energía de entrada a través de la ecuación presentada, entonces existe opciones en la ingeniería sísmica a través de la técnica

de aislación basal, que consiste en minimizar la energía de entrada en la superestructura. Por lo tanto, para disminuir la energía se tiene que analizar los siguientes mecanismos:

- Cuando manipulamos el periodo fundamental de la estructura para que se reduzca la respuesta sísmica.
- La reducción o limitación de las fuerzas transmitidas al suelo de fundación

Según Genatios & Lafuente (2016) afirman que con estos dos principales mecanismos se alcanzan las propiedades dinámicas del aislador, es decir al ser flexible el dispositivo contribuye en el incremento del periodo fundamental, obteniendo bajas aceleraciones sísmicas. Consecuentemente, las deformaciones se aumentan, pero estas serán recepcionadas en los aisladores sísmicos de esta manera se reduce los desplazamientos en la subestructura. Así mismo el efecto de amortiguamiento también contribuye con la reducción de la aceleración sísmica.

La Figura 3 se muestra los periodos fundamentales de una estructura sin aislamiento (T_1) y con aislamiento (T_2), la pseudo aceleración se presenta como cortante basal.

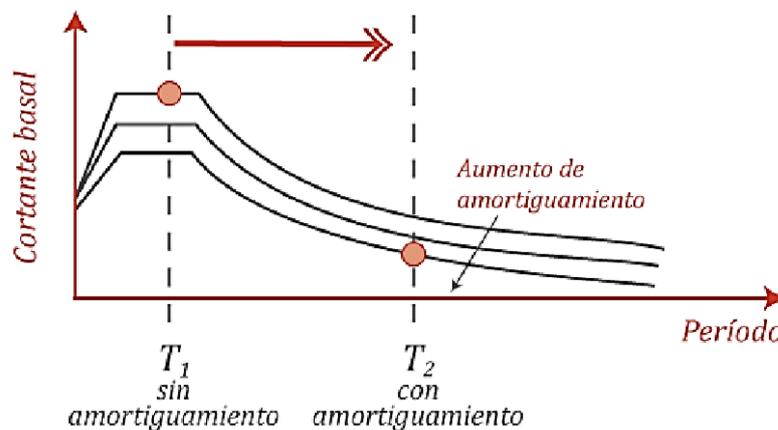


Figura 3: Disminución de la aceleración espectral (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

Según Genatios & Lafuente (2016), indican que cuando se instalan los aisladores sísmicos en la estructura se asume que la superestructura se desplaza como un

cuerpo rígido por ende las derivas o los desplazamientos relativos son mínimos (ver Figura 4).

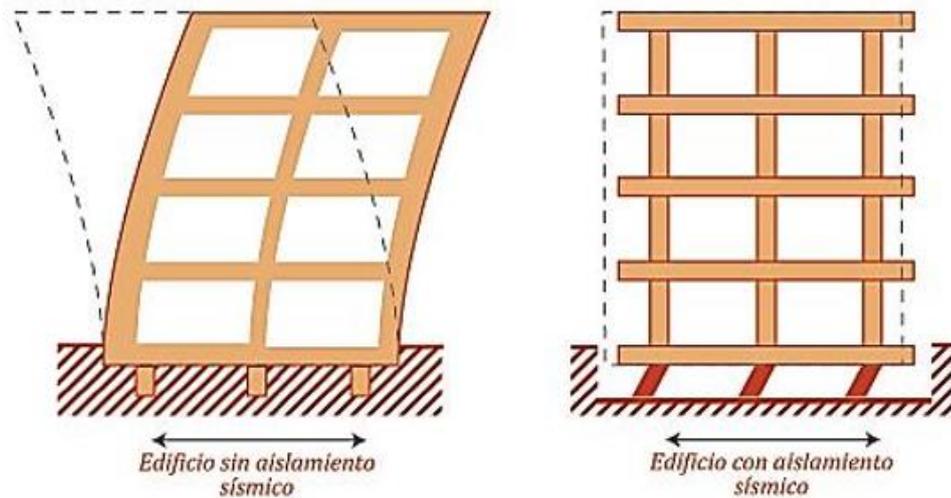


Figura 4: Derecha edificio sin aislamiento sísmico. Izquierda edificio con aislamiento sísmico (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

1.5 Tipos de aisladores:

En la industria de fabricación de aisladores sísmicos se puede encontrar variantes de estos dispositivos. Sin embargo, de acuerdo a sus propiedades y características se pueden agrupar en dos tipos, aisladores elastoméricos y aisladores de fricción.

1.5.1 Aisladores elastoméricos:

Genatios & Lafuente (2016), mencionan que la mayoría de este tipo de dispositivo tiene la forma de cilindro reducido con capas de material elastómero o también elastómeros de alta resistencia incorporado con láminas de acero de forma alterna. La presencia de capas de acero permite que tenga una alta resistencia vertical disminuyendo la formación de abultamiento, sin restringir el desplazamiento horizontal. Los aisladores son ensayados en los laboratorios para verificar sus propiedades mecánicas y entregar al diseñador. A continuación, se muestra las partes del aislador elastomérico en la Figura 5



Figura 5:Detalle de un aislador elastomérico (fuente: Aguiar Falconí, Almazan Campillay, Dechent, & Suarez Chacon, 2008)

Así mismo Aguiar, et ál (2008), indican que la fabricación de este dispositivo puede ser de forma completa o dejando un orificio regular en el centro, con la finalidad de incluir un núcleo de plomo para mejorar las propiedades intrínsecas del aislador como el amortiguamiento.

Para Maza, (2016) menciona que la forma de cilindro en un aislador permite que sus propiedades no se vean afectadas al aplicar la carga vertical, es decir que se obtendrá una repartición de esfuerzos uniforme. Así mismo las placas que se encuentran en la parte superior e inferior del dispositivo se acoplan a nivel de base y la superestructura respectivamente.

Por otro lado, el aislador elastomérico se puede distinguir por sus propiedades mecánicas en aisladores de bajo amortiguamiento o de goma natural (NRB), alto amortiguamiento (HRB) y con núcleo de plomo (LRB).

1.5.1.1 Aislador elastomérico de bajo amortiguamiento (NRB):

Según Maza (2016), afirman que los dispositivos NRB son simples de fabricar y la ventaja de utilizar este dispositivo es que sus propiedades no se alteran por factores como la temperatura, creep y el envejecimiento. Sin embargo, presentan un amortiguamiento de 2% a 5% por lo que necesita un sistema de amortiguamiento que pueda apoyar en recentrado de la estructura, entre ellos puede ser aisladores friccionales o de núcleo de plomo para alcanzar a un 10% a 15%. El adicionar un dispositivo de amortiguamiento externo involucra el mantenimiento rutinario, por lo que afectaría en el presupuesto de la edificación.

En la Figura 6 se puede observar la relación fuerza y desplazamiento, y el área que genera el ciclo histérico; prácticamente el área que encierra el aislador NRB es mínimo y se asemeja a una forma lineal.

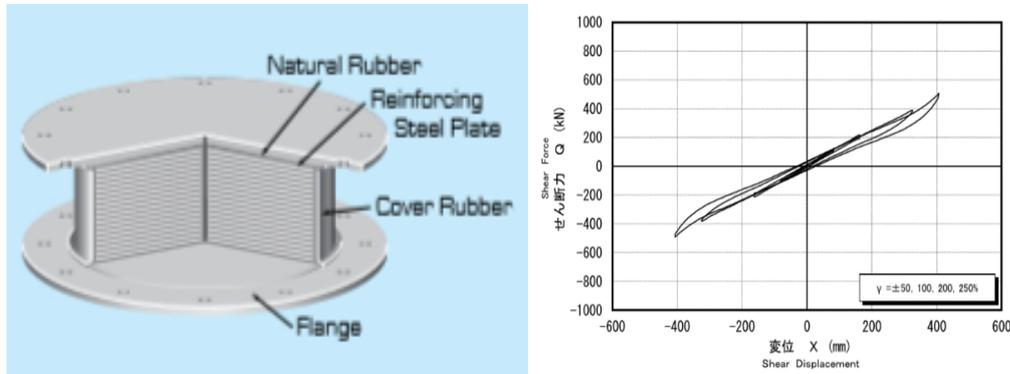


Figura 6:Derecha: aislador de bajo amortiguamiento. Izquierda: ciclo de histéresis (fuente: Bridgestone, 2017)

1.5.1.2 Aisladores elastomericos de alto amortiguamiento (HDR):

Según Maza (2016), La principal característica de este dispositivo es que en el proceso de fabricación se añade carbón extrafino, aceites o resinas entre otros, con el fin de incrementar el amortiguamiento entre 10% a 20%. En los ensayos de tensión de esfuerzo al corte, que se encuentra entre 50% al 120%, el módulo de corte permanece constante, por lo tanto, si el módulo de corte incrementa se obtendrá mayor disipación de energía. Al analizar las pruebas hechas en varios aisladores de alto amortiguamiento, mostraron que la energía que se disipada en un ciclo es proporcional al desplazamiento en un valor de energía de 1.5.

Por otro lado Korswagen, Arias, & Huaranga (2012), indican que otro factor de igual importancia es que los aisladores elastomericos pasan por un ensayo de “scragging” o conocido como degradación temporal, consiste en someter a varios ciclos de deformación, obteniendo deformaciones menores para ciclos estables. Así mismo en la Figura 7 se muestra las partes del aislador HDR y los bucles de histéresis que se produce en los ensayos.

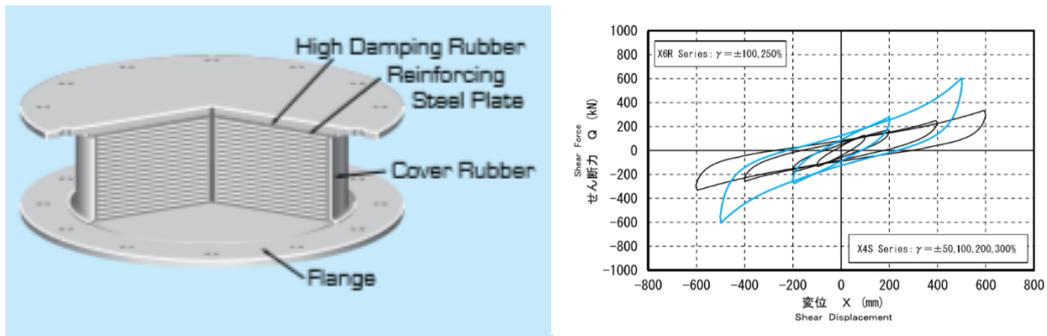


Figura 7: Derecha: aislador de alto amortiguamiento. Izquierda: ciclo de histéresis (fuente: Bridgestone, 2017)

1.5.1.3 Aislador elastomérico de núcleo de plomo (LDR):

Los autores Korswagen, Arias, & Huaranga (2012), mencionan que los aisladores LRD están compuesto por elastómero de bajo amortiguamiento con láminas de acero, contiene un núcleo de plomo introducido a presión. En los ensayos se producen numerosos ciclos histeréticos estables ya que el núcleo de plomo fluye a una tensión aproximado de 10 MPa, por lo tanto, tiene una buena resistencia a la fatiga (ver Figura 8). El ciclo histérico que describe se asemeja los materiales elastoplásticos, el área que encierra la histéresis viene hacer la energía disipada en el dispositivo.

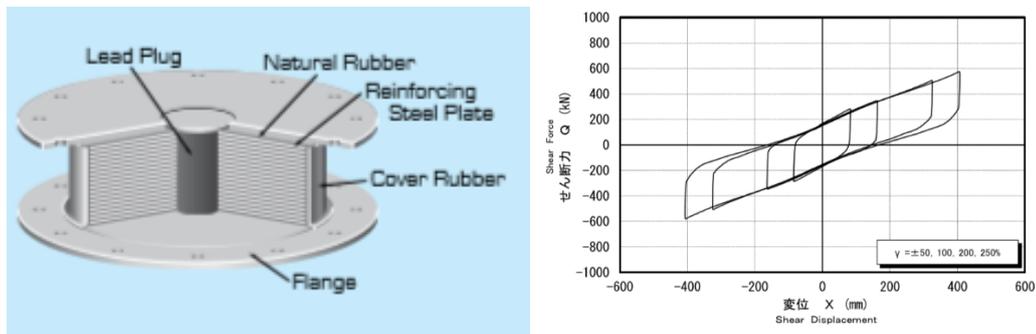


Figura 8: Derecha: aislador de núcleo de plomo. Izquierda: ciclo de histéresis (fuente: Bridgestone, 2017)

1.5.2 Aisladores de fricción:

A pesar que la presente investigación no está direccionada hacia este tipo de aisladores, es necesario mencionar este tipo de aisladores porque la NTP E-031 estipula para todo tipo de dispositivos de aislación.

Según Genatios & Lafuente (2016), indican que el aislador de fricción consiste en el deslizamiento entre dos planchas metálicas permitiendo los desplazamientos relativos, una de las planchas se instalada en la superestructura y la otra en la sub estructura. Estos apoyos aíslan el movimiento del suelo y la estructura por lo cual deben ofrecer una fricción necesaria o suficiente para una respuesta de movimiento provocado por fuertes vientos o pequeños sismos.

1.5.2.1 Deslizadores Friccionales

Los autores Genatios & Lafuente (2016), afirman que el deslizador friccional está conformado por dos planchas metálicas de acero inoxidable y en el medio contiene un material de baja fricción lo cual brinda desplazamiento a la estructura. Sin embargo, se dice que los deslizadores friccionales no son auto centrales es decir que después de producirse el desplazamiento no regresan a su posición inicial de equilibrio, siendo perjudicial para los elementos no estructurales, por lo tanto, los deslizadores friccionales necesitan de otros mecanismos para que recentren la estructura y limitar los desplazamientos relativos. En la Figura 9 se muestra el dispositivo y el bucle de histéresis que se origina por la carga y descarga en los ensayos.

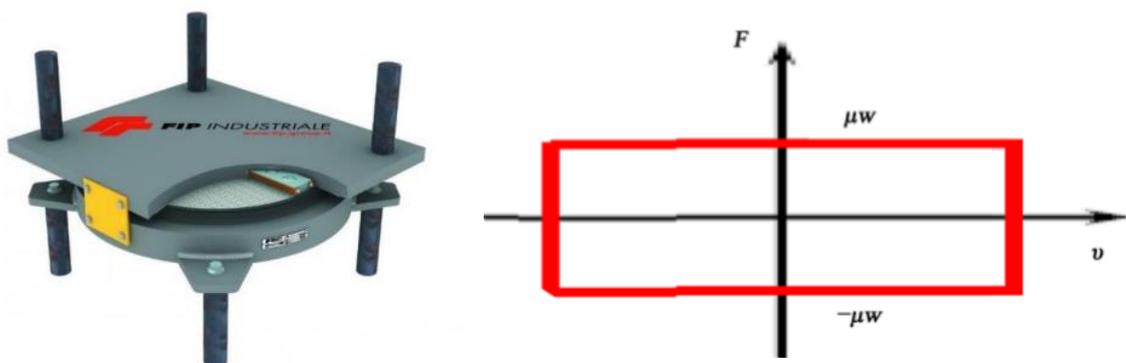


Figura 9: Derecha: aislador deslizante. Izquierda: ciclo de histéresis (fuente: Medina Mamani & Choque Ccallomamani, 2017)

1.5.2.2 Aisladores de simple péndulo de fricción

Según Genatios & Lafuente, (2016) menciona que este tipo de aisladores conocidos también como sistema de péndulo de fricción (Friction Pendulum Systems FPS) está conformado por una plancha curva de acero inoxidable pulido y una

articulación central (articulated slider) cubierta de un material de baja fricción que genera en el sistema un estado de péndulo (ver Figura 10). Además, contiene una superficie esférica de contacto para los desplazamientos relativos. Los aisladores de péndulo de fricción tienden a hacer auto centrales, es decir, cuando la fuerza sísmica actúa las placas metálicas generan un desplazamiento y a su vez una pequeña elevación en la estructura, consecuente del radio de curvatura de la plancha, después de esto, el mismo peso de la superestructura actúa como una fuerza restauradora o de recentrado, devolviendo la superestructura a su posición de origen. Cabe mencionar que el deslizamiento relativo tiende a expresiones no lineales, y el periodo de vibración del sistema no depende de la masa de la estructura, sin embargo, el periodo es una función del radio de curvatura. Por otro lado el amortiguamiento está dado por la fuerza de fricción que puede ser ajustada variando las propiedades del material, este valor de amortiguamiento varía entre 10% a 30% del amortiguamiento crítico.

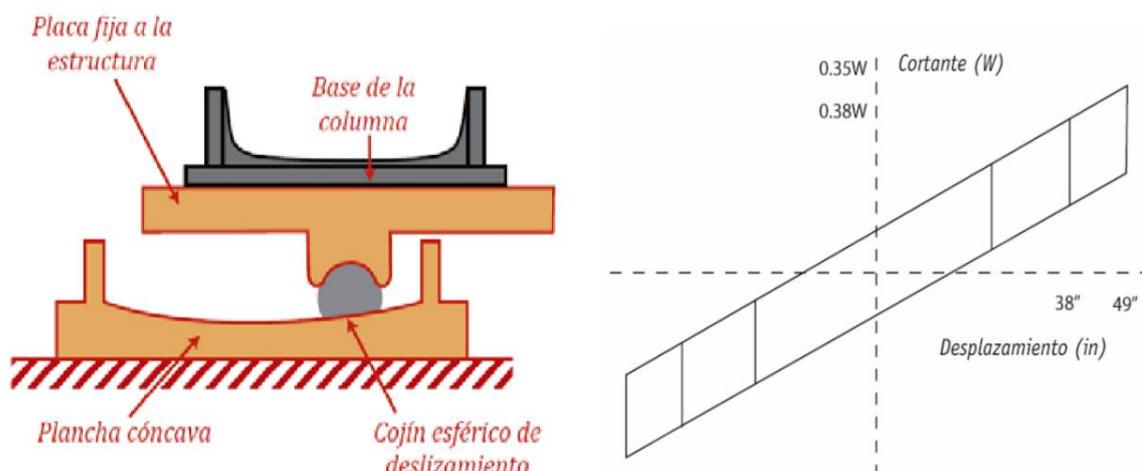


Figura 10: Derecha: aislador simple péndulo de fricción. Izquierda: ciclo de histéresis. (fuente: Genatios & Lafuente, 2016; Zayas, Low, & Mokha, Earthquake Protection System, 2020)

1.5.2.3 Aisladores de doble péndulo de fricción

Ruiz (2017), indica que el comportamiento de los aisladores de doble péndulo de fricción se asemeja a los aisladores de simple péndulo de fricción, además cuenta con dos superficies cóncavas, es decir dos radios de curvatura, y en su mayoría están fabricadas del mismo material de péndulo de fricción simple (ver Figura 11).

También en estos dispositivos se puede encontrar dos características, unas de superficies secas y otras lubricadas, las superficies secas son en su mayoría de coeficiente de fricción alta.

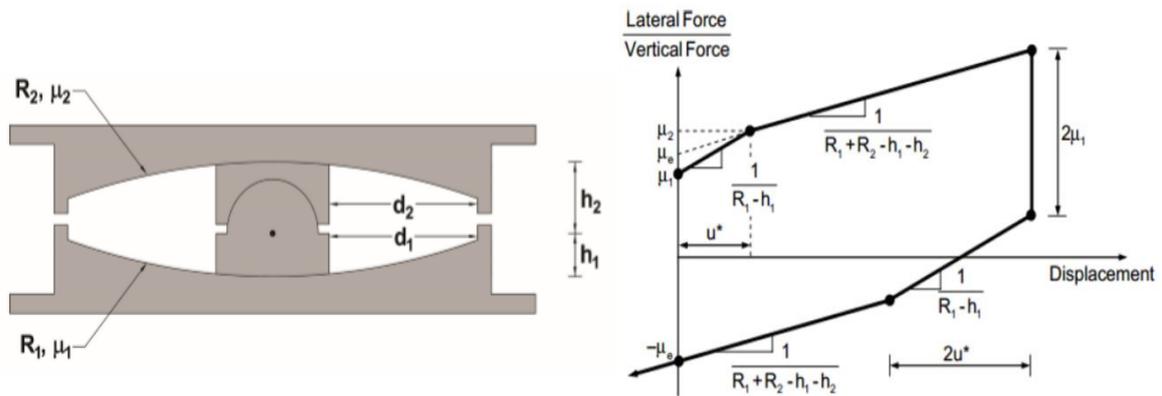


Figura 11: Derecha: aislador doble péndulo de fricción. Izaquierda: ciclo de histéresis. (fuente: Constantinou, Kalpakidis, Filiatrault, & Ecker Lay, 2011; Huamani Camargo, 2020)

1.5.2.4 Aisladores de triple péndulo de fricción

Según Huamani (2020), menciona que este dispositivo está compuesto por tres superficies cóncavas o radios de giro con la función de desempeñarse frente a diferentes demandas sísmicas (ver Figura 12). Las características de este aislador es que permite que la superestructura pueda acomodarse a diferentes movimientos telúricos, quiere decir que garantiza la flexibilidad de la superestructura y su retorno a su posición inicial. Otra característica del aislador es que, las dos superficies cóncavas actúan como péndulos independientes, reduciendo las fuerzas cortantes máximas, es decir menor costo para el diseño de la superestructura, mientras que la tercera superficie cóncava actúa para controlar los desplazamientos máximos.

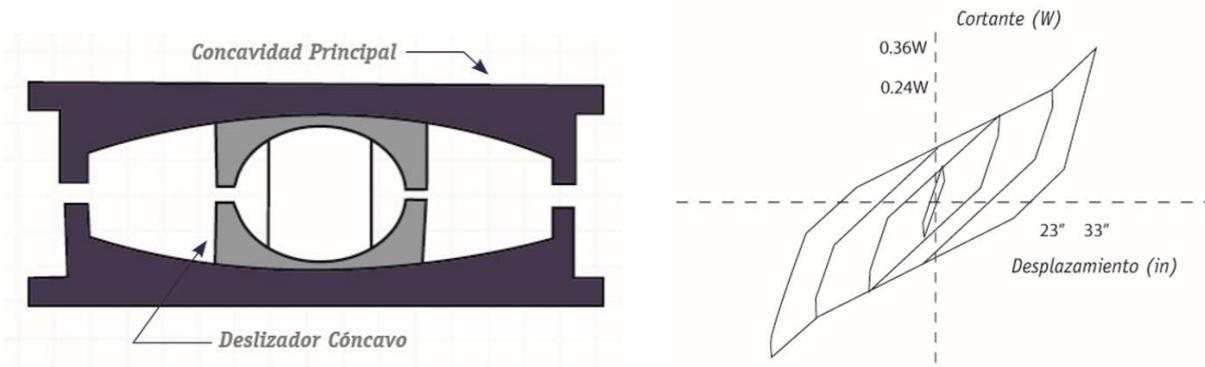


Figura 12 Derecha: aislador doble péndulo de fricción. Izquierda: ciclo de histéresis. (fuente: Zayas, Low, & Mokha, Earthquake Protection System, 2020)

1.6 Comportamiento de la estructura con base aislada

En esta sección los autores Genatios & Lafuente (2016), exponen la ecuación del movimiento de la dinámica aplicado a una estructura aislada en un modelo simplificado con dos grados de libertad (ver Figura 13), asumiendo de que los elementos de la estructura se desempeñan en un intervalo elástico y comprenden un coeficiente de amortiguamiento lineal.

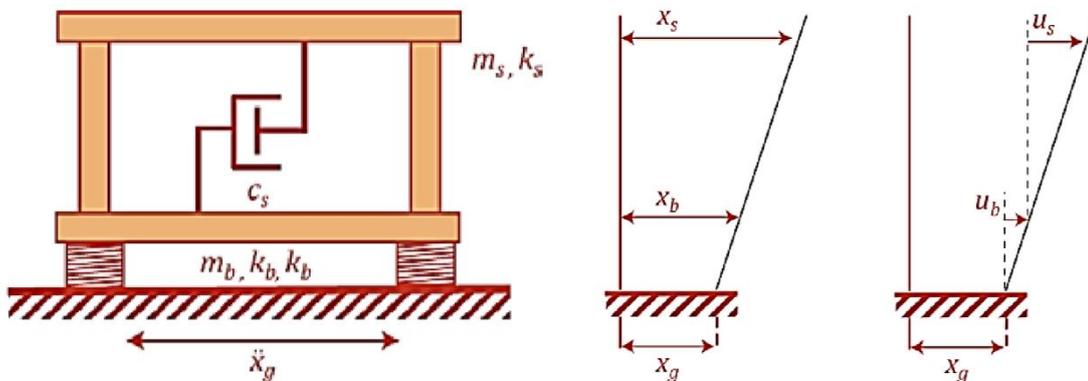


Figura 13 Sistema con aislador, desplazamiento absolutos y relativos respecto a la base (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

De la Figura 13 se define lo siguiente:

- m_s, k_s y c_s = masa, rigidez lateral y coeficiente de amortiguamiento del sistema estructural
- m_b, k_b y c_b = masa, rigidez lateral y coeficiente de amortiguamiento de la base, es decir del aislador sísmico

- \ddot{x}_g = aceleración del sismo
- \ddot{x}_s, \dot{x}_s y x_s = aceleración, velocidad y desplazamiento absolutos
- \ddot{u}_s, \dot{u}_s y u_s = aceleración, velocidad y desplazamiento relativos

Seguidamente se analiza los diagramas de cuerpo libre incluyendo fuerzas inerciales para obtener la ecuación de equilibrio dinámico como se muestra en la Figura 14.

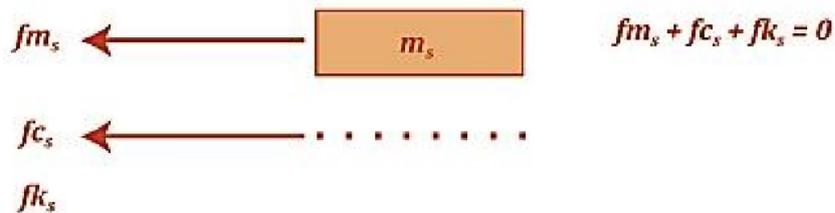


Figura 14 Diagrama de cuerpo libre parte superior del sistema (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

Equilibrio dinámico para la estructura:

$$fm_s + fc_s + fk_s = 0$$

Ecuación en base a aceleración, velocidad y desplazamiento absolutos:

$$m_s \ddot{x}_s + c_s (\dot{x}_s - \dot{x}_b) + k_s (x_s - x_b) = 0$$

Ecuación en base a aceleración, velocidad y desplazamiento relativos:

$$m_s \ddot{u}_s + m_s \ddot{x}_g + m_s \ddot{u}_b + c_s \dot{u}_s + k_s u_s = 0$$

$$m_s \ddot{u}_s + m_s \ddot{u}_b + c_s \dot{u}_s + k_s u_s = -m_s \ddot{x}_g \dots (1)$$

En la figura 15 se muestra la participación de la masa de la estructura y de los dispositivos de aislación.

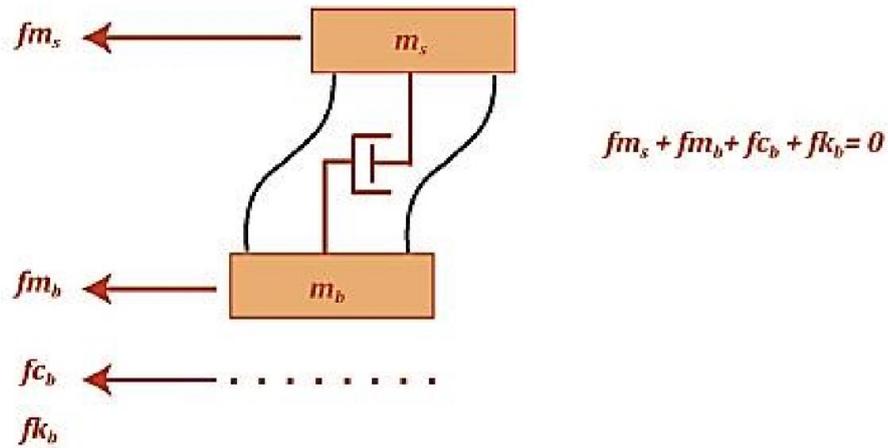


Figura 15: Diagrama de cuerpo libre de la estructura sobre los aisladores (fuente: Genatios & Lafuente, 2016)

Equilibrio dinámico para el sistema de aislación:

$$f m_s + f m_b + f c_b + f k_b = 0$$

Ecuación en base a aceleración, velocidad y desplazamiento absolutos:

$$m_s \ddot{x}_s + m_b \ddot{x}_b + c_b (\dot{x}_b - \dot{x}_g) + k_b (x_b - x_g) = 0$$

Ecuación en base a aceleración, velocidad y desplazamiento relativos:

$$m_s \ddot{u}_s + m_s \ddot{u}_b + m_b \ddot{u}_b + (m_s + m_b) \ddot{x}_g + c_b \dot{u}_b + k_b u_b = 0$$

$$m_s \ddot{u}_s + m_s \ddot{u}_b + m_b \ddot{u}_b + c_b \dot{u}_b + k_b u_b = -(m_s + m_b) \ddot{x}_g \dots (2)$$

Ecuación (1) y (2) combinadas y expresada en matrices:

$$\begin{bmatrix} m_s & m_s \\ m_s & m_b + m_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_s \\ \ddot{u}_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_s & 0 \\ 0 & c_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u}_s \\ \dot{u}_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_s & 0 \\ 0 & k_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_s \\ u_b \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} m_s & m_s \\ m_s & m_b + m_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \ddot{x}_g$$

Por lo tanto, la ecuación tiene la forma de ecuación del movimiento donde B es el vector de distribución de carga.

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = -MB\ddot{x}_g$$

En conclusión, la ecuación del movimiento de este sistema con dos grados de libertad viene hacer la introducción a la dinámica de estructuras con aisladores, la solución de la ecuación del movimiento a sido estudiado por diversos autores como

Molinares & barbad (1994) “Edificios con aislamiento de base no lineal” o James, Kelly & Farzard en el libro “Design of seismic isolated structures from theory to practice”. Sin embargo el objetivo del presente trabajo no es encontrar una teoría matemática sino modelar la estructura para analizar la eficiencia de los aisladores elastoméricos.

1.7 Modelo bilineal

Según Maza (2016), el modelo matemático que se utiliza para representar la relación fuerza-desplazamiento de un sistema de masas se denomina modelo histérico. La curva de carga y descarga depende del tipo del material y la estructura, donde se puede analizar la pérdida o no de la disipación de energía siendo esta dependiente de la deformación. La capacidad de disipación nos permite distinguir los modelos degradantes como en estructuras convencionales; y los modelos no degradantes. Así mismo, los modelos no degradantes mayormente se emplean en estructuras de acero y de concreto armado porque describen una curva de histéresis en un modelo bilineal. Así mismo el modelo bilineal es el más acertado para analizar el desempeño y diseño de los aisladores de fricción y elastoméricos porque describe de forma simplificada sus propiedades lineales y no lineales.

Por otro lado, Maza (2016) menciona que la superestructura al estar desacoplada del suelo de fundación tiende a desplazarse de forma uniforme en comparación con las deformaciones del aislador por lo tanto se puede asumir que la superestructura se desempeña de forma lineal sobre la interfaz de aislamiento. Aceptando este supuesto, para el diseño de los aisladores, solo se considera sus propiedades no lineales porque representa de manera más próxima el comportamiento de la estructura sobre estos dispositivos.

Según Maza Rubina (2016), el desempeño no lineal del interfaz de aislamiento fuerza – deformación, obedece a un modelo de histéresis bilineal, asumiendo una rigidez y un amortiguamiento efectivo en dicho dispositivo. El comportamiento no lineal en la estructura se debe a dos tipos de fuentes.

- La deformación inelástica de la superestructura
- Las altas deformaciones en el sistema de aislamiento

Se encuentran una variedad de modelos matemáticos para representar el comportamiento histerético y viscoelástico de los aisladores como se aprecia en la Figura 16.

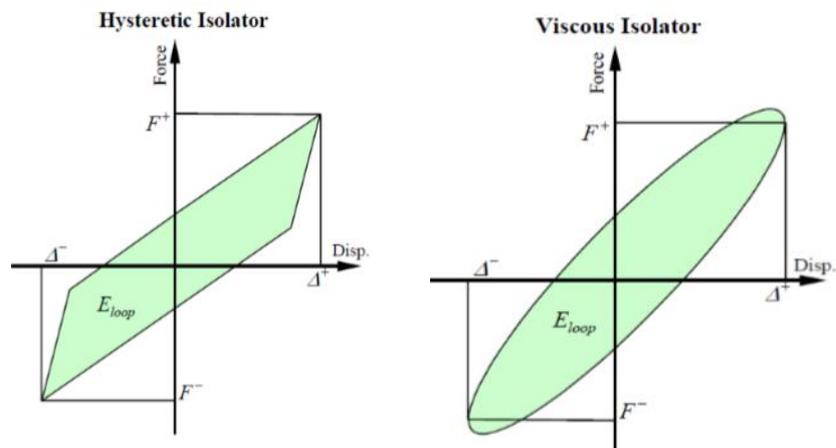


Figura 16: Comportamiento histerético y viscoso del aislador (Maza Rubina, 2016)

La diferencia ambos modelos es que en el comportamiento histeretico los desplazamientos máximos y mínimos ocurren con las cortantes máximas y mínima. Referente a las propiedades del aislador, se muestra que son independientes a la velocidad. (Maza Rubina, 2016)

Por otro lado, para determinar un modelo bilineal para los aisladores, se debe iniciar con los parámetros básicos como Rigidez Postfluencia (K_d), La Rigidez Elástica (K_e), y Fuerza Característica (Q_d); propiedades que dependen del tipo de aislador a usar. Las ecuaciones son específicas para realizar el cálculo de cada uno de los parametros. (Maza Rubina, 2016)

En la Figura 17 se presenta el modelo bilineal del comportamiento de un aislador publicado en la Norma Técnica E-031. La grafica fuerza-desplazamiento viene del ciclo de histéresis de los aisladores elastomericos sometidos a ensayos.

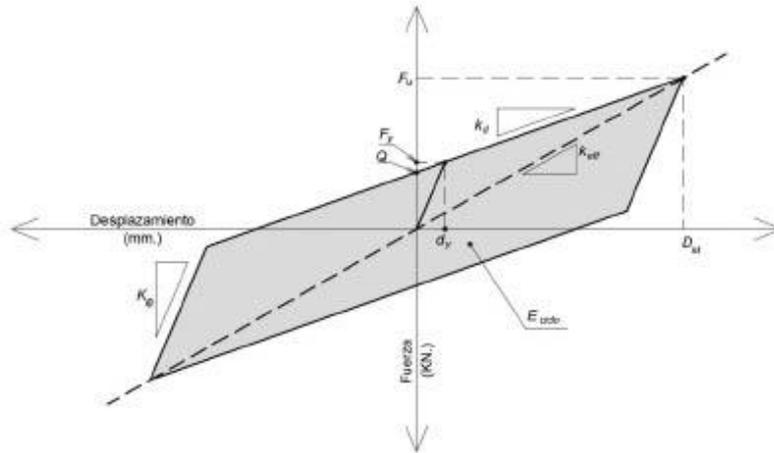


Figura 17: Modelo bilineal fuerza-deformación (fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-031)

1.8 Características de los aisladores elastomericos:

Maza (2016), menciona que una de las propiedades más importante en los aisladores elastomericos es la rigidez horizontal:

$$K_H = \frac{GA}{T_r}$$

Donde:

G: Es el módulo de corte

A: Área de la sección transversal completa

T_r: Espesor total del caucho

El desplazamiento horizontal máximo “D” se relaciona con la deformación por cortante:

$$\gamma = \frac{D}{T_r}$$

Según Maza (2016), menciona que la rigidez vertical es otra propiedad importante para el diseño de aisladores porque controla el pandeo producido por un momento

a flexión. El cálculo de la rigidez vertical se puede predecir mediante la siguiente formula.

$$K_v = \frac{E_c \cdot A}{T_r}$$

E_c : Es el módulo de compresión instantánea

A: Área de la sección transversal (incluyendo las placas metálicas)

T_r : Espesor total del caucho

Para hallar el valor de " E_c " se debe definir el factor de forma " S "

$$S = \frac{\text{Area cargada}}{\text{Area libre}}$$

Para soporte cilíndrico con espesor t :

$$S = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D \cdot t} = \frac{D}{4 \cdot t}$$

$$E_c = 6GS^2$$

Para soporte rectangulares con espesor t :

$$S = \frac{bd}{2t(b + d)}$$

$$E_c = 6.73GS^2$$

El módulo de compresión para un aislador de radio interior " a " y radio exterior " b "

$$E_c = 4GS^2$$

Tambien Maza (2016) afirma que si el factor de forma " S " es mayor de 10, el efecto de la compresibilidad en el caucho es importante. La compresibilidad se hallará con la siguiente ecuación.

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

1.8.1 Característica del Aislador de bajo amortiguamiento:

Según Korswagen, Arias, & Huaranga (2012), indican que Estos dispositivos, también llamados de goma natural, la fuerza cortante y la deformación lateral tiene una relación lineal como se observa en la Figura 18.

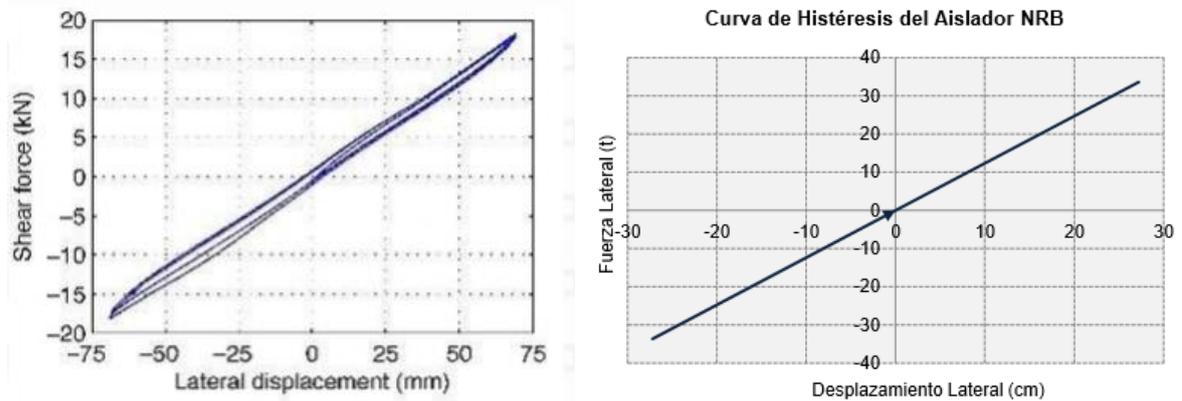


Figura 18: Derecha: ciclo de histéresis de ensayos. Izquierda: ciclo de histéresis asumida (fuente: Huamani Camargo, 2020)

La rigidez inicial es igual a la rigidez de fluencia:

- $K_1 = K_d = K_{ef} = \frac{GA}{T_r}$
- $E_{ciclo} \approx 0$
- $\beta_{eff} \approx 0$

El área que genera el ciclo de histéresis es mínima por lo tanto se considera la energía de ciclo igual a cero.

1.8.2 Características del Aislador de alto amortiguamiento:

Para Korswagen, Arias, & Huaranga (2012) afirman que en los aisladores (HDR) se muestra una pendiente lineal que relaciona la fuerza cortante y la deformación; sin embargo, el área encerrada por los ciclos de carga y descarga es menor a los de núcleo de plomo, esto quiere decir que disipa menos energía en comparación con los LRB (ver Figura 19).

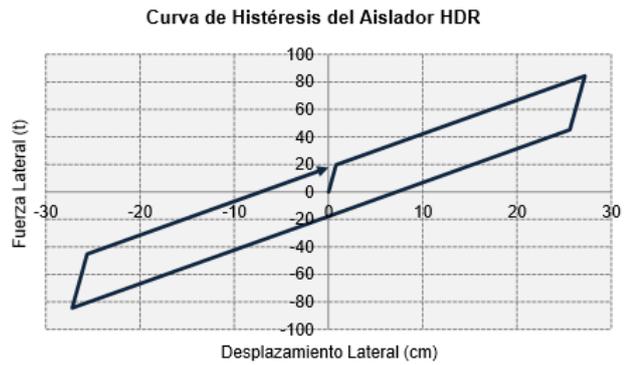
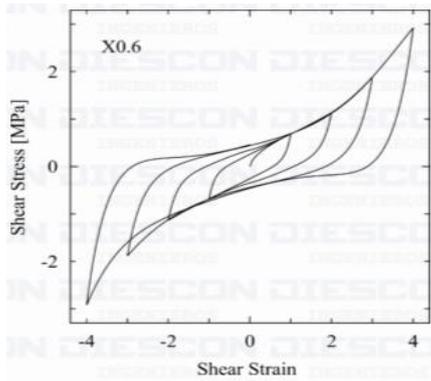


Figura 19: Derecha: ciclo de histéresis de ensayos. Izquierda: ciclo de histéresis asumida (fuente: Huamani Camargo, 2020)

Las ecuaciones planteadas se definen por geometría del diagrama de histéresis:

La fuerza característica está dada por:

$$\circ Q_d = (K_1 - K_d)D_y$$

Calculo de la rigidez post fluencia

$$\circ K_d = \frac{G.A}{T_r}$$

Una estimación del desplazamiento D_y aproximado; puede estar expresado en función del espesor de la goma:

$$\circ D_y \approx \gamma T_r ; 0.05 \leq \gamma \leq 1$$

La rigidez elástica o rigidez inicial se puede estimar obteniendo la rigidez post fluencia

$$\circ K_1 = \frac{F_y}{D_y} \approx 6 K_d , 10 K_d$$

La rigidez efectiva y el amortiguamiento se calcula con las siguientes ecuaciones

$$\circ K_{ef} = K_d + \frac{Q_d}{q_u}$$

$$\circ \beta_{ef} = \frac{2Q_{ds}(q_u - q_y)}{\pi K_{efs} q_u^2}$$

1.8.3 características del Aislador de núcleo de plomo:

Según Meza (2015), indica que los aisladores LRB tienen un comportamiento más estable por el núcleo de plomo en comparación a otros aisladores elastomericos, frente a varios ciclos de carga y descarga como se aprecia en la Figura 20.

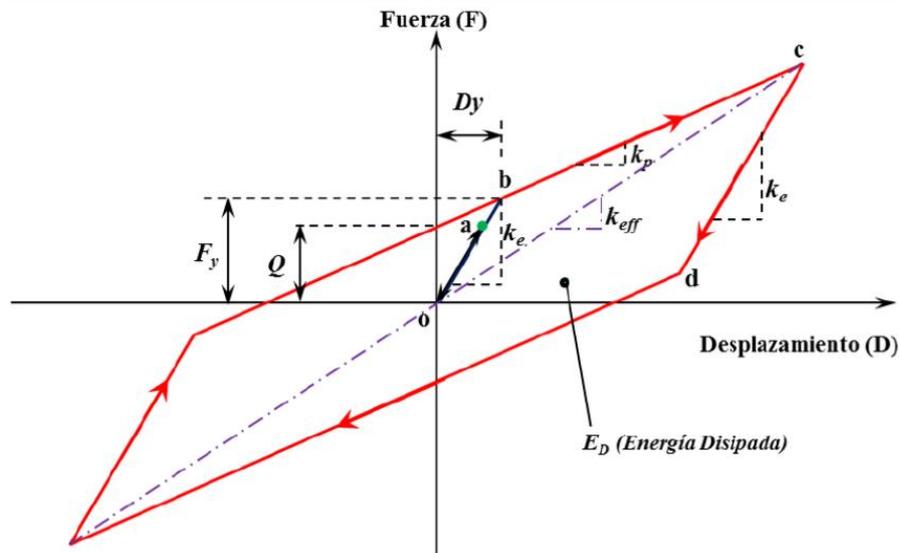


Figura 20: Ciclo de histéresis del aislador núcleo de plomo (fuente: Maza Rubina, 2016)

Del diagrama fuerza y deformación definimos las siguientes ecuaciones:

La fuerza característica está dada por:

$$\circ Q_d = A_{plomo} \cdot f_y$$

A_{plomo} : Area del plomo

f_y : esfuerzo de fluencia del plomo (80-100 kg/cm²)

La rigidez post fluencia

$$\circ K_d = \frac{G \cdot A}{T_r}$$

Las demás propiedades se calculan de forma similar al aislador de alto amortiguamiento

- $K_1 = \frac{F_y}{D_y} \approx 6 K_d, 10 K_d$
- $K_{ef} = K_d + \frac{Q_d}{q_u}$
- $w_s = \frac{1}{2} k_{ef} \cdot D_M^2$
- $w_d = 4Q(D_M - D_y)$
- $\xi_{eff} = \frac{w_d}{4\pi w_s}$

Donde: k_1 viene hacer la rigidez inicial, k_d rigidez post-fluencia, k_{ef} rigidez efectiva, w_s energía potencial, w_d energía de amortiguamiento, ξ_{eff} amortiguamiento efectivo, F_M fuerza máxima, D_M desplazamiento máximo, Q fuerza cuando el desplazamiento es cero.

1.9 Consideraciones generales para el diseño

Según Huamani (2020), afirma que en una estructura diseñada con aisladores sísmicos no es necesario que la configuración estructural imponga gran rigidez o resistencia en los elementos estructurales porque los desplazamientos producto de un evento sísmico lo azumen los dispositivos de aislación. Los desplazamientos máximos de los aisladores son la base fundamental para calcular el periodo efectivo o el amortiguamiento equivalente.

También Korswagen, Arias, & Huaranga (2012), afirman que una estructura sísmicamente aislada no necesita elementos estructurales con una gran capacidad de resistencia ni tampoco una elevada rigidez porque el parámetro a controlar es el desplazamiento que se da en el aislador. Con los desplazamiento de los aisladores se pueden calcular los parámetros como el amortiguamiento equivalente y el periodo efectivo.

Para Korswagen, Arias, & Huaranga, (2012) indican que existen una serie de consideraciones y criterios que deben tomarse en cuenta en el procedimiento del análisis y diseño de los aisladores:

- **Para el sistema de aislamiento:**

Capacidad de carga en los aisladores: Es necesario que la repartición de cargas en los dispositivos sea de forma equivalente para evitar que un aislador se encuentre sobrecargado.

Desplazamientos uniformes: Los desplazamientos en una estructura deben ser uniforme por lo que se debe considerar cada nivel como un diafragma rígido

Torsión: Los efectos de torsión se tienen que analizar en una estructura, es necesario que la excentricidad generada por la estructura sea mínima, para evitar desplazamientos diferentes

Tracción en los aisladores: Es importante evaluar las tracciones de los aisladores porque modifican sus propiedades intrínsecas del dispositivo. La tracción debe estar en un rango del 10% a 15% de la compresión

- **Para la estructura**

El efecto de segundo orden $P-\Delta$: Son momentos generados por el desplazamiento de la superestructura produciendo excentricidad en los dispositivos de aislación. Por lo tanto, es necesario considerar el momento en el diseño.

Las juntas de separación: se debe considerar el desplazamiento total máximo de diseño que está en un rango de 50 cm.

La vida útil de los dispositivos de aislación: se desconoce la vida útil de los aisladores sin embargo se debe verificar sus propiedades mecánicas que ocurren a través del tiempo. Así mismo este mecanismo debe ser instalado de manera que puedan ser reemplazables.

Cimentación: si los efectos de segundo orden o momentos $P-\Delta$ son elevados serán considerados en la cimentación, en caso de los aisladores tipo péndulo fricción se le atribuirá a la superestructura.

Estudio de suelo: se debe conocer el tipo de suelo a cimentar para analizar si es conveniente usar el sistema de aislación.

1.10 Normas Técnicas de diseño:

En este apartado se mencionara los enfoques de manera resumida de las normas FEMA274; ASCE-7/2010; ASCE-7/2016;-NTE-031.

1.10.1 Federal Emergency Management Agency – FEMA274

Según Korswagen, Arias, & Huaranga, (2012) afirman que la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) propone dos metodologías para el diseño de edificaciones aisladas, el primer método denominado estático o de fuerzas equivalentes consiste en analizar la estructura con un grado de libertad, considerando una rigidez efectiva. Para el segundo método llamado dinámico se tienen dos procedimientos, uno utiliza el espectro de respuesta y el otro usando un análisis tiempo historia. Sin embargo, FEMA menciona que el análisis estático también se recomienda para un pre diseño, y el método dinámico usando espectros de diseño solo para estructuras que cumpla una serie de requisitos. Por otro lado, el método dinámico análisis tiempo-Historia se recomienda para un diseño final donde involucra un mínimo de tres registros de aceleraciones escaladas.

El FEMA274 propone para los aisladores un factor B_M que está en función del amortiguamiento efectivo como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores de amortiguamiento efectivo

Amortiguamiento efectivo (%)	B_M
≤ 2	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

Fuente: FEMA 274 (1997)

Por otro lado Herrera, (2018) menciona que el valor de B_M se utiliza para escalar el espectro de aceleraciones, además el factor B_M es inversamente proporcional a las aceleraciones que afectan a la estructura. Para terminar, se aclara que para el

diseño del aislamiento se utiliza un sismo máximo posible, es decir un factor de reducción R no máximo de 2, para mantener en un rango elástico a la estructura.

1.10.2 American Society of Civil Engineers – ASCE 7/10

Segun Genatios & Lafuente, (2016) menciona que el comité formado por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) publico una guía, orientado al desarrollo de los ensayos de los dispositivos de aislación sísmica empleando como modelo el documento elaborado por Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Desde luego, la guía describe los ensayos, las propiedades y el control de calidad que deben cumplir los aisladores de goma y de fricción. (p. 94).

Por otro lado, Herrera (2018) indica que el código ASCE tiene como objetivo diseñar estructuras que sean capaces de estar operativos después de un sismo severo. Así mismo el código menciona sobre la utilización de amortiguadores y disipadores de energía en la estructura, detallando los pasos y procesos de análisis a seguir. En comparación del FEMA, el ASCE propone la utilización de disipadores en los elementos estructurales para incrementar el amortiguamiento y poder controlar las fuerzas sísmicas que afectan a la estructura. Las ecuaciones que establece el ASCE también se encuentran en el FEMA, por lo que las consideraciones más esenciales en ambos códigos son:

- Se debe contar en lo posible con una estructura regular y también se debe repartir los aisladores de forma simétricamente

1.10.3 American Society of Civil Engineers – ASCE 7/16

El código ASCE 7/16 viene hacer una actualización del código anterior (ASCE 7/10) considerando un procedimiento de diseño similar. Sin embargo, se puede encontrar algunas modificaciones más relevantes en lo siguiente:

- Factor de modificación de propiedades. - se define como factores que pueden afectar al aislador como: condiciones ambientales, envejecimiento, temperatura, velocidad de carga, scragging, variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión. El ASCE 7/16 considera dos factores para el limite inferior y el limite superior.

- Se emplea solo el sismo considerado máximo para el diseño de aisladores.
- Se encuentra nueva exigencia en derivas.
- Cambios sobre el empleo de la fuerza cortante en la base para el análisis de fuerzas horizontales equivalente.

1.10.4 Reglamento Nacional de Edificaciones NTE. E-031

La NTP E-031 (2019) contiene las especificaciones para el uso de aislamiento sísmico, siendo una adaptación del código ASCE 7/16. En la Tabla 2 se muestra algunas fórmulas parecidas en ambas normativas.

Tabla 2: Cuadro comparativo de la norma ASCE 7/16 y NTP E-031

ASCE 7/16	NTE E-031
Desplazamiento Lateral Máximo $D_M = \frac{S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad S_{M1} = F_V S_1 (MCE)$	Desplazamiento Lateral Máximo $D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad S_{aM} = 1.5 ZSC_{(TM)}$
Sistema de aislamiento y elementos estructurales bajo el nivel de base $V_b = K_M D_M$	Sistema de aislamiento y elementos estructurales bajo el nivel de base $V_b = K_M D_M \quad V_b = \frac{S_{aM} P}{B_M}$
Elementos estructurales sobre el sistema de aislamiento (superestructura) $V_{st} = V_b \left(\frac{P_S}{P} \right)^{(1-2.5B_M)} \quad V_s = \frac{V_{st}}{R_a}$	
Coeficiente de reducción $R_a \approx \frac{3}{8} R_o \quad 1 \leq R_a \leq 2$	
Límite de V_s $V_{fija} = C_s P_s$ $C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}, \quad S_{DS} = \frac{2}{3} S_{M1}$	Límite de V_s $V_{fija} = \frac{ZUCS_{(TM)}}{R_o} P_s \quad 1.5 Q_{ds}$ $U = 1 \quad R_o = 8$

Fuente: Huamani (2020)

Según Huamani (2020), menciona que el cálculo de las ecuaciones como desplazamiento máximo o la cortante en la base varía, porque esta generalmente influenciado por el cálculo de la aceleración del suelo.

Referente a los procedimientos de análisis, en ambas normas se encuentran el análisis estático o análisis por fuerzas equivalentes y el análisis dinámico.

1.10.5 Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

La NTE E-031 (2019), menciona que para proceder con este análisis se tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, o en la zona 3 sobre suelos del tipo S1 o S2, o en la zona 4 sobre suelos tipo S1.
- El periodo efectivo debe ser menor o igual a 5 segundos de la estructura
- No se permite utilizar este método si es que la edificación cuenta con más de 4 niveles o sobrepasa los 20 metros de altura. La altura medida será desde el nivel de base.
- El amortiguamiento correspondiente a la traslación del dispositivo no debe exceder el 30 por ciento del amortiguamiento crítico.
- El cálculo del periodo efectivo de la edificación debe ser mayor a 3 veces del periodo en base fija
- Este procedimiento no se aplicará si es que la estructura posee irregularidades descritas el numeral 8.1 del artículo 8 de la Norma Técnica E-031.
- Los dispositivos de aislación deben cumplir lo siguiente: a) la rigidez efectiva de traslación debe ser mayor a 1/3 a la rigidez efectiva calculado en un 20% del desplazamiento máximo. b) Se tiene que evaluar la fuerza de restitución. c) el desplazamiento del sistema debe exceder el desplazamiento total máximo

1.10.6 Análisis dinámico

Según NTP E-031 (2019), afirma que el procedimiento de análisis dinámicos se aplica bajo los siguientes requisitos especificados:

- Análisis modal espectral: Este análisis se utilizará bajo las mismas condiciones del análisis estático o de fuerzas equivalentes.
- Análisis tiempo – historia: Este análisis se aplicará a todo tipo de estructuras aisladas que no cumplan los requisitos establecidos en el análisis de fuerzas equivalentes o no cumplan el análisis modal espectral. El resultado para diseñar los elementos estructurales no será menor a los resultados obtenidos por el análisis modal espectral.

En conclusión, el análisis de fuerzas equivalentes y el análisis modal espectral tienen que cumplir una serie de requisitos. Sin embargo, el análisis tiempo historia se convierte en un procedimiento que no tiene restricciones por cumplir para su aplicación.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1 Enfoque

Sampieri (2014) Menciona que el enfoque cuantitativo sigue un orden donde no se puede eludir pasos, partiendo de una idea y secuencialmente los objetivos, las preguntas de investigación, revisión de la literatura, se construye un marco teórico, se plantea las hipótesis y se determinan variables. La medición de variables se realiza a través de métodos estadísticos extrayendo una serie de conclusiones mediante su análisis.

De acuerdo a lo mencionado el trabajo de investigación contiene el **enfoque cuantitativo** porque se desarrollará un esquema secuencial con la finalidad de obtener resultados de forma numérica y comprobar las teorías.

3.1.2 Tipo de Investigación

Según Lozada, (2014), menciona que el objetivo de la investigación aplicada es generar conocimiento de manera directa o a mediano plazo a partir de la investigación básica (teoría científica). De esta manera la investigación aplicada genera desarrollo y progreso tanto en el sector productivo como en el nivel de vida de la población.

Por lo tanto, el trabajo de investigación se considera una **investigación aplicada**

3.1.3 Diseño de investigación:

Para Sampieri (2014) el diseño de investigación no experimental se define porque no se manipulará intencionalmente la variable independiente para ver el efecto que tiene en la variable dependiente, es decir se evaluará en su contexto natural en situaciones ya existentes. También menciona la clasificación del diseño de investigación no experimental como se muestra en la Figura 21.

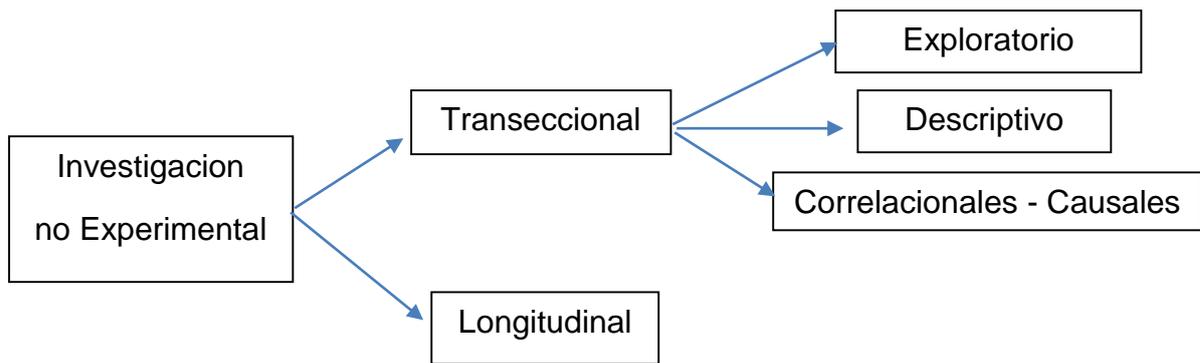


Figura 21: Mapa conceptual. Fuente: Sampieri (2014)

Finalmente, el trabajo de investigación se considera un diseño **no experimental - transeccional - correlacionales - causales**, porque en el análisis de las 2 variables se percibe una relación correlacional o de causa y efecto.

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Definición Conceptual

Variable Independiente: **Diseño estructural con aislador elastomérico**

Genatios & Lafuente (2016) define que los aisladores sísmicos son elementos flexibles que se instalan entre la estructura y la fundación, cambiando las propiedades dinámicas del sistema estructural con el fin de transmitir menor movimiento a la estructura garantizando la funcionalidad continua.

Variable Dependiente: **Adecuación a la NTP-E031**

La Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” es la norma rectora que menciona los requisitos mínimos de diseño y construcción de las edificaciones con aislación basal, siendo de aplicación general y obligatorio tanto en proyectos de inversión pública o privada dentro del territorio nacional.

3.2.2 Definición Operacional

Variable Independiente: La definición operacional de la variable independiente diseño estructural con aislador elastomérico se relaciona mediante sus dimensiones aislador elastomérico de bajo amortiguamiento (NRB), aisladores

elastomérico de alto amortiguamiento (HRB) y aislador con núcleo de plomo (LRB), (ver Tabla 3).

Variable Dependiente: La definición operacional de la variable dependiente adecuación a la NTP-E031 se relaciona mediante sus dimensiones el análisis estático y el análisis dinámico, (ver Tabla 3).

Tabla 3: Cuadro de operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente: Diseño estructural con aislador elastomeroico	Genatios & Lafuente (2016) define que los aisladores sísmicos son elementos flexibles que se instalan entre la estructura y la fundación, cambiando las propiedades dinámicas del sistema estructural con el fin de transmitir menor movimiento a la estructura garantizando la funcionalidad continua.	Se realizará el diseño de los aisladores elastomeroicos con datos generales para evaluar el tipo de aislador a usar. El comportamiento y las características del tipo del aislador definirán el uso y la ubicación estratégica en la edificación para minimizar los sismos y la torsión generada por este ultimo	Aislador Elastomeroico De Bajo Amortiguamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de amortiguamiento • Area de ciclo histeretico, • Fuerza de restauración de • Torsion de la estructura 	NOMINAL
			Aislador Elastomeroico De Alto Amortiguamiento		
			Aislador Elastomeroico Con Nucleo De Plomo		
Variable Dependiente: Adecuación a la NTP-E031	La Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” es la norma rectora que menciona requisitos mínimos de diseño y construcción de las edificaciones con aislación basal, siendo de aplicación general y obligatorio tanto en proyectos de inversión pública o privada dentro del territorio nacional.	En el diseño estructural se utilizará el Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma Tecnica Peruana E-031, norma que detalla los requisitos mínimos para el uso de aisladores, siendo fundamental la aplicación del análisis estático o dinámico en la estructura para analizar y optimizar el diseño estructural.	Analisis Estatico	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento Traslacional y Total • Límites De Deriva • Fuerza Cortante Total • Estructuración 	NOMINAL
			Analisis Dinamico		

(fuente: Elaboracion propia)

3.3 Población y muestra

Población

Según Niño (2011) menciona que la población viene hacer la identificación o delimitación del área de estudio, constituida por todos los elementos que involucra la investigación.

La población en el trabajo de investigación viene hacer los pabellones del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena De Ayacucho

Muestra

Sampieri (2014) menciona que la muestra viene hacer el subconjunto o subgrupo de una población, es decir la muestra representa las características definidas de una población.

En el trabajo de investigación la muestra viene hacer el sector "B" del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena De Ayacucho

Muestreo

Niño (2011) El muestreo no probabilístico es una técnica para seleccionar la muestra con un criterio preestablecido.

El trabajo de investigación se utilizó la técnica del muestreo no probabilístico es decir intencionado.

3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas que se aplico es la documentación porque se utilizó el marco teórico como apoyo para el desarrollo del trabajo de investigación; También se utilizó la técnica de observación experimental porque se analizó los datos obtenidos para futuras investigaciones de interés.

Instrumento

En el proyecto de investigación se realizó las fichas técnicas, la encuesta, los manuales, algunos softwares de la especialidad de ingeniería como ETABS; Herramientas que facilitaron el desarrollo del trabajo de investigación.

Validez y confiabilidad

La validez del instrumento se desarrolló con la técnica a juicio de expertos conformado por un mínimo de tres ingenieros civiles los cuales realizaron la evaluación, corrección y observación en el desarrollo del trabajo de investigación.

Método de análisis de datos

Para los métodos de análisis de datos se utilizó algunos softwares aplicados a la ingeniería como el Etabs, Autocad, Seismomatch, Seismosignal entre otros. Apoyado de software básicos de informática como Excel, Word, Etc. Así mismo se contó con la guía del asesor profesional para la veracidad y el análisis de los datos obtenidos.

3.5 Aspectos Éticos

“La investigación no es solo un acto científico; es un acto formal, y desde este punto de vista la ética de la investigación hay que proponer como dentro de la moral general, aunque adjudica a dificultades mucho más condicionados que la moral general, puesto que nos estamos dirigiendo a un aspecto profesional” (Valderrama, 2013)

Así mismo en el desarrollo del proyecto de investigación se consideró los aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual, mencionando a los autores que aportan en el desarrollo del proyecto. También se mostró la veracidad de resultados de forma transparente lo cual no fueron manipulados o alterados.

IV. RESULTADO

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en analizar el pabellón B del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena que ocupa un área de 1136.161 m² con un perímetro de 177.300 m y una altura de 17 m.

Ubicación: Departamento: Ayacucho; Provincia: Huamanga; Distrito: Andrés Avelino Cáceres. (ver Figura 22)



Figura 22: Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena (fuente: Google Map, 2021)

El sector B cuenta con cuatro niveles, dos escaleras y un ascensor, teniendo una configuración estructural dual. Respecto al estudio de suelos se realizaron tres calicatas en el área de estudio como se muestra en la Figura 23.

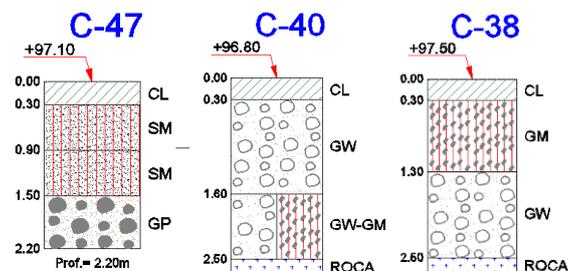


Figura 23: Calicatas del estudio de suelos (fuente: Expediente Técnico, 2013)

Seguidamente se presenta el plano de distribución del primer nivel, donde se propone en esta investigación incorporar los aisladores sísmicos (ver figura 24), también se expone la perspectiva en 3D vista de Este a Oeste (ver figura 25).



Figura 24:Plano de distribución del Sector B (fuente: Expediente Tecnico, 2013)



Figura 25: Vista frontal del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena (fuente: Expediente Tecnico, 2013)

4.2 Análisis estructural con base fija del bloque B

El procedimiento de análisis que se desarrolló en la presente investigación es partir de un análisis estático como un pre dimensionamiento y culminar con un análisis tiempo historia para evaluar los diseños de aisladores y los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana E-031

Por otro lado, la estructura analizada cuenta con 4 pisos y se optó por una configuración estructural del tipo pórtico, para el análisis de base fija o empotrada se realizó un análisis modal teniendo en cuenta algunos parámetros de la Norma E-030 como se mostrará más adelante.

Así mismo para el modelo estructural se utilizó el programa Etabs 2019 graficando todos los elementos que intervienen en la estructura como se observa en la Figura 26.

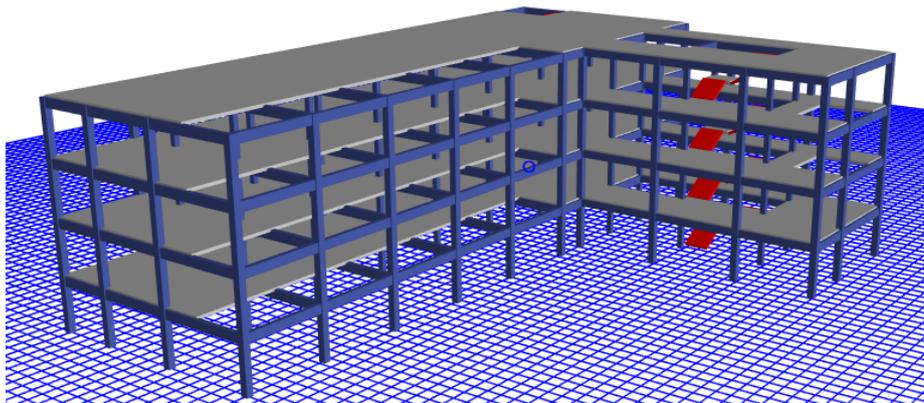


Figura 26: Modelamiento de la estructura en estudio (fuente: Etabs, 2019)

4.1.1 Propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas ingresadas al programa fueron las siguientes:

- Peso específico del concreto : 2400 kg/cm^2
- Fuerza de compresión ($f'c$): 210 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad del concreto (E_c): $2173706511.93 \text{ kg/cm}^2$
- Fluencia del acero: 4200 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad del acero (E): 2000000 kg/cm^2
- Módulo de poisson: 0.15

4.1.2 Cargas y combinaciones de cargas

Carga muerta:

- Acabados: 100 kg/m²

Carga viva

La carga viva para hospitales son las siguiente

- Salas de operación, laboratorios, y áreas de servicio: 200 kg/m²
- Cuartos: 300 kg/m²
- Corredores y escaleras: 400 kg/m²
- Azotea: 100 kg/m²

Las combinaciones de carga que se utilizaron, son las que presenta la NTP-E031:

- $P_{serv} = 1.0D + 1.5L$
- $P_{max} = 1.59D + 1.25L + Eh$
- $P_{min} = 0.56D - Eh$

4.1.3 Modos de vibración

Para la estructura en estudio, se planteó doce modos de vibración cumpliendo con la participación de masa mayor o igual al 80%. Así mismo se evaluó que los dos primeros modos sean de traslación y el tercer modo de rotación con fines de controlar la torsión producida por la aceleración sísmica (ver Tabla 4):

Tabla 4 Modos de vibración del análisis modal

Case	Mode	Periodo	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0.824	76%	0%	9%
Modal	2	0.75	1%	83%	1%
Modal	3	0.68	9%	2%	75%
Modal	4	0.272	9%	0%	1%
Modal	5	0.25	0%	10%	0%
Modal	6	0.226	1%	0%	9%
Modal	7	0.162	3%	0%	0%
Modal	8	0.152	0%	3%	0%
Modal	9	0.136	0%	0%	3%
Modal	10	0.131	0%	0%	0%
Modal	11	0.122	0%	0%	0%
Modal	12	0.122	1%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia (2021)

La participación de masa se obtuvo por el método de vectores propios o “Eigen vector”. De este análisis obtenemos el periodo como se muestra en la Tabla 5, con el fin de estimar la rigidez con los aisladores.

Tabla 5: Periodos en base fija

Periodos (s)	
Tx	0.824
Ty	0.75
Tz	0.68

Fuente: Elaboracion propia (2021)

Según la Norma E-031 el periodo para base aislada es como mínimo tres veces del periodo de base fija, y no debe exceder los cinco segundos:

$$T_M = 3 \cdot T_y = 2.25, \text{ estimado a } 2.6 \text{ s}$$

4.1.4 Análisis sísmico

El procedimiento de un análisis con aisladores es partir de un análisis modal, es decir un análisis estático, como un pre dimensionamiento con el fin de encontrar los periodos y los modos de vibración, lo cual utilizaremos la NTP E-030

- Categoría: Esencial – Tipo A
- Sistema estructural: Concreto armado - Pórticos
- Factor de zona (Z): 0.25
- Factor de uso (U): 1.5
- Factor de suelo (S1): 1
- Factor de amplificación sísmica (C): 0.370
- Coeficiente de reducción (R): 1

Calculo del sismo máximo considerado NTP-031:

$$S_{aM} = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot g = 0.139 \text{ g}$$

Así mismo, se elaboró el espectro de respuesta para el sismo máximo considerado con un R=1 como se muestra en la Figura 27.

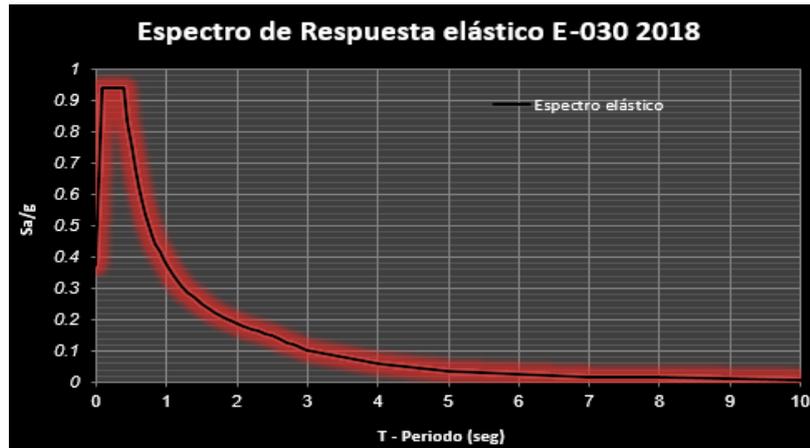


Figura 27: Aceleración espectral (fuente: elaboración propia, 2021)

Para la obtención de la fuerza sísmica E_h se utilizó S_a establecido en la norma E-030, determinando las fuerzas máximas y mínimas que se mencionan en la norma E-031

- $P_{max} = 1.59D + 1.25L + E_h$
- $P_{min} = 0.56D - E_h$

4.1.5 Balance torsional

Es necesario realizar el análisis de balance torsional para disminuir la excentricidad natural, generado por la no coincidencia del centro de rigidez y el centro de masa. Así mismo con el balance torsional se consigue una óptima distribución de los aisladores y a su vez una disminución de costos. Para empezar con la iteración, se realizó el cálculo de los siguientes parámetros:

Amortiguamiento efectivo: NTP-031 (ver Figura 28)

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento B_M	
Amortiguamiento Efectivo, β_M (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
≥ 40	1,9

Figura 28: Tabla de factor de amortiguamiento (fuente: RNE-NTP-031, 2020)

De la Figura 28 se escogió el amortiguamiento del 18% entonces $B_M = 1.469$

Periodo aislado: $T_M = 2.6$

Peso de la superestructura: $P_s = 1496.357$ tonf

Peso total de la estructura: $P = 1884.585$ tonf

Numero de aisladores: $N_{tr} = 46$

Rigidez del aislador general:

$$K_{ais} = \frac{4\pi^2}{T_M^2} \cdot P = 1121.915 \text{ tonf/m}$$

Rigidez por cada aislador:

$$K_{ef} = \frac{K_{ais}}{N_{tr}} = 22.896 \text{ tonf/m}$$

Desplazamiento máximo NTP-031:

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi \cdot B_M} = 0.155 \text{ m}$$

Desplazamiento total NTP-031: $D_{TM} = 1.5D_M = 17.860 \text{ cm}$

Después de este análisis en la edificación, primero se asignó códigos en el plano en planta donde se ubicarán los aisladores, como se muestra en la Figura 29.

Luego se evaluó dos tipos de aisladores, un grupo de aisladores LRB y el otro tipo de NRB ambos elastomericos, distribuyendo de manera conveniente en la planta de la edificación para la disminución de la excentricidad natural como se aprecia en la Figura 30.

estimar los valores. A continuación, se presenta en la Tabla 6 la excentricidad obtenida después de varios procesos de iteración:

Tabla 6: Excentricidad natural

EXCENTRICIDAD		
ex	-1.386	cm
ey	1.007	cm

Fuente: Elaboracion propia (2021)

4.3 Análisis estructural con aislador sísmico

El modelado de la estructura se realizó con la herramienta “Link” introduciendo las propiedades lineales y no lineales de los aisladores. Así mismo se incorporó una losa de aislamiento en la base de la estructura (ver Figura 31).

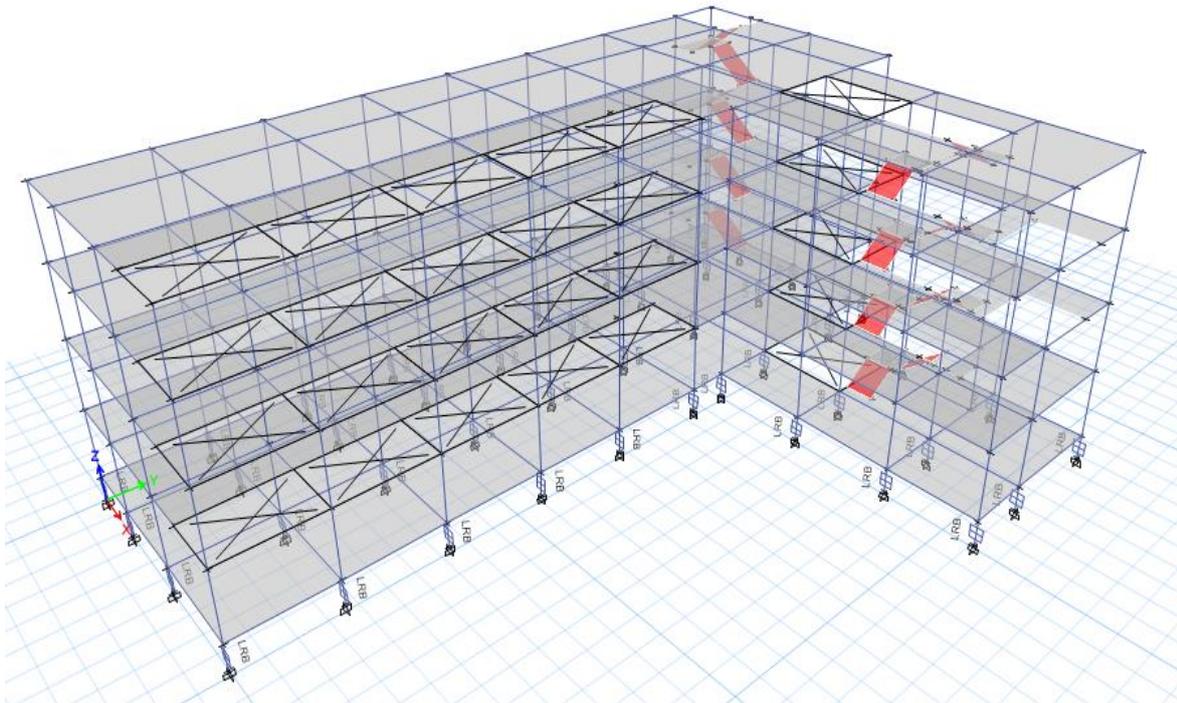


Figura 31: Modelamiento de la estructura incorporando los aisladores (fuente: Etabs, 2021)

Registros sísmicos:

La Norma Técnica Peruana E-031 menciona para realizar el análisis tiempo historia contar con un mínimo de siete registros sísmicos de la zona, en caso de no tener registros sísmicos de la zona en estudio, se puede utilizar registros simulados. Por temas académicos y para el desarrollo de la investigación se utilizó cinco registros sísmicos de diferentes lugares como se muestra en la Figura 32, 33, 34, 35 y 36.

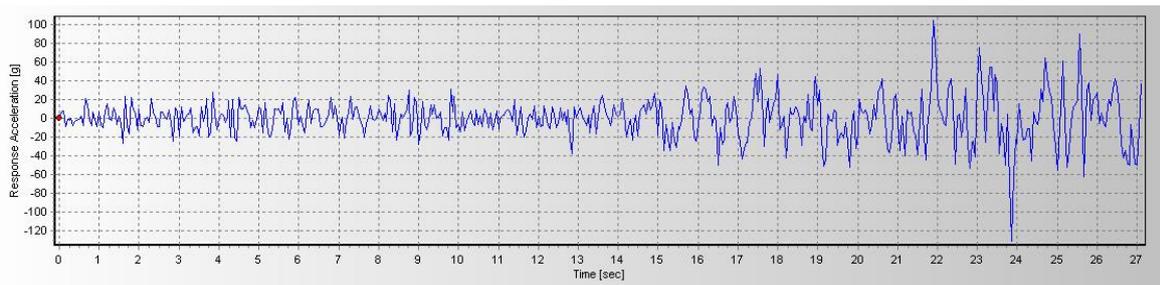


Figura 32: Registro sísmico Moyobamba (E-O)- 2005 (fuente: CISMID, 2005)

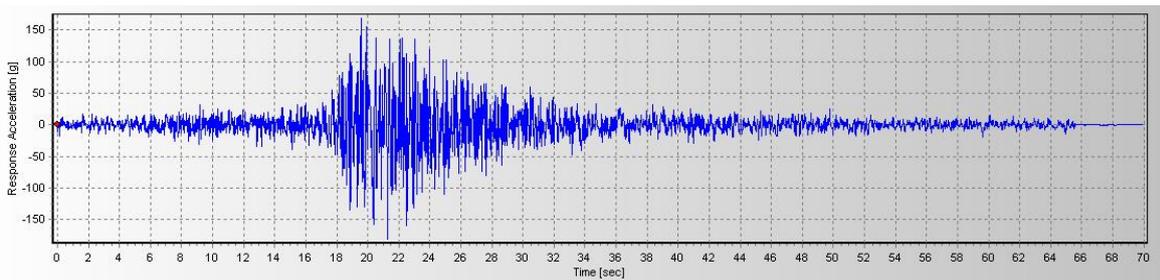


Figura 33: Registro sísmico Lima (E-O) 1966 (fuente: CISMID, 2005)

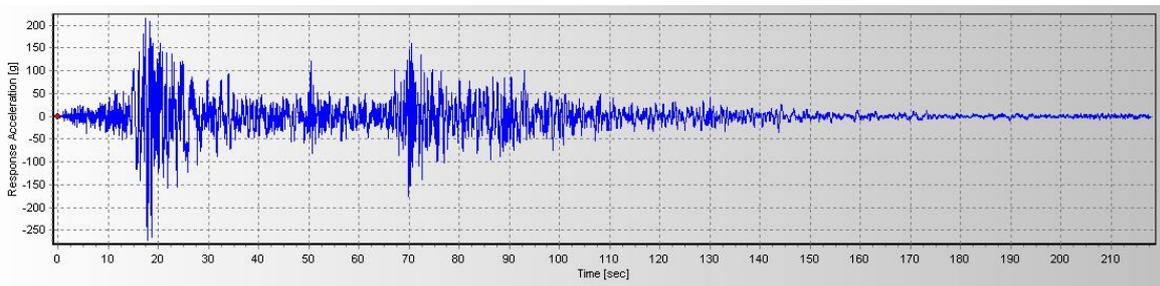


Figura 34: Registro sísmico Ica (E-O)- 2007 (fuente: CISMID, 2007)

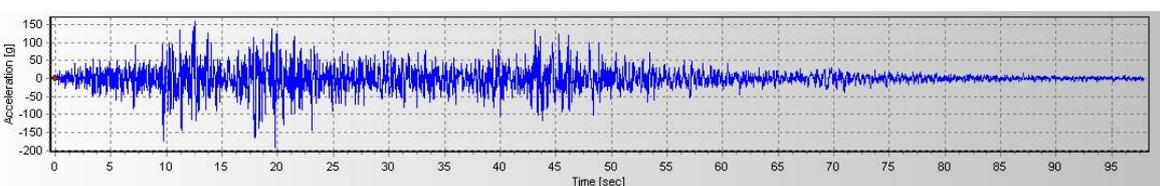


Figura 35: Registro sísmico Lima (E-O)- 1974 (fuente: CISMID, 2007)

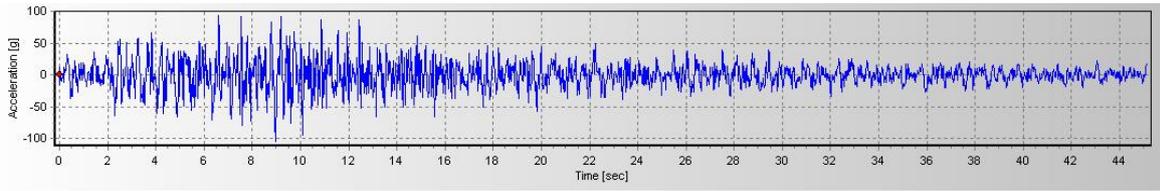


Figura 36: Registro sísmico Chimbote (E-O)- 1970 (fuente: CISMID, 2007)

Para el filtrado de señal y la corrección de línea base de los cinco pares de registros sísmicos (Este-Oeste, Norte-Sur) se utilizó el programa Seismosignal.

De igual importancia, se realizó el escalado de los registros sísmicos al espectro objetivo o de diseño. Para lo cual se cargó al programa Seismomatch los cinco pares de registros sísmicos, utilizando los periodos máximos y mínimos que nos establece la NTP E-031 como se muestra en la Figura 37 y 38.

$$T_{\text{mínimo}} = 0.75 T_M = 0.52, T_{\text{máximo}} = 1.25 T_M = 3.25$$

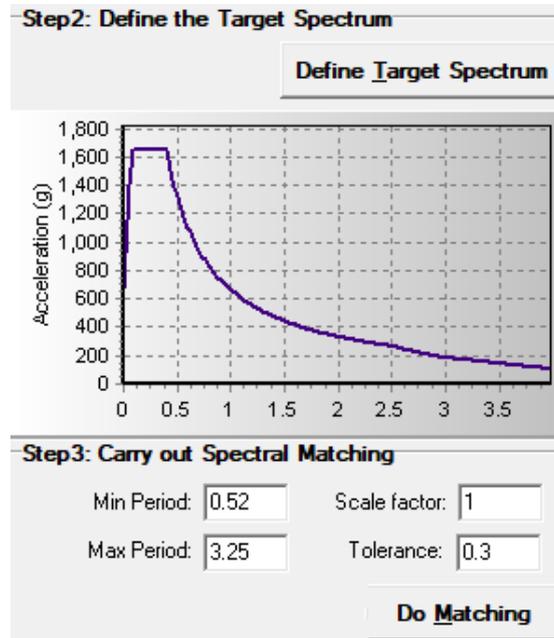


Figura 37: Espectro sísmico objetivo (fuente: SeismatchI, 2021)

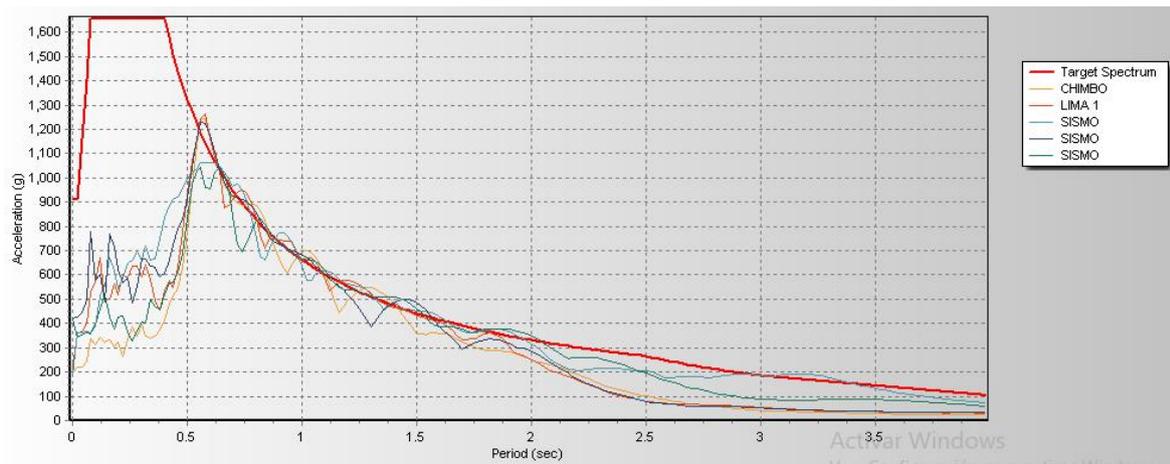


Figura 38: Escalamiento de los cinco registros sísmico (E-O) (fuente: Seismomatch, 2021)

De este modo se halló el sismo promedio de los cinco registros sísmicos Este-Oeste, para la verificación del escalamiento (ver Figura 39).

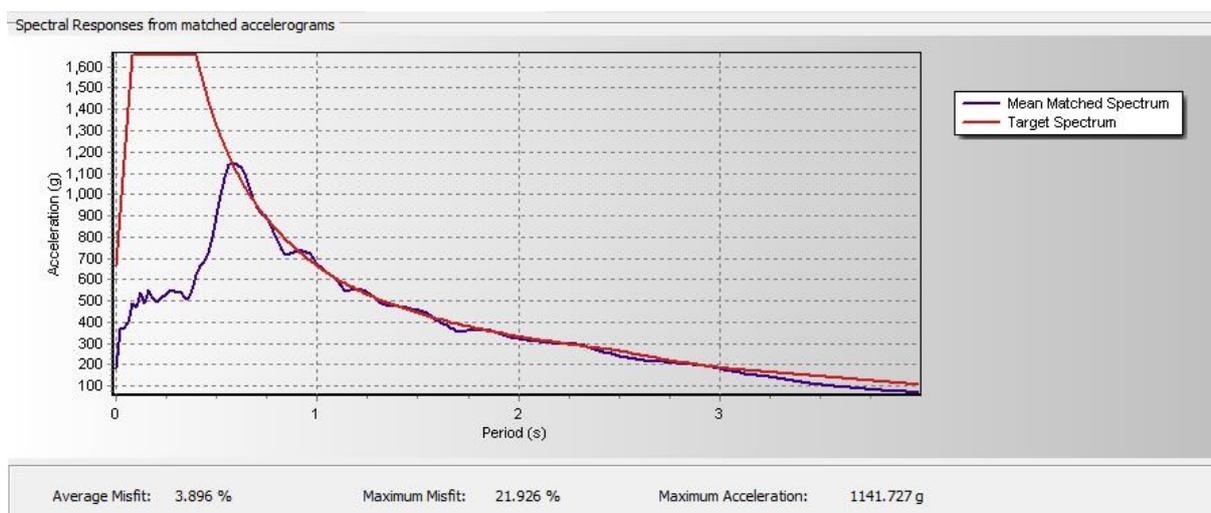


Figura 39: Registros sísmico promedio (E-O) (fuente: Seismomatch, 2021)

Así mismo se realizó el escalamiento para la dirección Norte-Sur (ver Figura 40) y se guardó los cinco pares de registros sísmicos escalados para realizar el análisis tiempo historia en las dos direcciones.

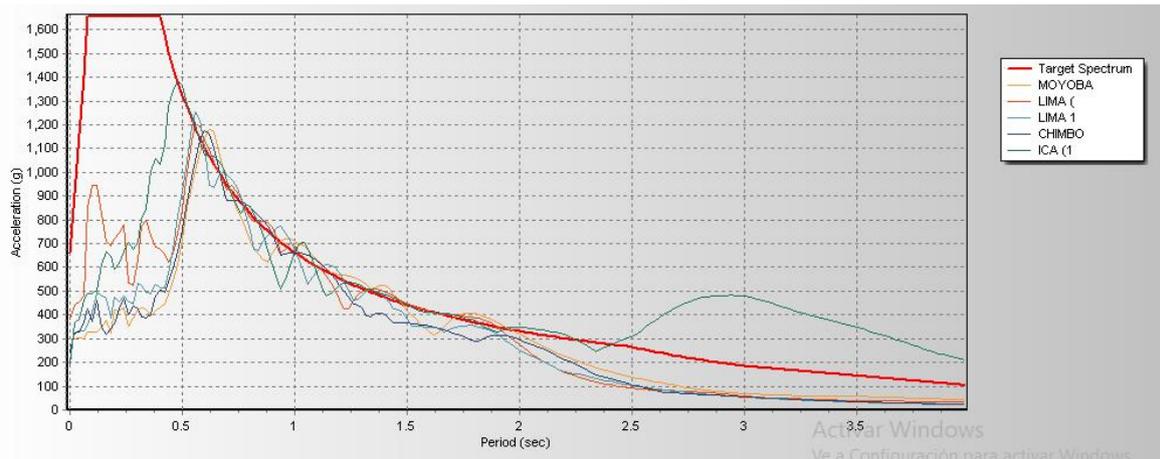


Figura 40: Registros sísmicos escalados (N-S) (fuente: Seismomatch, 2021)

Los registros sísmicos escalados se cargaron al programa Etabs como se muestra en la Figura 41 con sus intervalos de tiempo correspondientes. Posteriormente se creó una carga rampa para la activación de los dispositivos con una pendiente hasta los 10 segundos y una duración de 20 segundos como se muestra en la Figura 42.

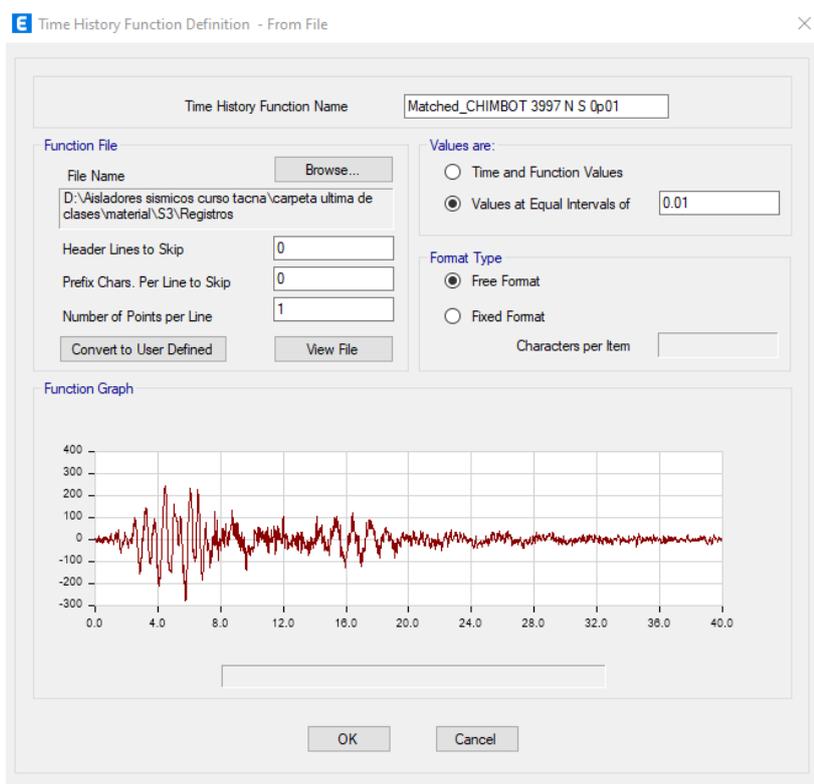


Figura 41: Registro escalado cargado al programa (N-S) (fuente: Etabs, 2021)

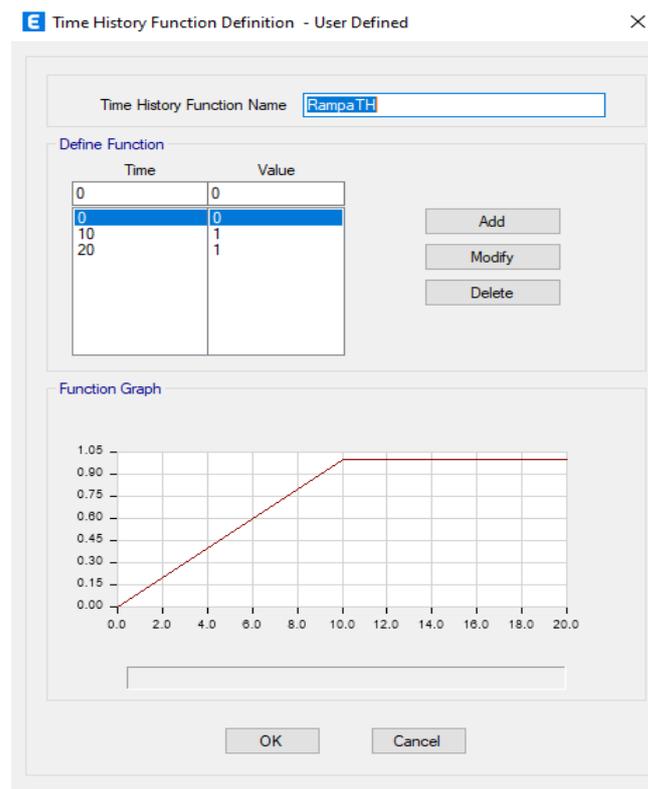


Figura 42: Carga rampa (fuente: Etabs, 2021)

Luego se procedió la creación de casos de carga “Load cases” con el método de modos de vibración “Ritz” para 450 modos, se surge como mínimo el número de modos sea igual a 6 veces el número de dispositivos más 3 veces el número de pisos.

Así mismo, se incluyó un caso de carga “Gravedad” donde se seleccionó la carga rampa y se eligió los patrones de carga escalados de acuerdo a lo establecido en la NTP-031, para la activación de estos dispositivos como se muestra en la Figura 43.

También se establecieron los casos de carga para el análisis tiempo-historia con los registros sísmicos para cada dirección de análisis, la norma establece 100% en una dirección y 30% en la otra dirección (ver Figura 44).

De manera resumida, se realizó este procedimiento para que la estructura empiece con una carga gravitatoria; es decir las fuerzas en base a su peso; y seguidamente se desempeñe con los registros sísmicos.

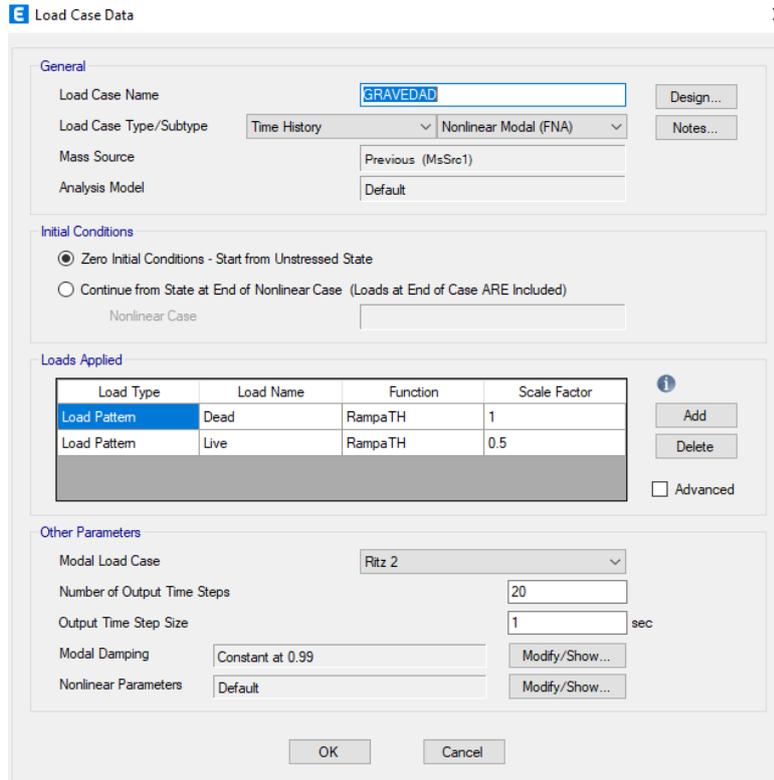


Figura 43: Caso de carga “Gravedad” (fuente: Etabs, 2021)

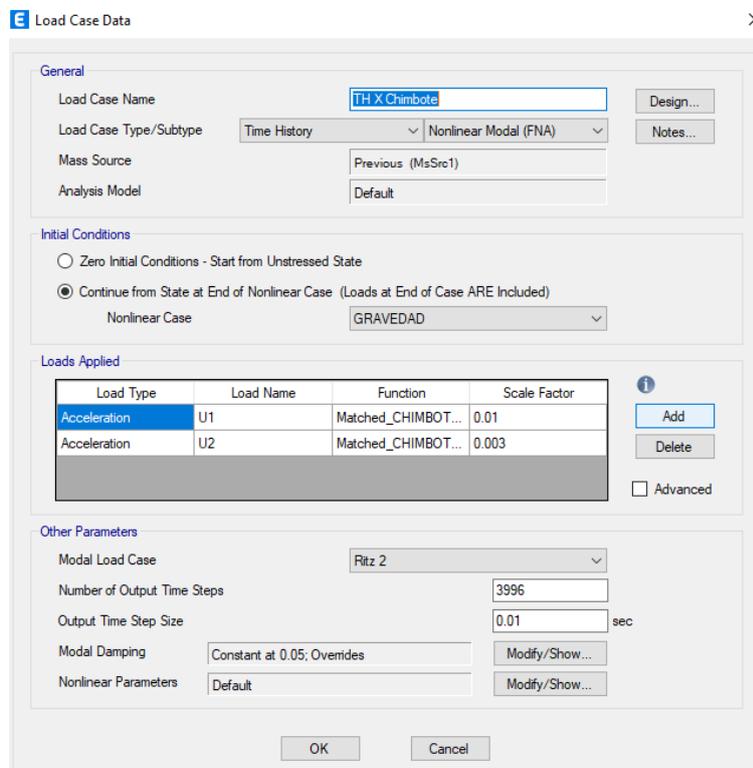


Figura 44: Caso de carga en la dirección “x” “TH x Chimbote” (fuente: Etabs, 2021)

4.4 Diseño de los aisladores

Para realizar el diseño de los aisladores se comenzó de la rigidez efectiva calculada de manera total, como un pre dimensionamiento para estimar una rigidez requerida.

Luego se calculó la rigidez para un dispositivo de aislación en base al peso que actúa en un dispositivo y sus propiedades como se mostrara a continuación, finalmente se calcula el factor de amortiguamiento y se compara con el amortiguamiento inicial, en caso de ser diferentes se empieza con la iteración imponiendo un factor de amortiguamiento o manipulando el periodo estimado. En este apartado se presentará los valores finales de la iteración.

4.3.1 Diseño para el aislador LRB:

4.3.1.1. Propiedades del aislador LRB:

Estas propiedades son facilitadas por el proveedor por temas académicos se ha escogido del catálogo de la “Bridgestone” empresa proveedora de estos dispositivos

Módulo de corte de la goma LRB al 100%: $G_{eq} = 39.259 \text{ tonf/m}^2$

Módulo aparente del plomo a cortante al 100%: $\alpha_p = 59.449 \text{ tonf/m}^2$

Esfuerzo a tensión máxima a la compresión: $\sigma_{pb} = 1000 \text{ tonf/m}^2$

4.3.1.2. Pre dimensionamiento del aislador LRB

Peso en un dispositivo de aislación: $P_{ais} = 234.058 \text{ Tonf}$

El diámetro inicial del aislador se estimará con los siguientes criterios

- De 1.25 a 1.50 del D_{TM} : $D_{LRB} = 1.25(D_{TM}) = 22.80 \text{ cm}$
- De 0.8 del D_{TM} : $D_{LRB} = 0.8(D_{TM}) = 14.59 \text{ cm}$
- En base a la tensión máxima

$$D_{LRB} = \frac{4 \cdot P_{ais}}{\pi \cdot \sigma_{pb}} = 54.59 \text{ cm}$$

De los tres resultados se escogió el mayor estimado: $D_o = 60 \text{ cm}$

Calculo del área del aislador LRB:

$$A_{LRB} = \frac{\pi D_{LRB}^2}{4} = 2340.582 \text{ m}^2$$

Altura total de la goma:

$$h_r = \frac{G_{eq} \cdot A_{LRB}}{K_{ef}} = 0.069 \text{ m}$$

Con los parámetros obtenidos se puede estimar las dimensiones de las características del aislador, sin embargo, en el desarrollo de esta investigación se utilizó el catálogo "Bridgestone" para obtener más precisión en los dimensionamientos que se encuentran en el mercado.

Espesor de solo una goma: $t_r = 4 \text{ mm}$

Cantidad de gomas: $N_{tr} = 50$

Altura total de las gomas sumadas: $h_T = 0.2 \text{ m}$

Altura total del aislador incluyendo calces extremos: $H_T = 407.9 \text{ mm}$

Deformación por cortante a desplazamiento total máximo: esta relación surge igual que los proveedores de este catálogo que se encuentre por debajo del 250%

$$\gamma = \frac{D_M}{h_T} = 0.793$$

Diámetro del núcleo de plomo: se puede estimar entre $D_o/6$, $D_o/3$.En esta ocasión el catalogo nos brinda el diámetro del plomo

$$d_{plomo} = 0.08 \text{ m}$$

Área del plomo:

$$A_p = \frac{\pi d_{plomo}^2}{4} = 0.005 \text{ m}^2$$

Espesor del recubrimiento: parámetros estimado $e_c = 0.025 \text{ m}$

Área efectiva del plano: parámetro del catalogo $A_r = 0.278 \text{ m}^2$

Área total del aislador: $A = A_r + A_p = 0.283 \text{ m}^2$

4.3.1.3. Propiedades de rigidez al corte del aislador LRB

En esta sección se utilizó algunas ecuaciones del catálogo para tener más precisión en las propiedades del aislador.

Condición para C_{kd} :

$$\text{Si: } \gamma < 0.25 \text{ entonces } C_{kd} = 0.779\gamma^{-0.43}$$

$$\text{Si: } 0.25 \leq \gamma < 1.0 \text{ entonces } C_{kd} = \gamma^{-0.25}$$

$$\text{Si: } 1.0 \leq \gamma < 2.5 \text{ entonces } C_{kd} = \gamma^{-0.12}$$

Condición para C_{qd} :

$$\text{Si: } \gamma \leq 0.1 \text{ entonces } C_{qd} = 2.036\gamma^{0.41}$$

$$\text{Si: } 0.1 < \gamma < 0.5 \text{ entonces } C_{qd} = 1.106\gamma^{0.145}$$

$$\text{Si: } 0.5 \leq \gamma \text{ entonces } C_{qd} = 1$$

factor de corrección de la rigidez posterior a la fluencia: $C_{kd} = \gamma^{-0.25} = 1.06$

Rigidez al cizallamiento del caucho laminado:

$$K_r = \frac{G_{eq} \cdot A_r}{h_T} = 54.111 \text{ tonf/m}$$

Rigidez de corte adicional por el núcleo de plomo:

$$K_p = \frac{\alpha_p \cdot A_p}{h_T} = 1.494 \text{ tonf/m}$$

Rigidez post fluencia: $K_2 = C_{kd} \cdot (K_r + K_p) = 59.346 \text{ tonf/m}$

Ratio de rigidez inicial con la post-fluencia, oscila entre 10 y 15: $\beta_{ratio} = 13$

Rigidez inicial elástica: $K_1 = \beta_{ratio} \cdot K_2 = 771.493 \text{ tonf/m}$

Factor de corrección de resistencia característica debido a la dependencia de la deformación: $C_{Qd} = 1$

Esfuerzo cortante del plomo: parámetro que nos brinda el fabricante

$$\sigma_p = 812.408 \text{ tonf/m}^2$$

Resistencia o fuerza característica a desplazamiento cero:

$$Q_d = Q_d \cdot \sigma_p \cdot A_p = 4.084 \text{ tonf}$$

Rigidez equivalente:

$$K_e = \frac{Q_d}{\gamma \cdot h_T} + K_2 = 85.088 \text{ tonf/m}$$

Desplazamiento en donde fluye el dispositivo:

$$D_y = \frac{Q_d}{(K_1 - K_2)} = 0.006 \text{ m}$$

Fuerza que causa la plastificación del aislador: $F_y = Q_d + (K_2 \cdot D_y) = 4.424 \text{ tonf}$

Fuerza en el apoyo del aislador: $F_{\text{apoyo}} = Q_d + (K_2 \cdot D_M) = 13.498 \text{ tonf}$

Energía total en un ciclo histerético: $E_d = 4 \cdot Q_d \cdot (D_M - D_y) = 2.497 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

Energía elástica en un ciclo histerético: $E_s = \frac{1}{2} \cdot K_e \cdot D_M^2 = 1.07 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

Amortiguamiento añadido LRB:

$$\xi_{LRB} = \frac{E_d}{2 \cdot \pi \cdot K_e \cdot D_M^2} = 18.56\%$$

Factor de reducción por amortiguamiento final:

$$B_{Mf} = \frac{4}{5.6 - \ln(\xi_{LRB} \cdot 100)} = 1.493$$

Por lo tanto, comparamos el amortiguamiento asumido inicial con el obtenido si en caso no se asemejen los factores de amortiguamiento, se continua con la iteración hasta que converjan. Como sugerencia se puede estimar una diferencia de 20%

$$B_M = 1.469, B_{Mf} = 1.493 \text{ Ok}$$

Continuando con los cálculos proseguimos con las propiedades:

Modulo de Young: parámetro del catalogo

$$E = 2243.376 \text{ tonf/m}^2$$

Modulo volumétrico: parámetro del catalogo

$$E_\infty = 119918.93 \text{ tonf/m}^2$$

Factor de corrección del módulo de Young según su dureza: parámetro del proveedor

$$k = 0.85$$

Primer factor de forma:

$$S_1 = \frac{D_o}{4 \cdot t_r} = 37.5$$

Segundo factor de forma:

$$S_2 = \frac{D_o}{N_{tr} \cdot t_r} = 3$$

Módulo de compresión efectiva

$$E_c = \frac{E(1 + 2kS_1^2)}{1 + E(1 + 2kS_1^2)/E_\infty} = 117296.93 \text{ tonf/m}^2$$

Factor de corrección del módulo de Young: Parámetro del catalogo

$$\alpha_v = 1.23$$

Rigidez a la compresión vertical

$$K_v = \alpha_v \cdot E_c \cdot \frac{A}{h_T} = 203952.179 \text{ tonf/m}$$

Amortiguamiento horizontal: El valor m viene hacer la masa de un aislador

$$C_h = 2. (\xi_{LRB} - 0.05) \sqrt{K_e \cdot m} = 12.223 \text{ tonf/m}$$

4.3.1.4. Cálculo de la fuerza restauradora en la mitad del aislamiento

En este apartado consiste calcular las propiedades a la mitad del desplazamiento máximo:

$$\frac{D_M}{2} = 0.079 \text{ m}, \frac{D_{TM}}{2} = 0.091 \text{ m} \quad \gamma = \frac{D_M/2}{h_T} = 0.397$$

Se volvió a calcular todas las propiedades del aislador a la mitad de la fuerza como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7: Resumen del cálculo de las propiedades del aislador

$x < 0.25$	$0.25 \leq x < 1$	$1 \leq x < 2.5$
1.15945965	1.26013638	1.11737879
Ckd	1.26	
$x \leq 0.1$	$0.1 < x < 0.5$	$0.5 \leq x$
1.39345515	0.96719256	1
Cqd	0.967	
Kr	54.511	tonf/m
Kp	1.494	tonf/m
K2	70.574	tonf/m
K2 global	1693.782	tonf/m
Qd	3.950	tonf
Qd global	94.791	tonf
Ke	120.371	tonf/m
beta ratio	13.000	
K1	917.465	tonf/m
K1 global	22019.162	tonf/m
Dy	0.005	m
Ed	1.179	tonf.m
Es	0.379	tonf.m
Fy	4.279	tonf
Fapoyo	9.547	tonf
ξ LRB	0.248	
Bmf	1.674	
Ke global	2888.893	tonf/m
Ed global	28.305	tonf.m

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.1.5.Verificación del Comportamiento del aislador

Fuerza al 100% del desplazamiento máximo: $F_{DD} = F_{apoyo} = 13.498 \text{ tonf}$

Fuerza al 50% del desplazamiento máximo: $F_{0.5DD} = 9.547 \text{ tonf}$

Por lo tanto:

$$F_{DD} - F_{0.5DD} = 3.950$$

Se tiene que cumplir:

$$F_{DD} - F_{0.5DD} > 0.025 P_{ais}$$

Entonces $0.025 P_{ais} = 5.851$, con este resultado no se estaría cumpliendo que la estructura vuelva a su lugar, sin embargo se tiene que evaluar de forma global es decir, este resultado es a nivel local, la última verificación se hallara con todos los aisladores. Por lo tanto, continuamos con las verificaciones.

4.3.1.6.Verificación a carga critica

Calculo del Área reducida:

$$\vartheta = 2 \cdot \arcsin \left(\frac{D_M}{D_o} \right) = 2.606$$

$$Ar1 = \frac{D_M^2}{4} \cdot (\vartheta - \sin \vartheta) = 1886.851 \text{ cm}^2$$

Entonces $Ar1/A = 67\%$ esta relación tiene que ser mayor a 32%, por lo tanto cumple.

Calculo del factor de forma del aislador:

$$S = \frac{A_r}{\pi \cdot D_o \cdot tr} = 36.831$$

Calculo de la carga critica:

$$F.S. = 1.1$$

$$P_{critico} = \frac{\pi}{8} \cdot G_{eq} \cdot S \cdot \frac{D_o}{N \cdot tr} \cdot Ar1 = 909.113 \text{ tonf}$$

$$\frac{P_{\text{critico}}}{F. S.} = 826.466 \text{ tonf}$$

Verificación con $P_{\text{max}} = 408.062 \text{ tonf}$ obtenido de la combinación de carga.

$$\frac{P_{\text{critico}}}{F. S.} > P_{\text{max}}, \text{ok}$$

4.3.1.7. Verificación de deformación por corte:

Deformación por corte debido a la compresión:

$$e_c = \frac{6 \cdot P_{\text{ais}} \cdot S}{E_c \cdot A_{r1}} = 2.337$$

Deformación debido al desplazamiento no sísmico:

$$\sigma_s = 0.05 \cdot D_M = 0.008 \text{ m}$$

Deformación por corte debido al desplazamiento no sísmico

$$e_s = \frac{\sigma_s}{h_T} = 0.04$$

Rotación por efectos de construcción: se recomienda un valor de : $O_{LRB} = 0.01$

Deformación por corte debido a la rotación por deformación angular:

$$e_r = \frac{0.375 \cdot D_M^2 \cdot O_{LRB}}{t_r \cdot h_T} = 1.688$$

Verificación propuesta por la NTP-031:

$$e_c + e_s + 0.5 \cdot e_r \leq \frac{6}{F. S.}$$

$$3.22 \leq 5.45 \text{ ok}$$

4.3.1.8. Resumen de diseño:

En la Tabla 8 se muestra el resumen de los cálculos hallados, para ingresar al software Etabs:

Tabla 8: Resumen del diseño de los aisladores LRB

Peso del aislador (catalogo)	0.673	tonf
K_{ef}	85.088	tonf/m
Amortiguamiento efectivo ch	12.223	tonf.s/m
K₁	771.493	tonf/m
F_y	4.424	tonf
Rigidez post fluencia K₂/K₁	0.077	
Amortiguamiento vertical cv	55.148	tonf.s/m
K_v	203952.179	tonf/m

Fuente: Elaboracion propia (2021)

4.3.2 Diseño del aislador NRB:

El cálculo para este tipo de aislador se presentará de manera resumida porque se reitera algunas de las ecuaciones presentadas.

Se aclara que el cálculo para este aislador se comenzó con el mismo criterio del aislador LRB, es decir, se comenzó imponiendo un amortiguamiento del 2%:

Para un amortiguamiento del 2% entonces $B_M = 1.469$

Periodo aislado: $T_M = 2.6$

Peso de la superestructura: $P_s = 4249.366$ tonf

Peso total de la estructura: $P = 5381.573$ tonf

Numero de aisladores: $N_{tr} = 22$

Rigidez del aislador general:

$$K_{ais} = \frac{4\pi^2}{T_M^2} \cdot P = 3203.817 \text{ tonf/m}$$

Rigidez por cada aislador:

$$K_{ef} = \frac{K_{ais}}{N_{tr}} = 145.628 \text{ tonf/m}$$

Desplazamiento máximo NTP-031:

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi \cdot B_M} 0.307 \text{ m}$$

Desplazamiento total NTP-031: $D_{TM} = 1.5D_M = 35.266 \text{ cm}$

4.3.2.1. Propiedades del aislador NRB:

Propiedades facilitadas por catálogo "Bridgestone" :

Módulo de corte de la goma LRB al 100%: $G_{eq} = 29.969 \text{ tonf/m}^2$

Esfuerzo a tensión máxima a la compresión: $\sigma_{pb} = 1000 \text{ tonf/m}^2$

4.3.2.2. Pre dimensionamiento del aislador NRB

En este apartado se utilizó las mismas ecuaciones del diseño LRB, la Tabla 9 muestra un resumen de los cálculos realizados para el pre dimensionamiento.

Tabla 9: Resumen del pre dimensionamiento del aislador NRB

P 1 ais.	156.422	Tonf
D1 LRB	44.083	cm
D2 LRB	28.213	cm
D3 LRB	44.628	cm
D LRB	44.628	cm
A LRB	1564.219	cm ²
Kef	145.628	tnf/m
hr	0.032	m

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.2.3. Aislador NRB escogido

Con los parámetros obtenidos del pre dimensionamiento, se comparó con las dimensiones y características de los aisladores que presenta el catálogo "Bridgestone", por lo que se escogió el aislador NS060N3 (ver Tabla 10).

Tabla 10: Dimensiones escogidas, aislador NS060N3

tr	4.000	mm
Ntr	30.000	
hT	0.120	m
HT	265.900	mm
γ	2.556	<300%
D LRB c	60.000	cm
A	0.283	m ²
d interno	0.015	m

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.2.4. Propiedades del aislador NRB

Rigidez equivalente:

$$K_e = \frac{G_{eq} \cdot A}{h_T} = 70.578 \text{ tonf/m}$$

Módulo de Young: parámetro del catalogo

$$E = 167.176 \text{ tonf/m}^2$$

Módulo volumétrico: parámetro del catalogo

$$E_\infty = 122324.159 \text{ tonf/m}^2$$

Factor de corrección del módulo de Young según su dureza: parámetro del proveedor

$$k = 0.85$$

Primer factor de forma:

$$S_1 = \frac{D_o^2 - 1 \cdot d_{\text{interno}}^2}{4 \cdot t_r \cdot D_o^2 + 1 \cdot d_{\text{interno}}^2} = 36.563$$

Segundo factor de forma:

$$S_2 = \frac{D_o}{N_{tr} \cdot t_r} = 5$$

Módulo de compresión efectiva

$$E_c = \frac{E(1 + 2kS_1^2)}{1 + E(1 + 2kS_1^2)/E_\infty} = 122323.837 \text{ tonf/m}^2$$

Rigidez a la compresión vertical

$$K_v = \frac{E_c \cdot A}{h_T} = 288072.637 \text{ tonf/m}$$

Fuerza que causa la plastificación del aislador: $F_y = K_e \cdot D_M = 21.644 \text{ tonf}$

4.3.2.5. Cálculo de la fuerza restauradora en la mitad del aislamiento

Al igual que los aisladores LRB, se realiza el cálculo a la mitad del desplazamiento máximo de los aisladores NRB, como se muestra en la Tabla 11 de forma resumida:

Tabla 11: Resumen de cálculo a la mitad de desplazamiento

Dm/2	0.153	m
Dtm/2	0.176	m
γ	1.278	
Geq 100%	29.969	tonf/m ²
Kef	70.578	tonf/m
Kef global	1552.716	tonf/m
fy	10.822	ton

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.2.6. Verificación del Comportamiento del aislador

En la Tabla 12 se muestra un resumen del cálculo para la comprobación de la fuerza de restitución: $F_{DD} - F_{0.5DD} > 0.025 P_{ais}$

Tabla 12: Resumen del cálculo de la fuerza de restitución

FDD	21.644	Tonf
F0.5DD	10.822	Tonf
FDD-F0.5DD	10.822	Tonf
0.025 Pais	3.911	Tonf

Fuente: Elaboración propia (2021)

Por lo tanto, la edificación de forma local vuelve a su posición inicial.

4.3.2.7.Verificación a carga critica

Calculo del Área reducida:

$$\vartheta = 2 \cdot \arcsin \left(\frac{D_M}{D_o} \right) = 2.069$$

$$A_{r1} = \frac{D_M^2}{4} \cdot (\vartheta - \sin \vartheta) = 1071.036 \text{ cm}^2$$

Entonces $A_{r1}/A = 38\%$ esta relación tiene que ser mayor a 32%, por lo tanto cumple.

Calculo del factor de forma del aislador:

$$S = \frac{A_r}{\pi \cdot D_o \cdot t_r} = 37.5$$

Calculo de la carga critica:

$$F. S. = 1.1$$

$$P_{\text{critico}} = \frac{\pi}{8} \cdot G_{\text{eq}} \cdot S \cdot \frac{D_o}{N \cdot t_r} \cdot A_{r1} = 668.480 \text{ tonf}$$

$$\frac{P_{\text{critico}}}{F. S.} = 607.709 \text{ tonf}$$

Verificación con $P_{\text{max}} = 273.459 \text{ tonf}$ obtenido de la combinación de carga.

$$\frac{P_{\text{critico}}}{F. S.} > P_{\text{max}}, \text{ ok}$$

4.3.2.8.Verificación de deformación por corte:

Deformación por corte debido a la compresión:

$$e_c = \frac{6 \cdot P_{\text{ais}} \cdot S}{E_c \cdot A_{r1}} = 2.686$$

Deformación debido al desplazamiento no sísmico:

$$\sigma_s = 0.05 \cdot D_M = 0.015 \text{ m}$$

Deformación por corte debido al desplazamiento no sísmico

$$e_s = \frac{\sigma_s}{h_T} = 0.128$$

Rotación por efectos de construcción: se recomienda un valor de : $O_{LRB} = 0.01$

Deformación por corte debido a la rotación por deformación angular:

$$e_r = \frac{0.375 \cdot D_M^2 \cdot O_{LRB}}{t_r \cdot h_T} = 2.813$$

Verificación propuesta por la NTP-031:

$$e_c + e_s + 0.5 \cdot e_r \leq \frac{6}{F.S.}$$

$$4.220 \leq 5.45 \text{ ok}$$

4.3.2.9. Resumen de diseño:

Los parámetros para ingresar al software Etabs se muestran en la Tabla 13:

Tabla 13: Resumen del diseño de los aisladores NRB

Peso del aislador (catalogo)	0.489	tonf
Kef	70.578	tonf/m
Amortiguamiento efectivo ch	0.000	
K1	0.000	
Fy	21.644	tonf
Rigidez post fluencia K2/K1	0.000	
Amortiguamiento vertical cv	51.063	tonf.s/m
Kv	288072.637	tonf/m

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.3 Verificación de la fuerza restauradora global:

La Tabla 14 muestra el resumen del cálculo para la fuerza restauradora, donde se debe cumplir: $F_{DD} - F_{0.5DD} > 0.025 P_{ais}$

Tabla 14: Verificación última de la fuerza restauradora

Ps	433.167	Tonf-s ² /m
	4249.366	Tonf
P	548.599	Tonf-s ² /m
	5381.753	Tonf
0.025xP	134.544	tonf
LRB	94.810	tonf
NRB	238.081	tonf
LRB+NRB	332.891	tonf
Verificación	ok	

Fuente: Elaboración propia (2021)

En conclusión, de la Tabla 14 se puede afirmar que la edificación vuelve a su posición inicial, por lo tanto, es correcto el diseño.

4.3.4 Modelamiento del aislador elastomericos:

Con los datos obtenidos de los diseños de los aisladores LRB y NRB; se procede a ingresar al programa, la herramienta que se usó para el modelamiento se denomina "Link".

En esta investigación se utilizó tres modelamientos, el primer modelamiento con base empotrada para la obtención de los periodos en base fija. El segundo modelamiento se creó para ingresar las propiedades lineales de los aisladores con el objetivo de verificar el periodo asumido (ver Figura: 45,46,47,48,49 y 50), y por último el tercer modelamiento se creó para seleccionar las propiedades no lineales de los dispositivos y verificar las derivas con el análisis tiempo historia (ver Figura: 51, 52, 53, 54 y 55). La dirección del eje local de los aisladores U1, U2 y U3, se refieren al eje Z, X, Y respectivamente.

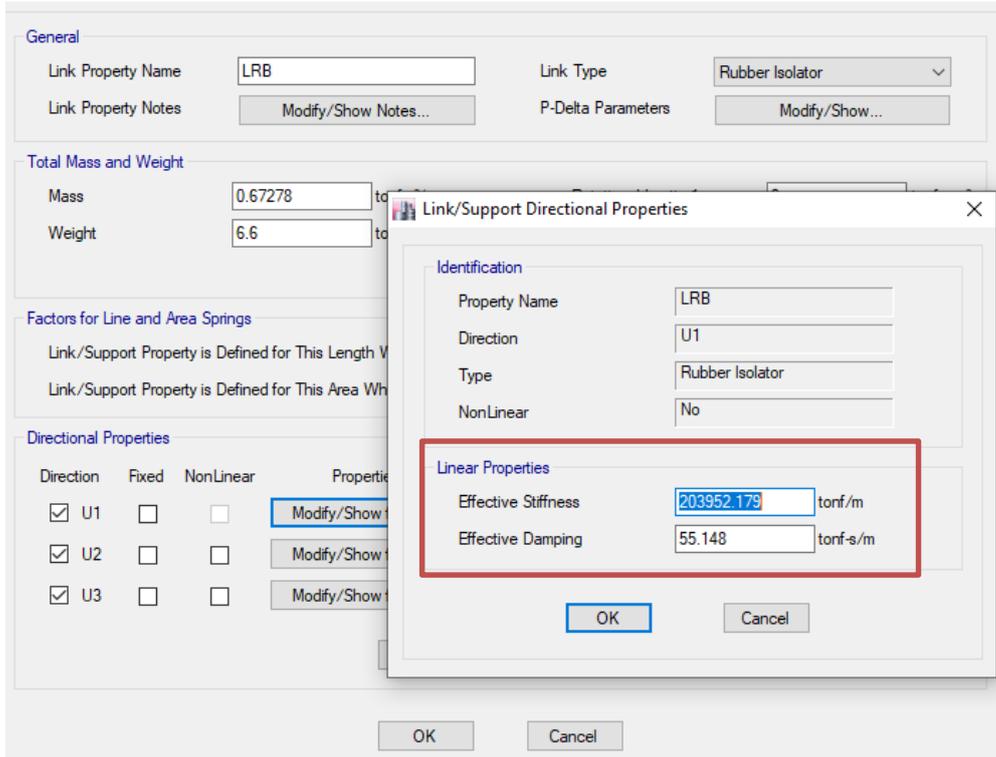


Figura 45: Ingreso de parámetros lineales "U1" LRB (fuente: Etabs, 2021)

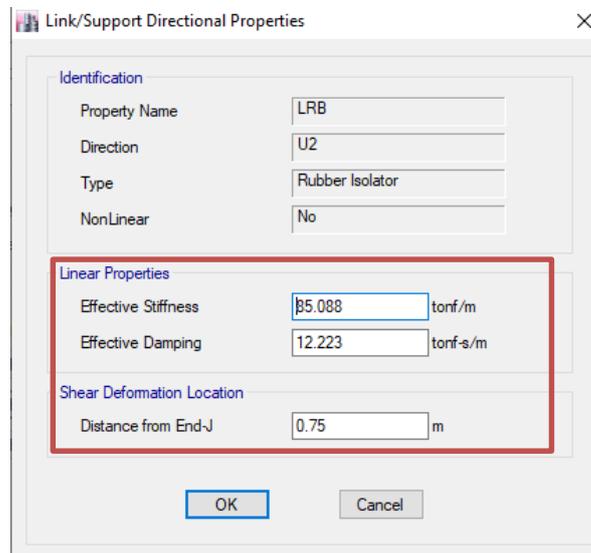


Figura 46: Ingreso de parámetros lineales "U2" LRB (fuente: Etabs, 2021)

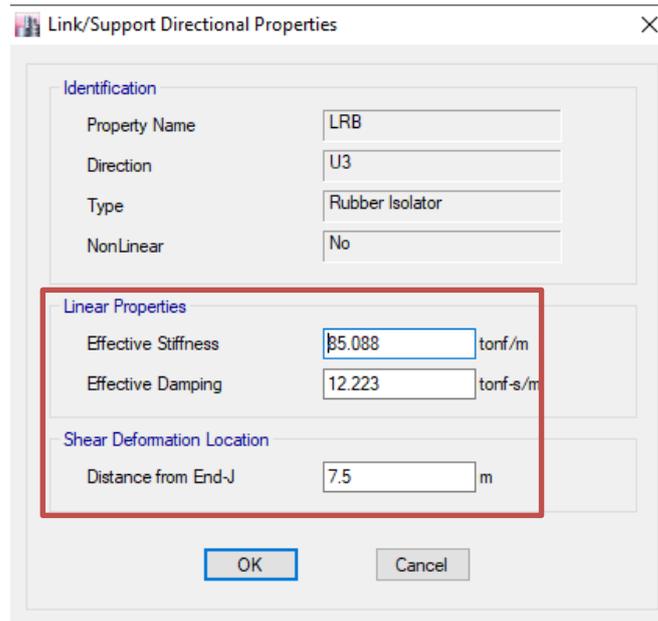


Figura 47: Ingreso de parámetros lineales “U3” LRB (fuente: Etabs, 2021)

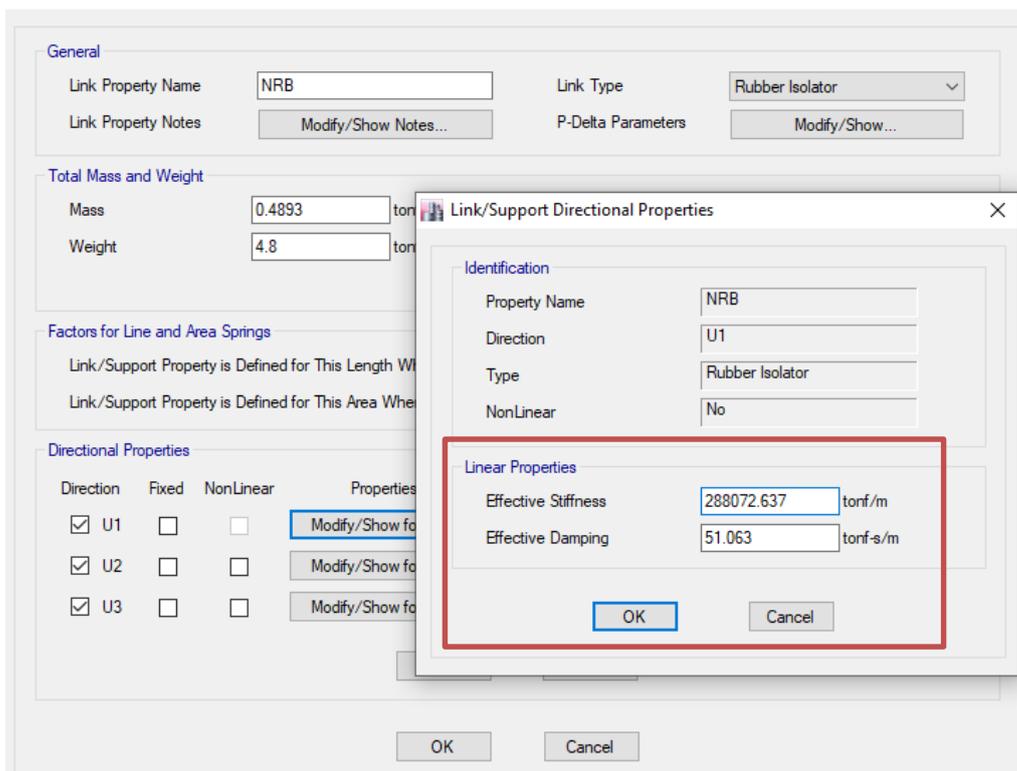


Figura 48: Ingreso de parámetros lineales “U1” NRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification	
Property Name	NRB
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Linear Properties	
Effective Stiffness	70.578 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.75 m

OK Cancel

Figura 49: Ingreso de parámetros lineales “U2” NRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification	
Property Name	NRB
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Linear Properties	
Effective Stiffness	70.578 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.75 m

OK Cancel

Figura 50: Ingreso de parámetros lineales “U3” NRB (fuente: Etabs, 2021)

El ingreso de los parámetros no lineales se realiza activando el check de la no linealidad, se aclara que no se analizó para la dirección “Z” porque actúa de forma axial como se muestra en la Figura 51.

General

Link Property Name: LRB
 Link Type: Rubber Isolator
 Link Property Notes: Modify/Show Notes...
 P-Delta Parameters: Modify/Show...
 Acceptance Criteria: Modify/Show...
 None specified

Total Mass and Weight

Mass: 0.67278 tonf-s²/m
 Weight: 6.6 tonf
 Rotational Inertia 1: 0 tonf-m-s
 Rotational Inertia 2: 0 tonf-m-s
 Rotational Inertia 3: 0 tonf-m-s

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: 1 m
 Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: 1 m²

Directional Properties

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

Buttons: Fix All, Clear All

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases: Effective Stiffness from Zero, Else Nonlinear
 Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping: Initial Stiffness (K0)
 Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor: 1

Buttons: OK, Cancel

Figura 51: Ingreso de parámetros no lineales LRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification

Property Name: LRB
 Direction: U2
 Type: Rubber Isolator
 NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 85.088 tonf/m
 Effective Damping: 12.223 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.75 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 771.493 tonf/m
 Yield Strength: 4.4239 tonf
 Post Yield Stiffness Ratio: 0.076923

Buttons: OK, Cancel

Figura 52: Ingreso de parámetros no lineales "U2" LRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification	
Property Name	LRB
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	85.088 tonf/m
Effective Damping	12.223 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	7.5 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	771.493 tonf/m
Yield Strength	4.4239 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.076923

Figura 53: Ingreso de parámetros no lineales “U3” LRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification	
Property Name	NRB
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	11 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.75 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	70.578 tonf/m
Yield Strength	21.6437 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0

Figura 54: Ingreso de parámetros no lineales “U2” NRB (fuente: Etabs, 2021)

Identification	
Property Name	NRB
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	1 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.75 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	70.578 tonf/m
Yield Strength	21.6437 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0

Figura 55: Ingreso de parámetros no lineales “U3” NRB (fuente: Etabs, 2021)

Se aclara que no es necesario ingresar los parámetros lineales cuando se ingresa los parámetros no lineales en el tercer modelo, porque no altera en la obtención de resultados. A continuación, se muestra en la Figura 56 la distribución de los aisladores en planta.

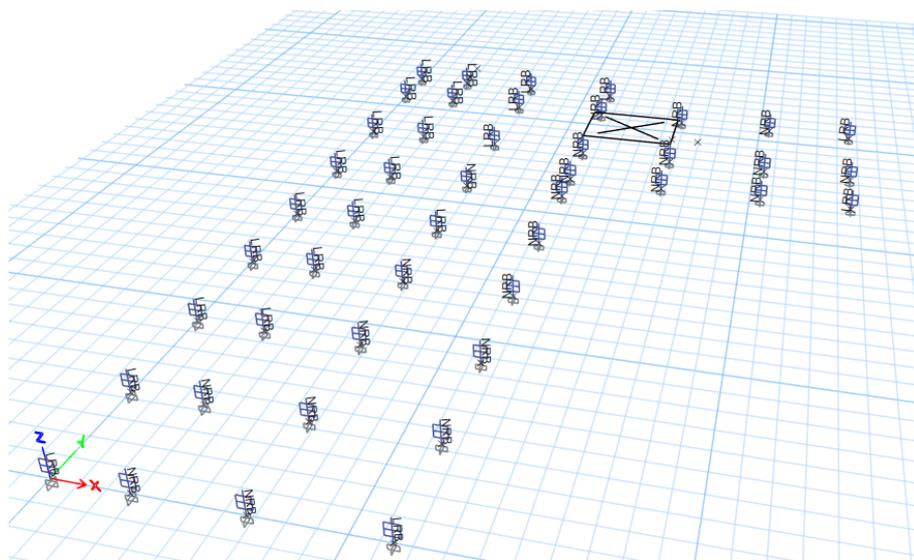


Figura 56: Distribución de los aisladores LRB y NRB (fuente: Etabs, 2021)

4.5 Resultado del análisis estructural con aisladores elastomericos:

4.4.1. Análisis modal

Del análisis modal se obtiene la participación de masa al 99% como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Calculo del periodo con base aislada

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	2.634	0%	99%	1%
Modal	2	2.493	100%	0%	0%
Modal	3	2.317	0%	1%	99%
Modal	4	0.496	0%	0%	0%
Modal	5	0.454	0%	0%	0%
Modal	6	0.412	0%	0%	0%
Modal	7	0.242	0%	0%	0%
Modal	8	0.221	0%	0%	0%
Modal	9	0.201	0%	0%	0%
Modal	10	0.158	0%	0%	0%
Modal	11	0.149	0%	0%	0%
Modal	12	0.14	0%	0%	0%

Fuente: Elaboracion propia (2021)

También en la Tabla 15 se observa el periodo del análisis modal $T_{Modo} = 2.634$ que se asemeja al periodo asumido $T_M = 2.6$. Por lo tanto, el análisis es correcto hasta este punto.

4.4.2. Análisis Tiempo Historia

4.4.2.1. Verificación de derivas NTP E-031

Del análisis Tiempo-Historia se obtiene las derivas que se muestran en la Tabla 16 para cada par de registro sísmico.

Tabla 16: Verificación de las derivas en los sentidos E-O y N-S

DERIVAS						
PISOS	CHIMBOTE		ICA		LIMA 66	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
5	0.001076	0.000748	0.001753	0.000738	0.001554	0.000462
4	0.001772	0.001156	0.003008	0.001181	0.002601	0.000742
3	0.002322	0.001317	0.004038	0.001485	0.003435	0.000906
2	0.002511	0.001079	0.004435	0.001631	0.003651	0.001213
1	0.130287	0.025017	0.240553	0.069161	0.167426	0.055294
Base	0	0	0	0	0	0

DERIVAS				
PISOS	LIMA 74		MOYOBAMBA	
	EW	NS	EW	NS
5	0.001276	0.000711	0.001243	0.000772
4	0.002157	0.001101	0.002018	0.001328
3	0.002739	0.001294	0.002531	0.001798
2	0.002688	0.001629	0.002588	0.002417
1	0.113848	0.078763	0.108273	0.124909
Base	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (2021)

Referente al piso 1 de la Tabla 16 viene hacer la base de la superestructura que se encuentra en desplazamiento, por lo que no se toma en consideración la deriva. El reglamento NTP-031 propone en el art.26 que la deriva no debe sobre pasar el valor de 0.005. Por lo tanto, la edificación está cumpliendo.

4.4.2.2.Histéresis de los aisladores

La Figura 57 se muestra la distribución de los aisladores en planta con el código asignado por defecto en el programa Etabs.

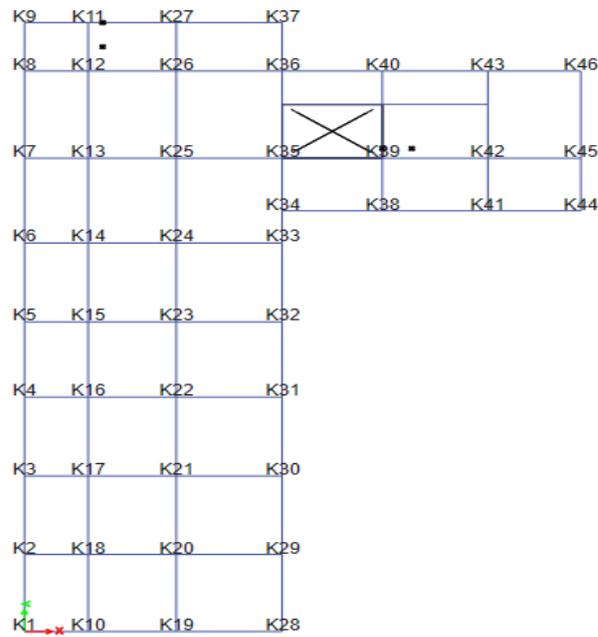


Figura 57: Distribución con el código de rigidez LRB y NRB (fuente: Etabs, 2021)

A continuación, se muestra los diagramas de histéresis en las Figuras 58,59,60,61 y 62 de forma arbitraria para los aisladores LRB y NRB, en referencia a la Figura 57

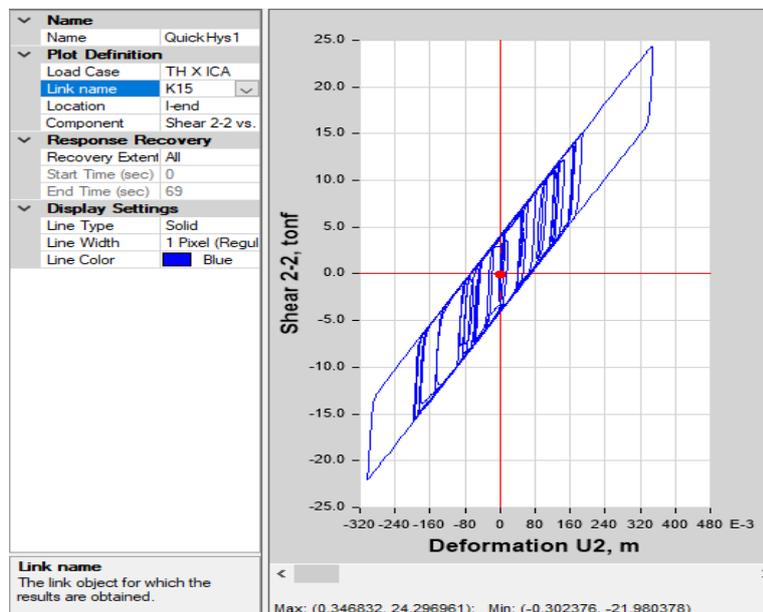


Figura 58: Diagrama de Histéresis en "K15" LRB sismo: Ica (fuente: Etabs, 2021)

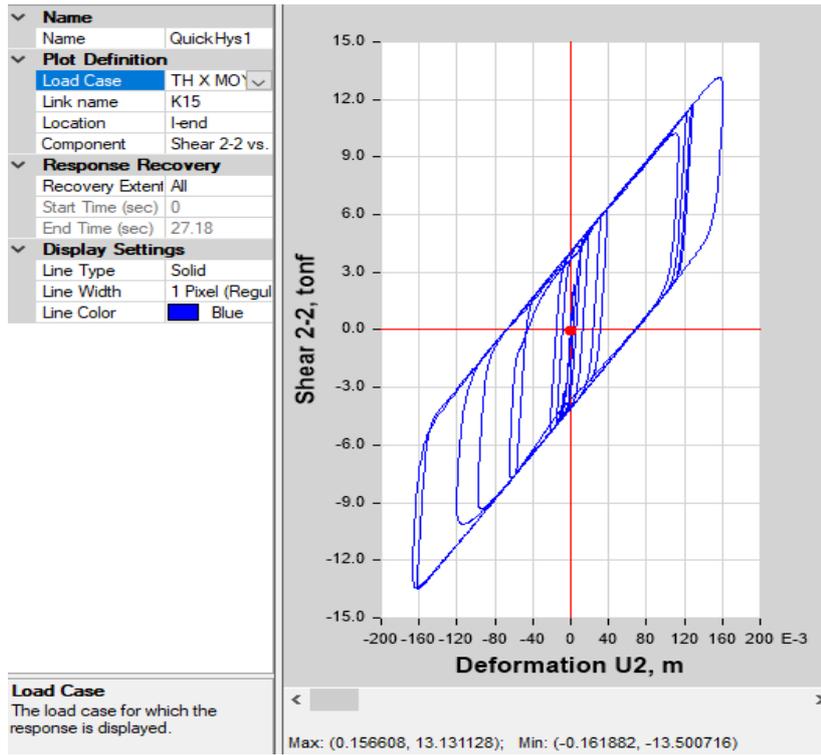


Figura 59: Diagrama de Histéresis en “K15” LRB sismo: Moyobamba (fuente: Etabs, 2021)

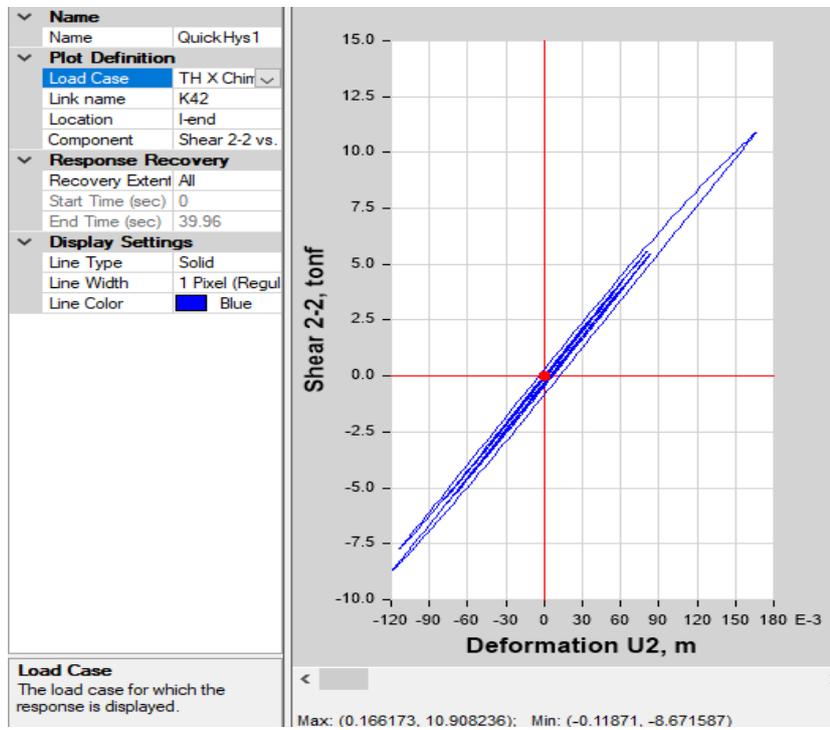


Figura 60: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Chimbote (fuente: Etabs, 2021)

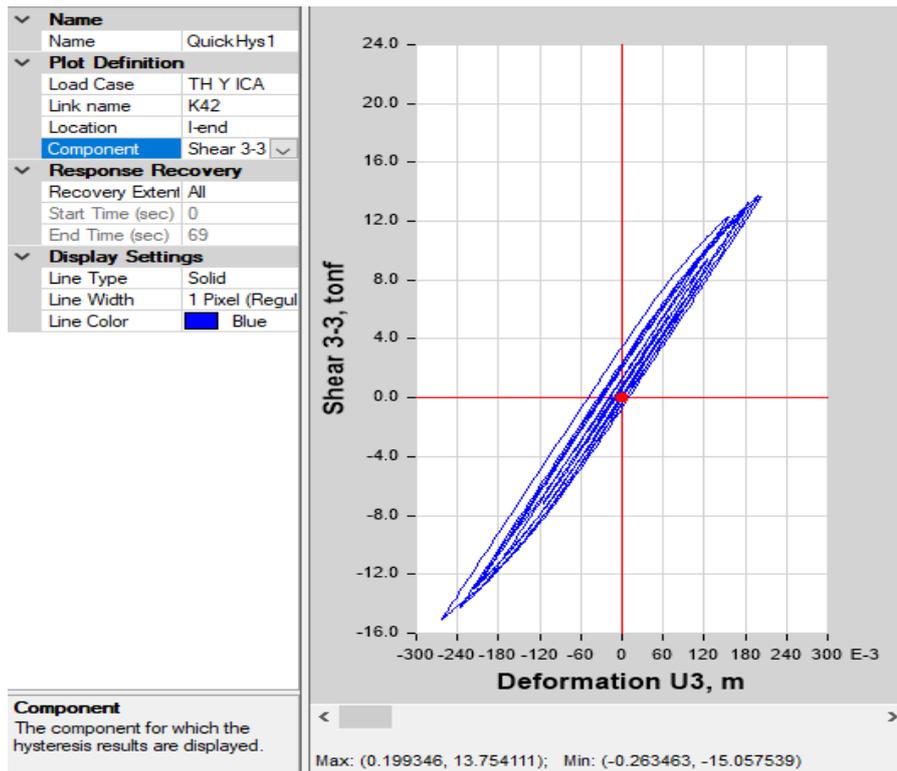


Figura 61: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Ica (fuente: Etabs, 2021)

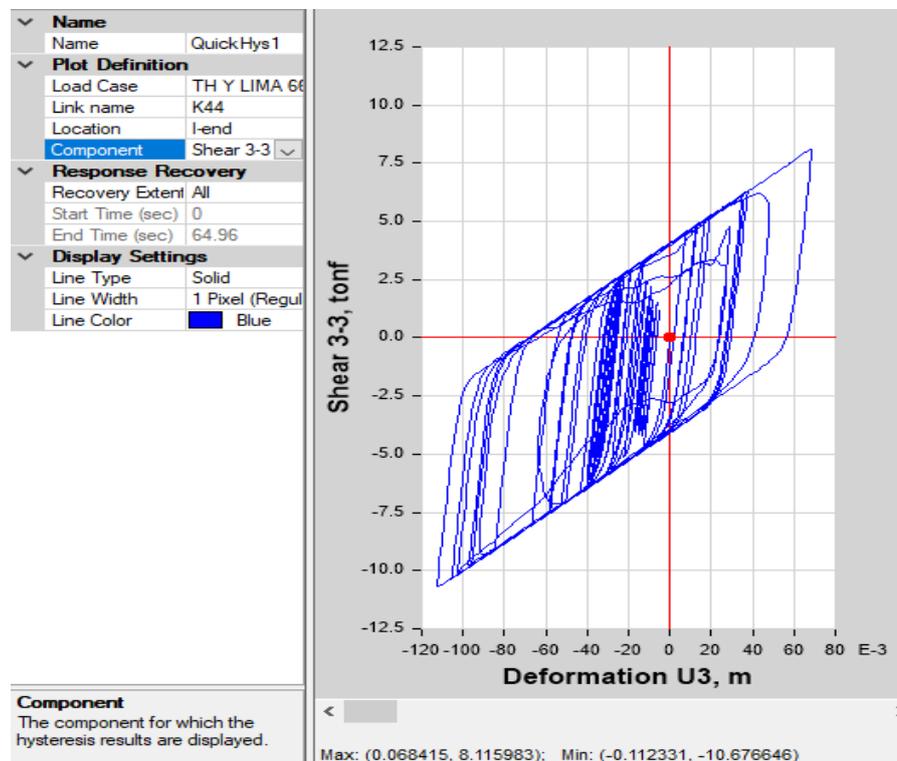


Figura 62: Diagrama de Histéresis en “K42” NRB sismo: Lima 1966 (fuente: Etabs, 2021)

4.4.2.3. Diagrama de Energía

En la Figura 63 se muestra la energía de disipación que toman los aisladores “Nonliner Hysteretic Damping”. Así mismo, la energía de disipación que toma la estructura es mínima “Nonlinear Viscous Damping”.

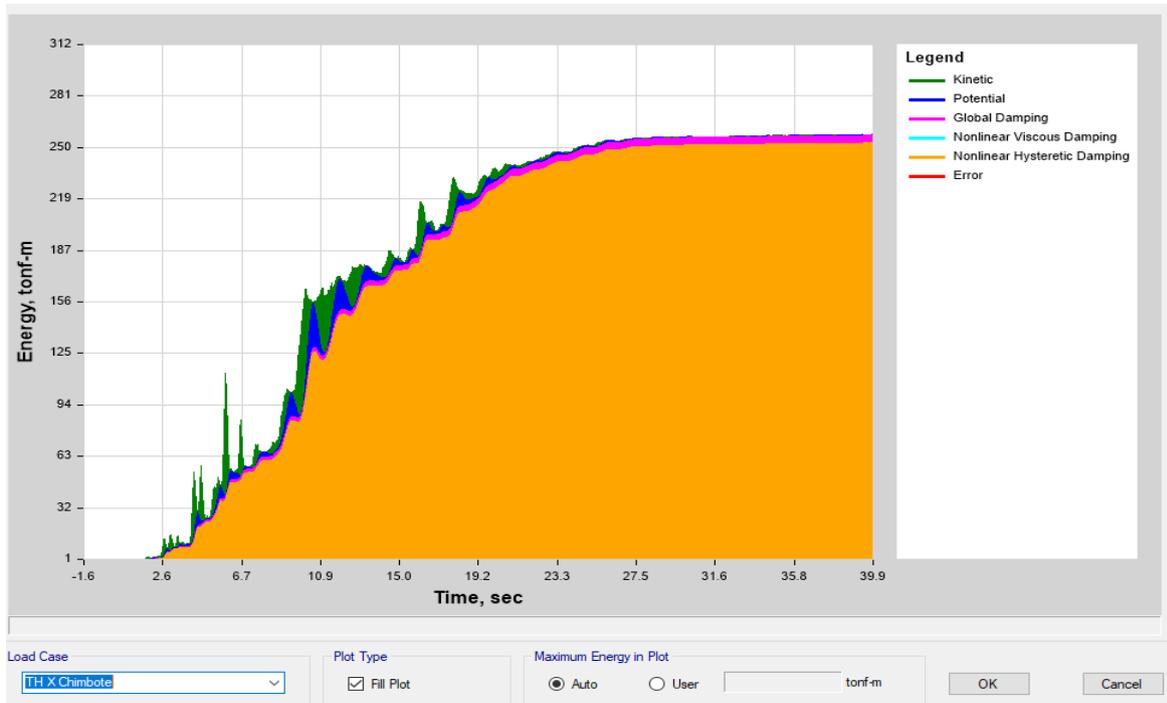


Figura 63: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Chimbote (fuente: Etabs, 2021)

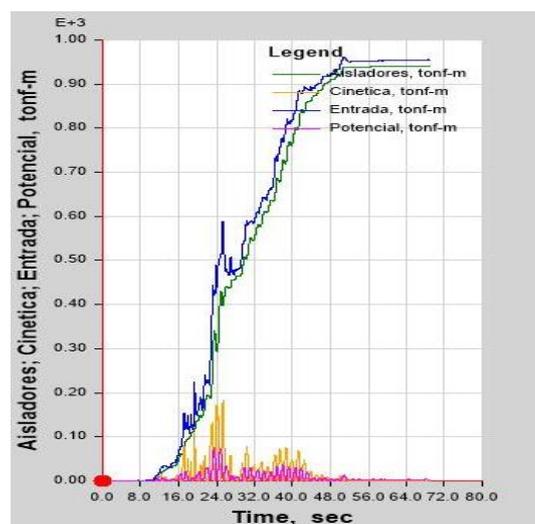


Figura 64: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Ica (fuente: Etabs, 2021)

En la figura 64 se muestra el mismo grafico de energía en una escala más visible, por lo cual se puede realizar el siguiente análisis. Si se toma un punto arbitrario del gráfico y estimamos valores aproximados (ver Figura 64):

$$\% \text{ energía} = \frac{\text{Aisladores}}{\text{Entrada}} = \frac{940.823}{953.780} = \text{aprox } 98.64\%$$

Se puede decir que los aisladores reciben un 98.64% de la energía de entrada en el sistema, por lo que el 1.36% restante estaría tomando la superestructura.

4.4.2.4.Desplazamiento de la estructura

Respecto al movimiento de la estructura, el piso 1 como se mencionó anteriormente, viene hacer la base de la superestructura donde ocurre el mayor desplazamiento, mientras que los pisos superiores tienden a tener desplazamientos mínimos como se muestra en la Figura 65.

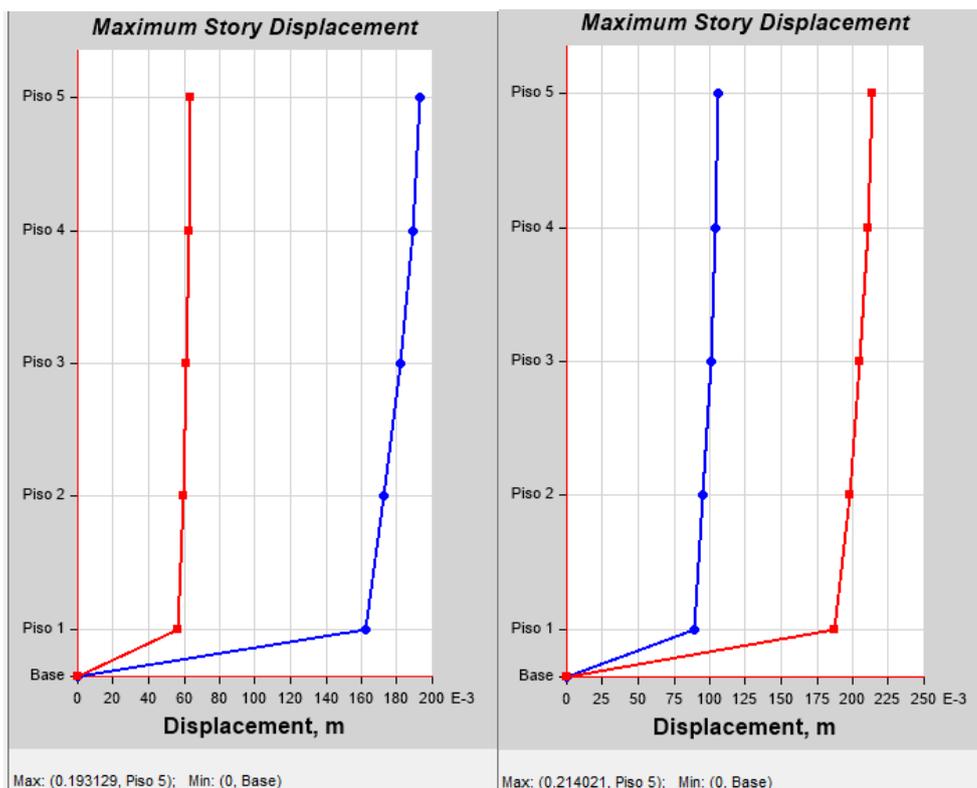


Figura 65: Diagrama de desplazamiento de la estructura, izquierda en dirección “X” y Derecha en dirección “Y” (fuente: Etabs, 2021)

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis general de que los aisladores elastoméricos optimiza el diseño estructural en hospitales, cumpliendo la NTP-E031 del reglamento nacional de edificaciones. Así mismo el autor Suarez, (2016) guarda relación con los resultados obtenidos, mencionando que los aisladores elastoméricos tienen un mejor comportamiento frente a un diseño convencional.

Por otro lado, Suarez, (2016) en su tesis “Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastomérico” menciona que se logra una disminución de la energía de entrada en la superestructura, basado en que las fuerzas cortantes son mínimas y que el periodo fundamental de la estructura aumenta por la incorporación de los dispositivos, además afirma que las dimensiones de la superestructura se reducen considerablemente porque las fuerzas sísmicas no serán recepcionadas por los elementos estructurales sino por los dispositivos de aislación dándole una cierta compensación en la parte económica.

De acuerdo con nuestra investigación, se comprobó en la Figura 63 del gráfico que un 98.64% de energía se instalan en los aisladores. También podemos observar para otros registros sísmico, como el de Chimbote (ver Figura 66).

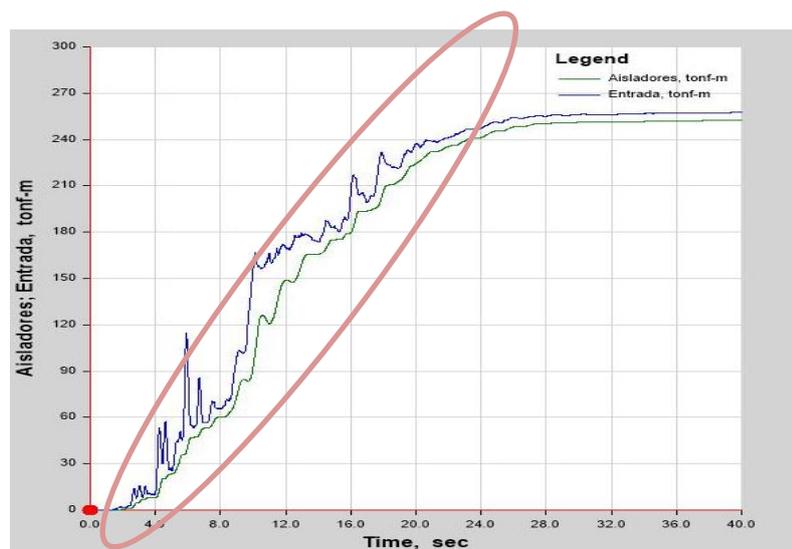


Figura 66: Diagrama de disipación de energía en el sistema, sismo: Ica (fuente: Etabs, 2021)

Por lo tanto, se puede concluir de la Figura 66, que los aisladores actúan de forma eficiente en la reducción de la energía de entrada.

Respecto a la fuerza cortante, se analizó en la estructura con base fija, es decir se realizó un análisis modal espectral cumpliendo la norma E-030 de lo cual los resultados de las fuerzas cortantes en cada nivel, se muestran en la Figura 67 y los datos numéricos en la Tabla 17:

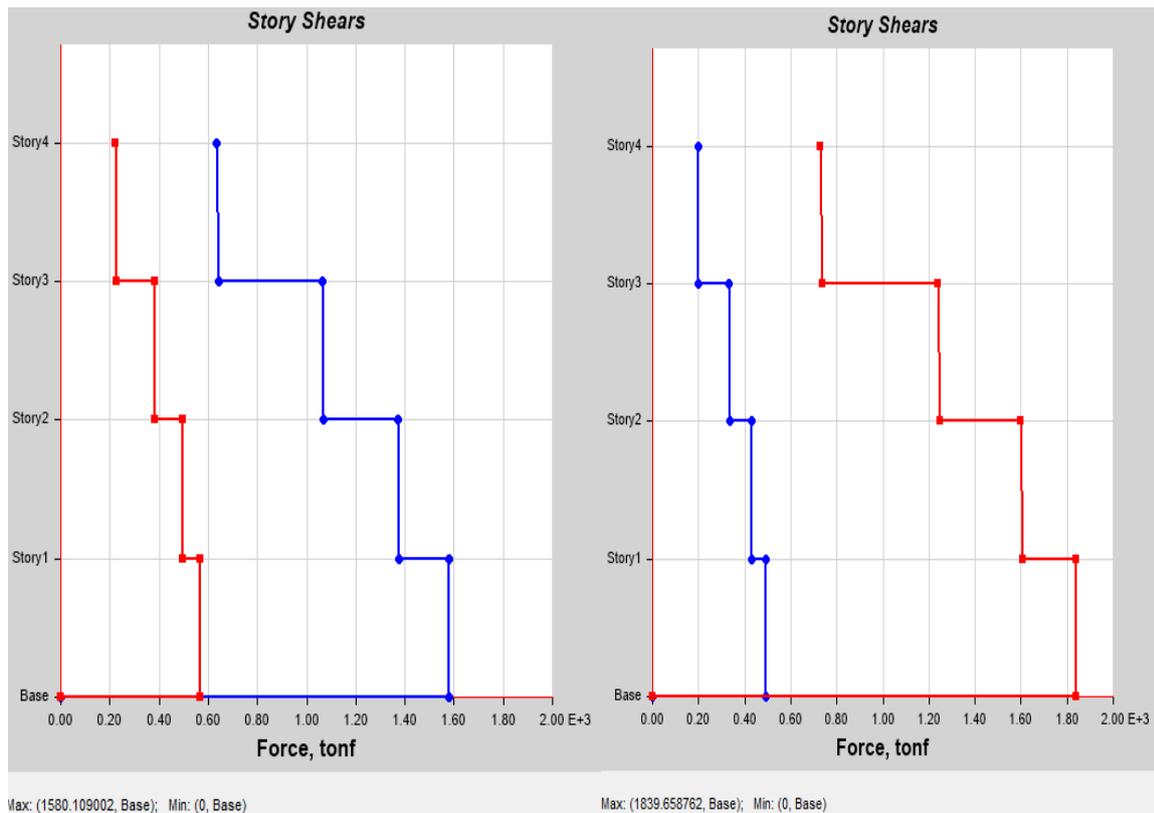


Figura 67: Diagrama de fuerzas cortantes, análisis modal espectral: (fuente: Etabs, 2021)

Tabla 17: Calculo de fuerzas cortantes, análisis modal espectral

Pisos	X	Y
	Tonf	Tonf
4	643.4444	738.9869
3	1070.3661	1245.8663
2	1375.325	1606.3586
1	1580.109	1839.6588

Fuente: Elaboración propia (2021)

Así mismo se realizó el cálculo de las fuerzas cortantes con el análisis tiempo-historia obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18: Calculo de fuerzas cortantes, análisis tiempo-historia

Pisos	Chimbote (tonf)		Ica (tonf)		Lima 66 (tonf)	
	X	Y	X	Y	X	Y
4	109.6344	139.8465	198.8986	176.6886	224.2103	145.7249
3	207.2189	236.3646	380.8338	326.0324	424.594	258.746
2	299.8229	310.2562	553.2547	455.6175	603.9813	326.7983
1	394.3819	387.3596	746.4276	574.9697	785.0479	406.9798
Interfaz	456.5102	438.3156	933.121	754.3536	988.6278	470.9303
Base	0	0	0	0	0	0
Pisos	Lima 74 (tonf)		Moyobamba (tonf)		Cortantes Maximias (tonf)	
	X	Y	X	Y	X	Y
4	157.6637	129.0139	186.7639	153.3399	224.2103	176.6886
3	286.9843	219.5081	330.8761	282.159	424.594	326.0324
2	398.3811	270.5766	433.5378	380.8019	603.9813	455.6175
1	505.6191	338.7807	519.385	471.5477	785.0479	574.9697
Interfaz	601.8034	354.5831	560.719	629.6304	988.6278	754.3536
Base	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (2021)

En conclusión, si se muestra una reducción comparando el cuadro de cortantes máximas (tabla 18) y las fuerzas cortantes obtenidas del análisis modal espectral (tabla 17). Por lo tanto, nuestra investigación coincide con la conclusión de otros autores.

Según Villavicencio, (2015) en la tesis “Análisis sísmico estructural, comparativo para edificios con aisladores de base tipo elastomérico y friccionantes, para los diferentes tipos de suelo del Ecuador”, afirma que el diseño de cualquier tipo de aislador sea elastomérico o de fricción es un desarrollo iterativo en la cual se parte de un predimensionamiento del dispositivo, y sobre el análisis modal espectral manifiesta que los dos primeros modos de vibración deben ser traslacionales y el tercero rotacional.

En relación a esta tesis, se ha demostrado que el proceso de diseño si es iterativo asumiendo valores iniciales como el factor de amortiguamiento B_M que se muestra

en la Figura 28 y un periodo estimado T_M que debe ser mayor a 3 veces y menor a 5 segundos en base fija como menciona la norma NTP-031.

Respecto al análisis modal se ha evaluado que los dos primeros modos sean traslacionales. Obteniendo como resulta que el periodo en base aislada sea un aproximado de 3.3 veces del periodo en base fija y se observa que los dos primeros modos de traslación están casi al 100% de la participación de la masa como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19: Comparación de la participación de modos

Case	Mode	Base Fija				Base Aislada				Periodos aumentados
		Periodo	UX	UY	RZ	Period	UX	UY	RZ	
		sec				sec				
Modal	1	0.824	76%	0%	9%	2.634	0%	99%	1%	3.20
Modal	2	0.75	1%	83%	1%	2.493	100%	0%	0%	3.32
Modal	3	0.68	9%	2%	75%	2.317	0%	1%	99%	3.41
Modal	4	0.272	9%	0%	1%	0.496	0%	0%	0%	1.82
Modal	5	0.25	0%	10%	0%	0.454	0%	0%	0%	1.82
Modal	6	0.226	1%	0%	9%	0.412	0%	0%	0%	1.82
Modal	7	0.162	3%	0%	0%	0.242	0%	0%	0%	1.49
Modal	8	0.152	0%	3%	0%	0.221	0%	0%	0%	1.45
Modal	9	0.136	0%	0%	3%	0.201	0%	0%	0%	1.48
Modal	10	0.131	0%	0%	0%	0.158	0%	0%	0%	1.21
Modal	11	0.122	0%	0%	0%	0.148	0%	0%	0%	1.21
Modal	12	0.122	1%	0%	0%	0.14	0%	0%	0%	1.15

Fuente: Elaboracion propia (2021)

Por lo tanto, coincidimos con lo que menciona el autor Villavicencio (2015).

En la investigación de Meléndez & Gutiérrez, (2019) titulado “Diseño y proceso constructivo de instalación de los aisladores sísmicos elastomericos en la base, en la base en los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna” indican el diseño de tres tipos de aisladores con diferentes diámetros cumpliendo los factores de seguridad propuestas por el ASCE 7-10 y el FEMA.

En esta tesis también se ha desarrollado el diseño de dos tipos de aisladores elastomericos, LRB y NRB, por lo que es posible combinar aisladores para optimizar el diseño. En relación a la norma peruana E-031, viene hacer una

adaptación de la norma actualizada ASCE 7-16 como se mostró en la tabla 2, por lo tanto, el procedimiento de cálculo es similar al desarrollo de este trabajo de investigación.

Según Maza, (2016) cuya investigación titulada “Análisis comparativo del comportamiento estructural de edificaciones con cimentaciones convencionales y edificaciones con aislamiento elastoméricos en la cimentación, en el distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2012” menciona que la mayor deformación ocurre en el dispositivo de aislación y la deformación en los niveles superiores es mínimo por lo que se entiende que la estructura se comporta como un cuerpo rígido.

Con respecto a esta tesis, en la tabla 16 se observa las derivas de los niveles superiores por debajo de 0.005, como establece la NTP-031, y desplazamientos de hasta 35cm en el dispositivo, así mismo se puede analizar la figura 65 de desplazamientos que describe una verticalidad en los 4 pisos superiores. por lo tanto, nuestro resultado se puede interpretar como menciona Maza (2016).

VI. CONCLUSIONES

1. En la presente tesis se realizó el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, según la Norma Técnica Peruana E031 del reglamento nacional de edificaciones, en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho, por lo que se desarrolló las ecuaciones del diseño de los aisladores de manera explícita verificando lo estipulado en la NTP-031 y culminando en el análisis tiempo historia usando 5 pares de registros.
2. En el desarrollo de la investigación se analizó como el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico influye de forma directa en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho, interpretando los gráficos como la energía de disipación que ofrecen los dispositivos de aislación.
3. En la tesis se explicó qué exigencias presenta la NTP-E031 para su aplicación en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector “B”-Ayacucho, las derivas máximas, los ajustes de espectro de diseño, la fuerza de restitución y los criterios para la revisión de diseño
4. En esta tesis también se presentó el diseño estructural con dos tipos de aislador elastomérico para comprobar el desempeño estructural en el sector B del hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena –Ayacucho.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio de suelos antes del uso de estos dispositivos de protección sísmica porque se puede obtener un aumento de la aceleración sísmica en suelos blandos.
2. En el pre dimensionamiento de aisladores se recomienda estimar el periodo aislado un poco más de tres veces de base fija para converger de manera más rápida en la iteración.
3. Se recomienda realizar el balance torsional antes de comenzar con el análisis tiempo historia para optimizar la estructura y reducir costos en combinación con otros dispositivos.
4. Se recomienda que los resultados obtenidos en el análisis tiempo historia se encuentren en un rango del 20% del cálculo estático.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Aguiar Falconí, R., Almazan Campillay, J. L., Dechent, P., & Suarez Chacon, V. (2008). *Aisladores de base Elastomericos y FPS*. Quito: Escuela Politecnica del Ejercito.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2010). *Guide Specifications for Seismic Isolation Design*. Washington: AASHTO.
- ARUP. (October de 2013). *REDi™ Rating System*. Obtenido de <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/redi-rating-system>
- Auqui Parra, M. V. (2010). *Analisis de aisladores sismicos elastomericos construidos en el Ecuador*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Baena Urrea, J. F. (2016). Comparacion economica de la demanda de ductilidad de una estructura con aisladores sismicos elastomericos. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Escuela de Ingenieria de Antioquia, Antioquia.
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuracion y diseño de edificaciones de concreto armado*. Lima: Capitulo de Ingenieria Civil.
- Bratu, P., Stuparu, A., Popa, S., Iacob, N., & Voicu, O. (2017). *THE ASSESSMENT OF THE DYNAMIC RESPONSE TO SEISMIC EXCITATION FOR CONSTRUCTIONS EQUIPPED WITH BASE ISOLATION SYSTEMS ACCORDING TO THE NEWTON-VOIGT-KELVIN MODEL*. Cluj-Napoca: TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA.
- Bridgestone. (2017). Seismic Isolation Product Line-up. *Bridgestone*, 1-75.
- Bustamante Nuñez, A. (2019). Propuesta de aisladores sismicos para la disipacion de energia en el desempeño estructural por desplazamiento en edificaciones Unach Chota. (*Tesis de maestria*). Universidad César Vallejo, Chiclayo.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2011). Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía. *Proteccion Sismica de Estructuras*, 1-43.

- Chavez Aguirre, J. P. (2021). ANÁLISIS Y DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS CON AISLAMIENTO DE BASE. *Curso de Capacitacion Instituto CCIP*. Barcelona.
- Cheng, F., Jiang, H., & Lou, K. (2008). *Smart Structures. Innovative Systems for Seismic Response Control*. Florida: CRC Press.
- Constantinou, M. C., Kalpakidis, I., Filiatrault, A., & Ecker Lay, R. A. (2011). *LRFD-Based Analysis and Design Procedures for Bridge Bearings and Seismic Isolators*. New York.
- DETEK Internacional,S.A. de C.V. (15 de 02 de 2019). *AISLADORES SÍSMICOS*. Obtenido de <https://www.detek.com.mx/automotriz/construccion/aisladores-s%C3%ADsmicos>
- Dynamic Isolation Systems. (14 de Febrero de 2019). *Base isolators*. Obtenido de <http://www.dis-inc.com/products.html>
- Espinoza, V. T. (2018). Análisis Sísmico de Edificios con Aisladores Sísmicos Elastoméricos y Deslizables Triple Péndulo de Fricción. *Comunidad para la Ingeniería Civil*, 1-52.
- Estructurando. (14 de Octubre de 2014). *Aisladores y disipadores sísmicos*. Obtenido de <https://estructurando.net/2014/10/14/aisladores-y-disipadores-sismicos/>
- Freyssinet. (2018). ISOSLAB construction in seismic zones. *Freyssinet*, 1-8.
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *Introduccion al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas: CAF-Banco de desarrollo de América Latina.
- Gomez Taype, A. W. (2015). *Desempeño sísmico de edificaciones con disipadores de energía tipo aisladores de base elastomérico aplicado al pabellon de la escuela de agronomia*. huamanga : Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Grupo Vikingo. (24 de Mayo de 2016). *Aisladores Sísmicos*. Obtenido de <https://cauchosvikingo.com/aisladores-sismicos/>

- Guaygua Quillupangui, B. A. (2015). *Análisis experimental y analítico de aisladores elastoméricos*. Ecuador : Universidad Central de Ecuador .
- Hérmadez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc GRAW-HILL.
- Herrera Mena , M. T. (2018). *Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Huamani Camargo, H. (2020). *Diseño práctico de edificios con aislamiento sísmico. Curso de capacitación Diescon Ingenieros* . Lima.
- Kelly, J., & Naeim, F. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures from theory to practice*. Los Angeles: Jhon Wiley & Sons,INC.
- Kircher, C. (2012). *Seismically Isolated Structures*. FEMA P-751.
- Korswagen, P. A., Arias Ricse, E. J., & Huaranga Huamaní, P. G. (2012). *Análisis y Diseño de Estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Leyton Bradley , M. (2017). *Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima Peru* . Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru.
- Martínez Colán, A. I., & Melgar Cueva , C. J. (2017). *Análisis, comportamiento y diseño de edificaciones con aisladores de péndulo friccional*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Maza Rubina, D. N. (2016). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de edificaciones con cimentaciones convencionales y edificaciones con aislamiento elastoméricos en la cimentación, en el distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2012*. Huaraz: Universidad Nacional "Santiago Atunéz de Mayolo".
- Medina Mamani, G. M., & Choque Ccallomamani, J. T. (2017). *Análisis, comportamiento y diseño en concreto armado de un edificio de 6 niveles con*

un sotano con aisladores elastomericos con nucleo de plomo. Lima: Universidad Nacional de San Agustín .

Meléndez Machaca, E., & Gutiérrez Cáceres, M. Á. (2019). Diseño y proceso constructivo de instalacion de los aisladores sismicos elastomericos en la base, en los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Privada de Tacna, Tacna.

Meza Palacios, Z. M. (2015). *ANALISIS Y DISEÑO DE UN HOSPITAL CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN EL PERÚ.* Piura: Universidad Nacional de Piura.

Ministerio de Salud. (2007). *Sala Situacional de salud.* Lima: Ministerio de salud.

Mohammad Hamayoun, S., Said, E., & Rajesh, R. (2009). Seismic Response Mitigation of Base-Isolated Buildings. *Aplied sciences*, 1-17.

Morales Morales, R. (2006). *Diseño en concreto armado.* Lima: ICG.

Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodologia de la Investigacion.* Bogotá: Ediciones de la U.

Quaketek. (21 de setiembre de 2017). *Aisladores y Disipadores Sísmicos. ¿Como decidir?* Obtenido de <https://www.quaketek.com/es/aisladores-vs-disipadores-sismicos-como-decidir/>

Ramos Choquehuanca, A. D. (2018). *Analisis y diseño de una clinica haciendo uso de aisladores sismicos en su base.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Ramos Pincay, C. A. (2019). *Análisis sísmico comparativo de un edificacion de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmicos elastoméricos.* Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). *Norma Tecnica Peruana E-031.* Lima: DECRETO SUPREMO N° 030-2019-VIVIENDA.

Ridell C., R., & Hidalgo O., P. (2010). *Diseño Estructural.* Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.

- Robinson. (tuesday de october de 2019). *Robinson Seismic Ltd*. Obtenido de <https://www.robinsonseismic.com/product/>
- Ruiz Castro, P. W. (2017). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS CON AISLADORES*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé Ramos, Á. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- SEISMOSOFT. (2018). *SEISMOAPPS*. Obtenido de <https://seismosoft.com/wp-content/uploads/prods/lib/SEISMOAPPS-12page-LEAFLET-ENG.pdf>
- Structural Engineers Institute. (2017). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Suárez Rodríguez, D. A., Morales Garmendia, G. A., & García Rivera, R. V. (2016). Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastoméricos. (*tesis de licenciatura*). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua.
- Taboada García, J. A., & de Izcue Uceda, A. M. (2009). Análisis y diseño de edificios asistido por computadoras. (*Tesis de licenciatura*). Universidad catolica del Perú, Lima.
- Taboada, D. (2017). Soluciones Modernas de Proteccion Sismica. *CDV Ingenieria Antisismica*, 1-177.
- Tavera , H. (2014). *Evaluacion del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en peru*. Lima : Instituto geofisico del Perú.
- Tomás Celigueta, J. (1998). *Curso de Análisis Estructural*. San Sebastián: EUNSA.
- U.S Resiliency Council. (2015). *IMPLEMENTATION MANUAL USRC BUILDING RATING SYSTEM FOR EARTHQUAKE HAZARDS*. USRC.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: San Marcos.

- Villarreal Castro, G. (2009). *Analisis Estructural*. Lima: Asamblea Nacional de Rectores.
- Villavicencio Cedeño, E. G. (2015). Analisis sismico estructural comparativo para edificios con aisladores de base tipo elastoméricos y friccionantes, para los diferentes tipos de suelos del ecuador. (*Tesis de maestria*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Wikipedia, c. d. (23 de enero de 2020). *Computadoras y estructuras*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Computers_and_Structures_\(company\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Computers_and_Structures_(company))
- Zayas, V. (22 de Octubre de 2017). Aisladores sísmicos . (I. Tapia , Entrevistador)
- Zayas, V., Low, S., & Mokha, A. (2020). *Earthquake Protection System*. Obtenido de Friction Pendulum Seismic Isolation: <https://www.earthquakeprotection.com/>
- Zayas, V., Mahin, S., & Constantinou, M. (2017). *Seismic Isolation Standard For Continued Functionality*. Berkeley: The University of California Berkeley.

ANEXOS

Propiedades y parámetros de los aisladores LRB:

Lead Rubber Bearing (LRB)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan
MVBR-0517
Acquired in December 2014

Product Dimension

Characteristics		Sectional View	
Physical Dimensions	Outer diameter	: D_o (mm)	
	Lead plug diameter	: D_p (mm)	
	Number of inner diameter	: A_i ($\times 10^2$ mm ²)	
	Effective plane area	: t (mm)	
	Thickness of one rubber layer	: n	
	Number of rubber layers	: $H = n \cdot t$ (mm)	
	First shape factor $S_1 = (D_o) / (4 \cdot t)$		
	Second shape factor $S_2 = D_o / (n \cdot t)$		
	Diameter of flange	: D_f (mm)	
	Thickness of flange: edge/center	: t_e / t_c (mm)	
	Connecting bolt PCD	: PCD (mm)	
	Diameter of connecting bolt hole \times qty	: d_b (mm) \times qty	
	Bolt size [assumption]	: M ($d_b - 3$)	
	Thickness of each reinforced steel plate	: t_s (mm)	
	Total height	: H_t (mm)	
Total weight: 1 (kN) = 1/9.80665 (tonf)			

Rubber Material

Notation of rubber kind [standard temperature 20°C standard strain $\gamma = 100\%$]

Compound name	Rubber code	Shear modulus G_s (N/mm ²)
G4	GO.4	0.385

Composition of rubber materials (weight ratio %)

Rubber code	Natural rubber Synthetic rubber	Filler; Reinforcement agent	Vulcanization agent and others
Inner rubber (GO.4)	60 and above	10 and above	25 and below
Cover rubber	40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm ²)	Young's modulus E (N/mm ²)	Bulk modulus E _v (N/mm ²)	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	—	—	—
Inner rubber	17 and above	600 and above	37 \pm 5	0.8 \pm 0.2	2.20	1176	0.85
Cover rubber	12 and above	600 and above	—	—	—	—	—

Steel Material

Steel material for each part

Part	Material
Reinforced steel plate	SS400 (JIS G 3101)
Flange ^{*1*}	SS400 (JIS G 3101)
Connecting plate ^{*1}	SS400 (JIS G 3101)
Lead plug	Pb (JIS H 2105 special)

*1: Optionally SM490A (JIS G 3106).

*2: Optionally special thickness other than standard thickness.

Anti-rust treatment of flange

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 (SIS Sa 2 1/2)
Primer	Zinc-rich paint: 75 μ m \times 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint: 60 μ m \times 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint: 35 μ m \times 1 coat
Total film thickness	170 μ m and above

*1: Standard color is gray.

*2: Other kinds of anti-rust treatment are also available. Please contact us for more details.

Precautions

- Due to the lead plug embedded in the center of the laminated rubber body, special treatment is required in case the laminated rubber bearing is to be treated as industrial waste, depending on country. Please confirm with the country's regulation.
- For mid-storey isolation, fire resistant cover is necessary. Please check with fire resistant cover manufacturer who are listed in the JSSI manufacturer list for more details. (http://www.jssi.or.jp/business/kigyuu_detail/to-si-base.htm)

Propiedades y parámetros de los aisladores LRB:

Shear Properties

Equivalent shear stiffness K_{eq} , equivalent damping ratio H_{eq} , initial stiffness K_1 , post-yield stiffness K_2 , characteristic strength Q_d

Shear properties of LRB is dependent on shear strain amplitude. The shear strain dependency of each property is expressed by the following equations.

Post-yield stiffness : $K_2 = K_1 = C_{kd} \cdot [K_1 + K_2]$
 Shear stiffness of laminated rubber : $K_1 = G_r \cdot A_r / H$
 Additional shear stiffness by lead plug : $K_2 = \alpha_p \cdot A_p / H$

Where, C_{kd} : post-yield stiffness correction factor due to strain dependency
 G_r : shear modulus of rubber 0.385N/mm²
 γ : shear strain
 α_p : apparent shear modulus of lead 0.583N/mm²

$$C_{kd} = \begin{cases} 0.779 \gamma^{-0.43} & [\gamma < 0.25] \\ \gamma^{-0.25} & [0.25 \leq \gamma < 1.0] \\ \gamma^{-0.12} & [1.0 \leq \gamma < 2.5] \end{cases}$$

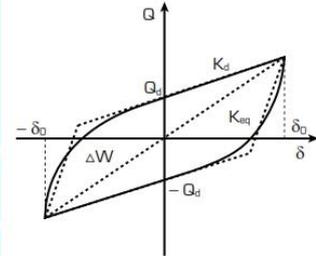
Characteristics strength : $Q_d = C_{sd} \cdot \sigma_{pb} \cdot A_p$
 Where, C_{sd} : characteristic strength correction factor due to strain dependency
 σ_{pb} : Shear stress at yield of lead 7.967N/mm²

$$C_{sd} = \begin{cases} 2.036 \gamma^{0.41} & [\gamma \leq 0.1] \\ 1.106 \gamma^{0.145} & [0.1 < \gamma < 0.5] \\ 1 & [0.5 \leq \gamma] \end{cases}$$

Initial stiffness : $K_1 = \beta \cdot K_2$
 Where, β : Ratio of initial stiffness to post-yield stiffness which is between 10~15. (recommended value: 13)

Equivalent shear stiffness K_{eq} Equivalent damping ratio H_{eq}

$$K_{eq} = \frac{Q_d}{\gamma \cdot H} + K_1$$

$$H_{eq} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_d \left(\gamma \cdot H - \frac{Q_d}{(\beta - 1)K_1} \right)}{K_{eq} \cdot (\gamma \cdot H)^2}$$


Temperature dependency

Each shear properties shall be corrected to the value at standard temperature of 20°C by the following equations (Applicable range: $-20 \leq T \leq 40^\circ\text{C}$) (T: Temperature during inspection)

Temperature correction equation : $K_1 (T^\circ\text{C}) = K_1 (\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times (1.052 - 2.955 \times 10^{-3} \cdot T + 1.895 \times 10^{-5} \cdot T^2)$
 $Q_d (T^\circ\text{C}) = Q_d (\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times (1.192 - 1.017 \times 10^{-2} \cdot T + 2.722 \times 10^{-5} \cdot T^2)$

Standard value of temperature dependency Standard temperature (20°C)^{*1}

Properties values	-10°C	0°C	30°C	40°C
Post-yield stiffness K_2	+10%	+6%	-3%	-5%
Characteristic strength Q_d	+36%	+23%	-11%	-21%

*1 : The standard value takes into account the variation of 20°C to the value obtained by the temperature correction equation.

Performance variation

The rate of change of main causes (manufacturing variation, aging, temperature change) which affect shear properties as shown below.

Rubber materials	GO.4		
Properties	Post-yield stiffness K_2	Characteristic strength Q_d	
Manufacturing variation ^{*2}	Within ±10%	Within ±10%	
Aging ^{*3}	Within +10%	-	
Ambient temperature variation 20°C ± 20°C	(+) side	Within +6%	Within +23%
	(-) side	Within -5%	Within -21%
Total	(+) side	Within +26%	Within +33%
	(-) side	Within -15%	Within -31%

*2 : The variation of each product (standard value) shall be within ±20% and variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within ±10%.
 If total units per project are less than 8 units, variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within ±15%.
 *3 : Predicted rate of change after 60 years at 20°C standard temperature. (20% variation is considered in the rate of change)
 *4 : Above list shows the combination example.

Compressive Properties

Compressive stiffness K_v

Compressive stiffness K_v is determined by the following equation.

$$K_v = \alpha_c \cdot E_c \cdot \frac{A}{H} \quad E_c = \frac{E(1+2\kappa S_2^2)}{1+E(1+2\kappa S_2^2)/E_c}$$

A : Laminated rubber plane area A_r : Effective plane area A_p : Lead plug plane area
 $A = A_r + A_p$
 α_c : Young's modulus correction factor = 1.23

Ultimate compressive stress (refer the figure on the right)

Critical stress σ_{cr} at zero shear strain is determined by the following equation.

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \cdot 1.26 \cdot \alpha_c \cdot (G_{cr} \cdot E_b)^{0.5} \cdot S_2$$

However, $E_b = E(1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_2^2) / (1 + E(1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_2^2) / E_c)$

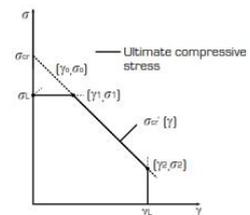
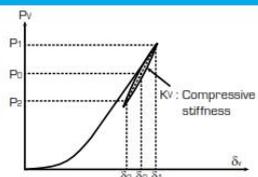
α_c : Correction factor based on S_2 determined from our test data
 If $S_2 \geq 5$: $\alpha_c = 1$, if $S_2 < 5$: $\alpha_c = 0.25 \cdot (S_2 - 5) + 1$

Ultimate compressive stress at any shear strain $\sigma_{cr}(\gamma)$ is determined by σ_{cr} by the following equation.

$$\sigma_{cr}(\gamma) = \sigma_{cr} \cdot (1 - 0.9 \frac{\gamma}{S_2})$$

The ultimate compressive stress shall not exceed the upper limit σ_L determined as below and the strain region corresponding to the ultimate strain γ_L at 0 compressive stress.

$$\sigma_L = 60 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \gamma_L = \min \{400\%, S_2 \times 100\%\}$$



Propiedades y parámetros de los aisladores NRB:

Natural Rubber Bearing (NRB)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

MVBR-0295 (N3, G3, G5)

MVBR-0509/MVBR-0518 (G4)

Acquired in January 2006

Acquired in December 2014

Product Dimension

Characteristics		Sectional View	
Physical Dimensions	Outer diameter	: D_o (mm)	
	Inner diameter	: D_i (mm)	
	Number of inner diameter	: n	
	Effective plane area	: A [$\times 10^2$ mm ²]	
	Thickness of one rubber layer	: t_r (mm)	
	Number of rubber layers	: n	
	Total rubber thickness	: $H = n \times t_r$ (mm)	
	First shape factor $S_1 = (D_o^2 - n \cdot D_i^2) / (4 \cdot t_r \cdot (D_o + n \cdot D_i))$		
	Second shape factor $S_2 = D_o / (n \cdot t_r)$		
	Diameter of flange	: D_i (mm)	
	Thickness of flange: edge/center	: t_s/t_r (mm)	
	Connecting bolt P.C.D	: P.C.D (mm)	
	Diameter of connecting bolt hole \times qty	: d_b (mm) \times qty	
	Bolt size (assumption)	: M ($d_b - 3$)	
	Thickness of each reinforced steel plate	: t_s (mm)	
	Total height	: H_t (mm)	
	Total weight 1 (kN) = 1/9.80665 (tonf)		

Rubber Material

Notation of rubber kind (standard temperature 20°C standard strain $\gamma = 100\%$)

Compound name	Rubber code	Shear modulus G_{90} (N/mm ²)
N3	G0.30	0.294
G3	G0.35	0.343
G4	G0.40	0.392
G5	G0.45	0.441

Composition of rubber materials (weight ratio %)

Rubber code	Natural rubber Synthetic rubber	Filler, Reinforcement agent	Vulcanization agent and others
Inner rubber	G0.30	55 and above	15 and above
	G0.35	60 and above	10 and above
	G0.40	60 and above	10 and above
	G0.45	65 and above	10 and above
Cover rubber	40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm ²)	Young's modulus E (N/mm ²)	Bulk modulus E_v (N/mm ²)	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	-	-	-
Inner rubber	G0.30	14 and above	600 and above	33 \pm 4	0.6 \pm 0.2	1.64	1200
	G0.35	16 and above	600 and above	33 \pm 4	0.7 \pm 0.2	1.92	1200
	G0.40	17 and above	600 and above	37 \pm 5	0.8 \pm 0.2	2.20	1200
	G0.45	17 and above	600 and above	40 \pm 5	0.9 \pm 0.2	2.47	1300
Cover rubber	12 and above	600 and above	-	-	-	-	-

Steel Material

Steel material for each part

Part	Material
Reinforced steel plate	SS400 (JIS G 3101)
Flange ^{*1*}	SS400 (JIS G 3101)
Connecting plate ^{*1}	SS400 (JIS G 3101)

*1: Optionally SM490A (JIS G 3106)

*2: Optionally special thickness other than standard thickness.

Anti-rust treatment of flange

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 (SIS Sa 2 1/2)
Primer	Zinc-rich paint 75 μ m \times 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint 60 μ m \times 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint 35 μ m \times 1 coat
Total film thickness	170 μ m and above

*1: Standard color is gray.

*2: Other kinds of anti-rust treatment are also available. Please contact us for more details.

Precautions

For mid-storey isolation, fire resistant cover is necessary. Please contact fire resistant cover manufacturer who are listed in the JSSI manufacturer list for more details. (http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyuu_detail/to-si-base.htm)

There are two certification numbers for G0.40 due to difference of some manufacturing process. Although their properties values are the same, please fill the certification number as shown in the table on the right in the design documents.

Rubber size \varnothing 1000 and below	Rubber size \varnothing 1100 and above
Both MVBR-0509/MVBR-0518	MVBR-0509 only

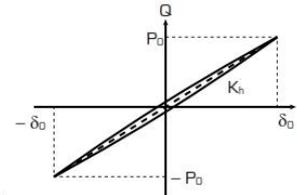
Propiedades y parámetros de los aisladores NRB:

Shear Properties

Shear stiffness K_h

NRB shows linear restoring force characteristics in horizontal direction. Shear stiffness K_h is expressed by the following equation.

$$K_h = \frac{G_{eq} \cdot A}{H}$$



δ_0 : Displacement equivalent to 100% strain
 P_0 : Maximum load
 K_h : Shear stiffness (secant stiffness)
 G_{eq} : Shear modulus

Temperature dependency

Shear stiffness shall be corrected to the value at standard temperature of 20°C by the following equation. (Applicable: $-10 \leq T \leq 40^\circ\text{C}$) (T: Temperature during inspection)

- Temperature correction equation :

$$K_h (T^\circ\text{C}) = K_h (\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times (1.052 - 2.955 \times 10^{-3} \cdot T + 1.895 \times 10^{-5} \cdot T^2)$$

[Applied to all rubber codes]

- Standard value of temperature dependency Standard temperature (20°C)¹

Properties values	-10°C	0°C	30°C	40°C
Shear stiffness K_h	+8%	+6%	-3%	-5%

*1 : The standard value takes into account the variation of 20% to the value obtained by the temperature correction equation.

Performance variation

The rate of change of main causes (manufacturing variation, aging, temperature change) which affect shear properties as shown below.

Rubber materials	Common	
Properties	Shear stiffness K_h	
Manufacturing variation ²	Within $\pm 10\%$	
Aging ³	Within +10%	
Ambient temperature variation $20^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$	(+) side	Within +6%
	(-) side	Within -5%
Total	(+) side	Within +26%
	(-) side	Within -15%

*2 : The variation of each product (standard value) shall be within $\pm 20\%$ and variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within $\pm 10\%$. However, if the total units of products is less than 8 units per project, the variation (total of standard values) shall be within $\pm 15\%$.

[Note: For compressive stiffness K_v , variation of each product (standard value) shall be within $\pm 20\%$.]

*3 : Predicted rate of change after 60 years at 20°C standard temperature. [20% variation is considered in the rate of change]

Compressive Properties

Compressive stiffness K_v

- Compressive stiffness K_v is determined by the following equation.

$$K_v = E_c \cdot \frac{A}{H} \quad E_c = \frac{E(1+2\kappa S_1^2)}{1+E(1+2\kappa S_1^2)/E_s}$$

Ultimate compressive stress (refer the figure on the right)

- Critical stress σ_{cr} at zero shear strain is determined by the following equation.

$$\sigma_{cr} = \pi/4 \cdot \alpha_c \cdot (G_{eq} \cdot E_c)^{0.5} \cdot S_2$$

However, $E_b = E(1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2) / \{1 + E(1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2) / E_s\}$

α_c : Correction factor based on S_2 determined from our test data

If $S_2 \geq 5$: $\alpha_c = 1.0$, if $S_2 < 5$: $\alpha_c = 0.10 \cdot (S_2 - 5) + 1$

- Ultimate compressive stress at any shear strain $\sigma_{cr}'(\gamma)$ is determined by σ_{cr} by the following equation.

$$\sigma_{cr}'(\gamma) = \sigma_{cr} \cdot (1 - \beta_c \cdot \gamma / S_2)$$

β_c : Correction factor based on S_2 determined from our test data

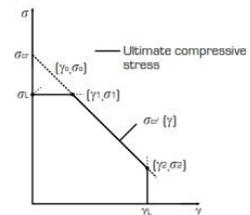
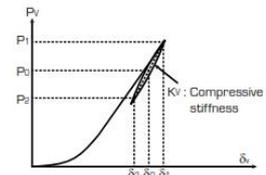
If $S_2 \geq 5$: $\beta_c = 0.76$, if $S_2 < 5$: $\beta_c = 0.76 / \{0.15 \cdot (S_2 - 5) + 1\}$

- The ultimate compressive stress shall not exceed the upper limit σ_L determined as below and the strain region corresponding to the ultimate strain γ_L at 0 compressive stress.

Rubber materials G0.30, G0.35 : $\sigma_L = 40$ (N/mm²)

Rubber materials G0.40, G0.45 : $\sigma_L = 60$ (N/mm²)

$\gamma_L = \min(400\%, S_2 \times 100\%)$



Solicitud para el acceso de información



la lucha contra la corrupción e impunidad"

SOLICITO: Expediente Técnico
del hospital regional "MIGUEL
ANGEL MARISCAL LLERENA DE
AYACUCHO"

Señor: C.P.C. Carlos Rúa Carbajal

Yo: Flores Roca Yordan Raúl identificado con DNI N°48622730, bachiller de la facultad de ingeniería y arquitectura de la escuela de ingeniería civil, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que deseando realizar la ejecución del proyecto de tesis, como parte de mi formación académica para el grado de titulación, se me es indispensable obtener el Expediente Técnico del hospital regional "MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO" para la ejecución del proyecto planteado por mi persona, es por esta razón que recurro a su digno despacho para solicitar su autorización.

Sin nada más de expresar me despido esperando confiar con la aceptación de mi solicitud por ser de suma necesidad.

Atentamente.

[Firma]
FLORES ROCA YORDAN RAUL
DNI: 48622730

Ayacucho 13 de Noviembre del 2019

Adjunto: 3 DVD

Autorización para el estudio del expediente técnico



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO

“Año de la Universalización de la Salud”

GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO
SECRETARIA GENERAL
ÁREA TRAMITE DOCUMENTARIO

OFICIO N° 1011-2019- GRI- GRA-SEDE-CENTRAL

A : SECRETARIA GENERAL
DE : ING. WILGHEM ORÉ CHIPANA
Gerencia de Infraestructura
ATENCIÓN : SOLICITUD DE INFORMACION
ASUNTO : EXPEDIENTE TECNICO DEL HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA
REFERENCIA : OFICIO N°913-2019- OREJ -GRA
FECHA : Ayacucho, 27 de Noviembre del 2019

Fecha: 23.11.2019

Hora: 9:00 Folios: 03 Firma: e

RECIBIDO

.....
Por intermedio del presente es grato saludarlo cordialmente y en atención a la referencia, remito la información en digital (03 CD) del expediente técnico del **HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ÁNGEL MARISCAL LLERENA** a petición del interesado(a) **FLORES ROCA YORDAN RAÚL** identificado con el número de DNI: **48622730**, para los fines de estudios académicos que estime conveniente, con los siguientes contenidos:

CONTENIDO:

1. RESUMEN EJECUTIVO
2. ARQUITECTURA
3. SUELOS TOPOGRAFIA
4. ESTRUCTURAS
5. INSTALACIONES ELECTRICAS
6. INSTALACIONES SANITARIAS
7. COMUNICACIONES
8. INSTALACIONES MECANICAS
9. EQUIPAMIENTO
10. SEGURIDAD
11. PLANOS
12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
13. OTROS

GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
Ing. WILGHEM ORÉ CHIPANA
GERENTE

Estudio Certificado de Mecánica de Suelos

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>1</u> de <u>24</u>

INFORME FINAL

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN A NIVEL DEFINITIVO

PROYECTO : EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO
HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL
LLERENA DE AYACUCHO

LUGAR : DISTRITO DE SANTA ELENA -
PROVINCIA DE HUAMANGA Y DPTO. DE AYACUCHO

SOLICITA : CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

LIMA 27 DE SEPTIEMBRE 2013

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 2 de 24

CONTENIDO

1.0 GENERALIDADES

- 1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO
- 1.2. UBICACIÓN y DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
- 1.3. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

2.0 GEOLOGIA Y SISMICIDAD

- 2.1. GEOLOGIA
- 2.2. SISMICIDAD

3.0 TRABAJOS DE CAMPO

- 3.1. INVESTIGACION DE CAMPO
- 3.2. EXCAVACION POR MEDIO DE CALICATAS
- 3.3. PERFORACION DIAMANTINA
- 3.4. MUESTREO Y REGISTRO DE EXPLORACION

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

5.0 PERFIL DEL SUELO

- 5.1. CONFORMACION DEL SUBSUELO

6.0 ANALISIS DE CIMENTACION

- 6.1. PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACION
- 6.2. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE EN SUELO
- 6.3. CALCULO DE ASENTAMIENTOS
- 6.4. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL MACIZO ROCOSO

7.0 AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.0 BIBLIOGRAFÍA

10.0 ANEXOS

10.1 FIGURAS

- FIGURA N° 1 MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU
FIGURA N° 2 MAPA DE DISTRIBUCION DE INTENSIDADES SISMICAS
FIGURA N° 3 FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

10.2 REGISTROS DE EXPLORACION

10.3 REGISTROS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

10.4 FOTOGRAFIAS

10.5 PLANO


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>3</u> de <u>24</u>

INFORME FINAL
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA LA ELABORACION DEL
EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL
MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO

1.0 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

A solicitud del Consorcio Hospital Ayacucho, la consultora Corporación OLAM S.A.C. realiza el presente estudio de suelos a nivel de Estudio Definitivo para el proyecto “**Hospital Regional Miguel Angel Mariscal Llerena de Ayacucho**”.

Ha servido como base para el presente estudio de mecánica de suelo, la información del estudio de factibilidad. Se ha complementado y ampliado las investigaciones para el estudio de suelos a nivel definitivo, con 04 calicatas y 03 sondeos diamantinos hasta de 31m de profundidad, también se realizaron ensayos de laboratorios adicionales consistentes en: 02 Cortes Directos y 05 análisis químico, a fin de corroborar y caracterizar las condiciones geotécnicas superficiales como en profundidad respectivamente.

1.1 Objetivo del Estudio

El presente informe tiene por objeto efectuar el Estudio de Suelos con fines de cimentación para la elaboración del estudio de suelos a nivel de Estudio Definitivo para el proyecto “**Hospital Regional Miguel Angel Mariscal Llerena de Ayacucho**”.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Recopilación y análisis de estudios anteriores
- Recopilación de información geológica.
- Ubicación y ejecución de calicatas.
- Registro y Muestreo de calicatas.
- Toma de muestras alteradas e inalteradas
- Ensayo de Cono Peck
- Perforación con Diamantina
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Elaboración del perfil estratigráfico
- Análisis de la cimentación.
- Determinar la capacidad admisible de los suelos de cimentación.
- Determinar los asentamientos permisibles.
- Conclusiones y recomendaciones.


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 4 de 24

1.2 Ubicación y Descripción del Terreno

El área del terreno en estudio se encuentra situado en la av. 9 de Diciembre, distrito de Santa Elena, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. Ver Plano EGF-01 en anexo. El área del terreno es de 53,001.97 m², de geometría irregular y presenta una topografía llana, a la fecha solo presenta cerco perimetral y en toda su superficie existe escasa vegetación.

1.3 Características del proyecto

De acuerdo con la información proporcionada por el Consorcio Ayacucho, la infraestructura proyectada consiste en edificaciones (Pabellones) de uno a cinco pisos, algunos pabellones con sótano. En la parte estructural se proyecta un sistema estructural mixto del tipo aporticado con columnas y vigas de concreto armado, combinada con placas de concreto armado y muros de albañilería confinada, con losas aligeradas de concreto armado en los entrepisos.

2.0 GEOLOGIA Y SISMICIDAD

2.1 Geología

El área del terreno en estudio se encuentra en la ciudad de Ayacucho, provincia y departamento de Ayacucho. De acuerdo al Mapa Geológico del Cuadrángulo de Ayacucho (hoja 27-f, Boletín N° 61 del INGEMET), el área del terreno esta conformado superficialmente por una arenisca lutacea con presencia de carbonatos (conglomerado calcáreo), a mayor profundidad se encuentra una roca volcánica denominado tufo volcánico, cuya edad geológica pertenece al cenozoico – neógeno – plioceno.

Formación Huari (Np-hu)

Descrito por Wolfgang Morche y otros (1955) a los afloramientos ubicados en alrededores de Mollepata y la ciudad de Huamanga (cerro Acuchimay) y el centro histórico Huari (Atunpampa y Campanayoc), integrado por derrames de lavas oscuras que sobreyacen a las diatomitas, fueron emitidos de centros volcánicos monogénicos (cerros de tufos y escorias con efusión de lavas), los materiales volcánicos fueron depositados en la cuenca de ambiente lagunar.

Dentro de la evolución magmática existieron varios ciclos de erupciones iniciándose con explosiones freatomagmáticos depositando cenizas y lapilli, de buena estratificación, posición paralela o cruzada, como evidencia del ambiente lagunar se encuentran fases subacuáticos como hialoclásticos y lavas del tipo almohada.

En los centros volcánicos forman parte del "arco shoshonítico", los piroclásticos por su alto grado de compactación y cohesión son utilizados como material de construcción de los

4

JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>5</u> de <u>24</u>

edificios.

Las dataciones radiométricas realizadas indican edades entre 3.7 y 3.8 m. a. (Noble 1975, Mégard 1984), por los cuales fueron atribuidos al Plioceno superior, y es correlacionado en el Barroso inferior y la Formación Huachocolpa.

2.2 Sismicidad

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030), se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad Media (Zona 2), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades considerables como VI a VII en la escala Mercalli Modificada. (Ver Fig. 1 y 2).

Los parámetros sismo resistentes a emplear en el presente estudio, escogidos en base al predominio del suelo bajo la cimentación son:

Zona 1 Suelo: conformado por material de arena limosa, arena limosa con gravas de compacidad, arena mal gradado, limo arenoso, gravas limosas.

Zona 2 Roca: Roca ígnea volcánica fracturada.

Luego se recomienda adoptar en los Diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros:

TIPO DE SUELO	Z	S	T _p (S)
Zona 1: Arenas limosas, limos arenosos, gravas limosas con arenas, etc.	0.3	1.40	0.9
Zona 2: Rocas Ígnea Volcánica	0.3	1.00	0.40

3.0 TRABAJOS DE CAMPO

3.1 Investigación de Campo

Los trabajos de campo ha consistido en realizar 04 calicatas (C-65 a C-68) y 03 sondeos diamantinos (001, 002 y 003) hasta de 31m de profundidad, este último ejecutado por el Consorcio S y C.

3.2 Excavación por medio de calicatas

Entre las excavaciones realizadas para el estudio de suelos a nivel de factibilidad y definitivo suman en total 68 calicatas, las que presentan una correlación consecutiva denominadas C-1 hasta la C-68. La ubicación en planta con la totalidad de investigaciones se presenta en el plano EGF-01 y los respectivos registros de la estratigrafía en el ANEXO 10.3.



JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>6</u> de <u>24</u>

Cuadro N° 01

INVESTIGACIONES	CALICATAS	PROF.	COTA
		(m)	RELATIVA (m)
Factibilidad	C-1	3.00	+100.26
	C-2	2.70	+98.94
	C-3	1.80	+97.24
	C-4	2.80	+99.78
	C-5	3.00	+98.60
	C-6	1.90	+96.45
	C-7	3.00	+99.10
	C-8	3.00	+97.75
	C-9	2.50	+95.84
	C-10	2.70	+98.31
	C-11	2.80	+97.17
	C-12	1.60	+96.72
	C-13	0.80	+97.09
	C-14	0.90	+95.85
	C-15	2.20	+95.09
	C-16	1.40	+96.00
	C-17	0.90	+95.98
	C-18	0.90	+96.69
	C-19	0.70	+95.01
	C-20	2.50	+100.97
	C-21	3.00	+99.25
	C-22	1.50	+98.75
	C-23	1.80	+98.70
	C-24	1.80	+97.20
	C-25	2.00	+98.30
	C-26	2.80	+99.60
	C-27	3.00	+100.20
	C-28	3.50	+99.30
	C-29	2.50	+98.10
	C-30	1.70	+95.90
	C-31	2.30	+98.00


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>7</u> de <u>24</u>

	C-32	3.50	+99.50
	C-33	3.00	+99.20
	C-34	3.00	+99.15
	C-35	2.50	+98.70
	C-36	2.50	+98.70
	C-37	3.00	+98.35
	C-38	2.50	+97.50
	C-39	0.90	+94.50
	C-40	2.50	+96.80
	C-41	2.50	+98.50
	C-42	2.20	+99.10
	C-43	2.00	+98.55
	C-44	3.20	+98.10
	C-45	2.50	+97.80
	C-46	2.20	+97.50
	C-47	2.20	+97.10
	C-48	1.70	+96.75
	C-49	1.30	+96.30
	C-50	1.00	+95.90
	C-51	2.70	+95.00
	C-52	2.00	+97.36
	C-53	2.50	+97.75
	C-54	2.20	+98.30
	C-55	2.00	+98.25
	C-56	2.80	+98.35
	C-57	2.40	+97.00
	C-58	1.70	+96.60
	C-59	2.20	+97.00
	C-60	1.70	+97.40
	C-61	1.70	+97.25
	C-62	2.50	+98.00
	C-63	1.90	+98.10
	C-64	3.20	+95.70
Definitivo	C-65	1.20	+95.65
	C-66	1.00	+95.00


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 8 de 24

	C-67	2.50	+99.00
	C-68	1.50	+97.60

Nota: Se asumió como nivel de referencia la cota relativa de +100.00 m que corresponde a la cota de tapa del buzón de la calle Brasil (Lado sur del terreno)

3.3 PERFORACION CON DIAMANTINA

3.3.1 INTRODUCCION

Dentro de los Estudios Geotécnicos a realizarse para el proyecto definitivo Hospital Regional Miguel Angel Mariscal Llerena de Ayacucho, ubicado en el distrito Ayacucho, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho se ha considerado la ejecución de tres (03) sondajes diamantinos que fueron realizados por la empresa Consorcio SyC. Los trabajos de campo se llevaron acabo el día 11 de Septiembre del 2013 y culminaron el día 19 de Septiembre del 2013.

El presente informe corresponde a los resultados de los trabajos de investigación geotécnica mediante sondajes diamantinos y la recolección de muestras inalteradas extraídas en las tres perforaciones antes mencionadas.

3.3.2 OBJETIVO DE LA PERFORACION DIAMANTINA

- Perforación de 3 sondajes con recuperación continua de testigo, de 30m cada taladro, para explorar las condiciones de macizo rocoso en profundidad.
- Realizar pruebas Penetración Estándar SPT y/o Cono Peck.
- Realización de partes de perforación para cada taladro con su respectivo logeo por sondaje.

3.3.3 Sondajes

Equipo empleado

Para la realización de las perforaciones se utilizo una maquina de perforación en diamantina Modelo DE130

Accesorios de perforación

Para la realización de los trabajos de perforación se contó con los siguientes accesorios de perforación:

- Tubería de perforación NQ
- Corel barel NQ
- Tubería NQ (revestimiento)
- Chamber (bomba de agua a presión)


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>9</u> de <u>24</u>

- Mangueras de presión de agua.

- Herramientas y llaves

Sondajes Mecánico a Rotación

En cuadro N° 3a se presenta la relación de los sondajes a rotación realizados, junto con su localización (referida a coordenadas UTM) y profundidades de perforación:

Cuadro N° 3a: Ubicación de Sondajes de Perforación

Sondaje	Coordenadas		Profundidad Perforación (m)
	Este	Norte	
001	586653	8544651	31.00
002	586706	8544725	30.35
003	586698	8544795	30.30

La Ubicación en planta de estos sondajes se presenta en el plano EGF-01.

3.3.4 Trabajos de perforación.

Los trabajos de perforación realizados se localizaron dentro del terreno para el Hospital Regional Miguel Ángel Mariscal Llerena en Huamanga Ayacucho (Perú).

Son los que se describen a continuación:

Movilización de máquina de perforación diamantina y accesorios de perforación en la línea NQ.

Perforación en los puntos de perforación sondaje 001, sondaje 002 y sondaje 003, elaboración de los partes de perforación como se muestra en los anexos, también se muestra un panel fotográfico de trabajos realizados durante la perforación.

Colocación de los testigos en cajas de registros de perforación como se muestra en los anexos.

Descripción de los materiales extraídos durante la perforación mediante la realización registros de perforación que se muestran en los anexos.

3.3.5. Ensayos De Resistencia del suelo

Se realizaron ensayos de resistencia del suelo tipo cono Peck



JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 10 de 24

"CONO DE PECK" (Cont.)



USOS COMUNES EN EL PERU

- En todo tipo de suelos.
- Correlaciones comúnmente usadas:
 - para arenas y gravas:
 $N = 0.5 C_u$
 - para arcillas:
 $N = 1.0 C_u$
- Dentro de perforaciones para SPT.

3.3.6 Resultados de los Ensayos de Resistencia

Tabla 1: Resultados de Ensayos de Cono Peck Sondaje 001

SONDAJE 001		UNDIMIENTO	GOLPES	C _n	N
ENSAYO 1	DESDE LOS 1.50m	15cm	14	80	40
	HASTA LOS 1.95m	30cm	35		
		45cm	45		
ENSAYO 2	DESDE LOS 3.20m	15cm	18	72	36
	HASTA LOS 3.65m	30cm	31		
		45cm	41		

Tabla 2: Resultados de Ensayos de Cono Peck Sondaje 002

SONDAJE 002		UNDIMIENTO	GOLPES	C _n	N
ENSAYO 1	DESDE LOS 1.50m	15cm	56	113	>50 Golpes rechazo
	HASTA LOS 1.95m	30cm	45		
		45cm	68		
ENSAYO 2	DESDE LOS 2.05m	15cm	35	106	>50 Golpes rechazo
	HASTA LOS 2.50m	30cm	42		
		45cm	64		


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>11</u> de <u>24</u>

Tabla 3: Resultados de Ensayos de Cono Peck Sondaje 003

SONDAJE 003		UNDIMIENTO	GOLPES	Cn	N
ENSAYO 1	Desde los 1.30m	15cm	35	124	>50 Golpes rechazo
	Hasta los 1.75m	30cm	56		
		45cm	68		
ENSAYO 2	Desde los 1.80m	15cm	38	Rechazo por no hundimiento	-
	Hasta los 2.05m	30cm	59		
		45cm	-		

3.4 Muestreo y Registros de exploración

Se realizó el registro y exploración de campo de forma manual y visual del perfil del suelo en cada calicata, en los que se indican las diferentes características geotécnicas del suelo, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, etc., tal como se presentan en los registros estratigráficos y fotos que se adjuntan en el anexo 10.2.

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron ensayos de Corte Directo en las muestras inalteradas extraída de la C-45, C-20 y C-62 y el ensayo de Peso Volumétrico en la muestra extraída de la C-3.

Parte de las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geotecnia del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería y el resto en el laboratorio de la empresa J.J. Tello Ingenieros EIRL.

También se realizaron ensayos químicos de sales totales, sulfatos, cloruros y pH en 3 muestras representativas obtenidas de la calicata C-2, C-4 y C-17 y los ensayos de sales totales, sulfatos y cloruros en las muestras de las calicatas C-22, C-54, C-61, C-65 y C-66. Dichos ensayos se realizaron en el laboratorio de Análisis de suelo y de agua de la facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria de la Molina.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de ensayos de laboratorios realizados:

CUADRO N° 2: RESULTADOS DE LABORATORIO

CALICATA	MUESTRA	PROF.	W%	L.L	L.P	I.P	SUCS	DESCRIPCION
C-1	M-3	1.20 – 3.00	9.3	32	24	8	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-5	M-2	0.50 – 1.20	5.6	34	26	8	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-7	M-3	1.10 – 3.00	18.8	57	37	20	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-9	M-3	1.20 – 2.50	9.9	40	28	12	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA

JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>12</u> de <u>24</u>

C-10	M-2	0.40 – 1.20	5.7	35	25	10	SM	ARENA LIMOSA
C-11	M-3	1.20 – 2.80	9.1	42	30	12	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA
C-20	M-3	1.00 - 1.70	25.4	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-21	M-3	1.10 – 3.00	15.4	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-23	M-2	0.50 – 1.50	12.5	36.5	33.5	3.0	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA
C-24	M-2	1.00 – 1.80	10.4	NT	NP	--	GW	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA
C-25	M-2	0.50 – 2.00	6.5	NT	NP	--	GW	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA
C-26	M-3	1.00 – 2.10	19.8	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-27	M-4	1.80 – 2.30	4.5	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
C-28	M-3	1.00 – 2.40	16.9	18.8	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-29	M-3	1.80 – 2.30	6.0	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-31	M-2	0.30 – 2.30	5.3	NT	NP	--	GW	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA
C-32	M-3	1.20 – 2.40	18.9	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-33	M-2	0.50 – 1.20	17.3	42.8	35.2	7.6	ML	LIMO ARENOSO
C-34	M-3	1.20 – 3.00	21.4	18.6	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-35	M-3	1.00 – 2.50	23.7	18.8	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-36	M-2	0.40 – 1.10	11.8	NT	NP	--	SW	ARENA BIEN GRADADA CON GRAVA
C-37	M-4	1.60 – 3.00	7.3	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-38	M-3	1.30 – 2.50	15.7	NT	NP	--	GW	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA
C-40	M-3	1.60 – 2.50	14.5	NT	NP	--	GW-GM	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA Y LIMO
C-41	M-3	0.80 – 1.70	10.8	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA
C-42	M-3	1.00 – 2.20	20.0	18.8	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-43	M-3	1.00 – 2.00	21.8	18.7	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-44	M-2	0.30 – 1.20	5.8	NT	NP	--	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO
C-45	M-3	1.10 – 2.50	10.9	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
C-46	M-3	0.70 – 2.00	6.5	NT	NP	--	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON GRAVA Y LIMO
C-47	M-4	1.50 – 2.20	3.5	NT	NP	--	GP	GRAVA MAL GRADADA CON ARENA
C-48	M-2	0.30 – 1.60	8.5	NT	NP	--	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA Y LIMO
C-49	M-2	0.70 – 1.00	17.9	40.5	32.9	7.6	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-51	M-4	1.30 – 2.70	30.8	22.4	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-52	M-3	1.10 – 2.00	6.9	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA


 12
JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>13</u> de <u>24</u>

C-53	M-3	1.10 – 2.50	20.9	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-55	M-2	0.40 – 1.30	10.5	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-56	M-3	1.10 – 2.80	27.6	19.77	NP	--	SM	ARENA LIMOSA
C-57	M-2	0.30 – 1.10	7.9	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-58	M-2	0.30 – 1.50	9.2	NT	NP	--	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-59	M-3	1.00 – 2.00	19.7	NT	NP	--	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON GRAVA Y LIMO
C-60	M-2	0.30 – 1.50	16.4	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
C-62	M-2	0.30 – 1.80	7.8	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
C-63	M-2	0.30 – 1.70	33.3	NT	NP	--	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON GRAVA Y LIMO
C-64	M-2	0.40 – 3.20	42.5	26.7	NP	--	ML	LIMO ARENOSO
C-67	M-3	1.00 – 2.50	19.2	28	NP	NP	ML	LIMO ARENOSO
C-68	M-2	0.40 – 1.50	13.1	NT	NP	--	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA

Donde:

W% : Contenido de humedad
 L.L. % : Limite líquido
 L.P. % : Limite plástico
 I.P. % : Índice plástico


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CUADRO N° 3: CORTE DIRECTO

CALICATA	MUESTRA	Prof. (m)	SUCS	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de Fricción (°)
C-45	M-3	1.10 - 2.50	SP	0.00	31.8
C-20	M-3	1.00 – 1.70	ML	1.10	31.0
C-67	M-3	1.00 – 2.50	ML	1.70	37.0

CUADRO N° 4: RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Sales Solubles (ppm)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	pH
C-2	M-3	0.80-2.70	404.10	27.89	5.83	8.11
C-4	M-2	0.40-1.30	386.70	32.18	8.49	8.32
C-17	M-2	0.50-0.90	564.30	34.33	20.17	8.80
C-22	M-2	0.40-1.50	372.90	26.51	10.86	--
C-54	M-3	1.10-2.20	211.80	17.54	5.30	--
C-61	M-4	1.50-1.70	370.80	36.42	11.25	--
C-65	M-2	0.30-1.00	363.60	38.45	24.48	--
C-66	M-3	0.80-1.00	408.60	42.49	33.40	--

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>14</u> de <u>24</u>

CUADRO N° 5: PESO VOLUMETRICO DE LA ROCA

CALICATA	MUESTRA	PROF.	Contenido de Humedad (%)	Densidad Húmeda (gr/cm3)
C-3	M-2	0.80-1.80	4.40	2.24

5.0 PERFIL DEL SUELO

5.1 Conformación del Subsuelo:

Zona 1: Suelo

La zona que presenta un moderado espesor de suelo se encuentra en la zona sur oeste del terreno y esta conformado por una primera de capa de suelo de chacra de arcilla arenosa con presencia de raíces, de color marrón oscuro, el espesor de esta capa varía de 0.40m a 0.50m, de compacidad firme. Subyacente se encuentran materiales que van desde un limo arenoso ó arena limosa, ó arena limosa con gravas ó gravas limosas con arenas, en algunos casos mezclados con tufos volcánicos cementados al parecer este último estaría produciendo agentes cementantes que endurecen el suelo; estos materiales se encuentran muy compactos y extremadamente densos, en algunos sectores del lado sur la compacidad es firme a muy firme a mayor profundidad. De acuerdo al sondeo más próximo (001) la roca se encuentra a partir 3.5m de profundidad en promedio.

Zona 2: Roca

El macizo rocoso está conformado por una roca ígnea volcánica tipo Andesita, poco a moderadamente alterada(A-2 y A-3), muy fractura a extremadamente fracturada (F-3 a F-4), la matriz rocosa presenta una dureza media (50Mpa a 100Mpa), por lo general presenta un R.Q.D. (%) que fluctúa de 0% a 30%, la capa de suelo que subrayase a la roca presenta un espesor en el orden de 0.80m hasta 3.2m. La zona rocosa que se encuentra a menor profundidad se ubica al norte y nor este del terreno y se profundiza hacia el sur y sur oeste. Considerando el grado de fracturación de la roca y la ubicación en zona urbana con existencia de viviendas aledañas, para fines de excavación se recomienda excavaciones con maquinaria pesada.

6.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION

6.1 Profundidad y Tipo de Cimentación

Basado en los trabajos de campo, resultados de laboratorio, perfiles estratigráficos y característica de la estructura a construir, se recomienda para las zonas lo siguiente:

Zona 1: Suelo

En el sector donde se proyectan los pabellones N° 1, 2 y 3 de un piso y el pabellón N° 4 de 1 a


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>15</u> de <u>24</u>

2 pisos, sin sótanos, cimentar a una profundidad mínima de 2.00m con respecto a la menor cota natural del terreno, apoyándose la cimentación sobre el material de limo arenoso ó arena limosa ó arena limosa con gravas ó gravas limosas con arenas, en algunos casos mezclados con tufos volcánicos cementados, recomendando utilizar una cimentación superficial tal como zapatas aisladas conectadas con viga de cimentación y cimientos corridos armados. Es preciso mencionar que de existir concentraciones de material tipo tufo volcánico, de fácil identificación, debido a su color blanquecino, será necesario su retiro y remplazo con material de préstamo, compactado. Este material es notorio hacia el norte del predio.

Zona 2: Roca

En el sector donde se proyectan construir los pabellones sin sótano: pabellón N° 5 de 2 pisos, N° 6, 7, 8, 9, 11 de 5 pisos, el pabellón N° 10 de 4 pisos, y el pabellón N° 16 de 1 piso, se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 2.00m con respecto a la menor cota del terreno natural, los pabellones proyectados en esta zona necesariamente se apoyaran sobre un mismo material en este caso sobre el macizo rocoso tipo Andesita muy fracturado, con el objetivo de evitar asentamientos diferenciales, para lo cual se recomienda una cimentación superficial tipo zapatas aisladas y cimientos corridos conectados, de acuerdo al diseño estructural.

En aquellos sectores donde la roca se encuentre a una profundidad mayor a la profundidad mínima recomendado (2m), necesariamente se deberá bajar hasta la roca con subcimientos de concreto simple este último deberá tener un empotramiento mínimo en la roca de 0.4m, el nivel de arranque de las cimentaciones en macizo rocoso deberá ser horizontal.

En el sector donde se proyectan construir los pabellones N° 12 de 5 pisos + sótano, N° 14 de 1 piso + sótano, N° 13 y 15 de 2 pisos + sótano, se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 1.00m con respecto al nivel de piso terminado del sótano (NPT=-3.20m), apoyado siempre sobre el macizo rocoso para lo cual se recomienda utilizar una cimentación superficial tal como zapatas aisladas y cimientos corridos, conectados ó de acuerdo al diseño estructural. El nivel de arranque de las cimentaciones en macizo rocoso deberá ser horizontal.

6.2 Capacidad Portante Admisible En Suelo

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno para las estructuras ubicadas a nivel de suelo y en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001 Rev N° : 0
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Página : <u>16 de 24</u>

Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo, se tomaron de ensayos especiales de corte directo, realizados en 3 muestras inalteradas, de la cual escogeremos el de menor valor ($\phi = 31.8^\circ$):

$$C = 0.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } \phi = 31.8^\circ$$

Considerando la reducción del ángulo de fricción, por considerar el efecto de una posible falla local:

Se tiene:

$$C' = 2/3C$$

$$\phi' = \text{Arctg} (2/3 * \text{tg} (31.8^\circ))$$

$$\phi = 22.5^\circ$$

Luego trabajaremos:

$$\text{Cohesión} \quad : C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de fricción} \quad : \phi = 22.5^\circ$$

Según Terzaghi y Peck:

$$q_{ul} = S_c * C * N_c + 1/2 * S_\tau * \delta_1 * B * N_\tau + S_q * \delta_2 * D_f * N_q \dots (1)$$

$$q_{ul} = q_{ul} - S_q * \delta_2 * D_f * N_q$$

$$q_{ad} = q_{ul} / F.S.$$

Donde:

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

$$N_c = \text{Cotg} \phi (N_q - 1)$$

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

$$S_q = 1 + \text{Tg} \phi (B/L)$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4(B/L)$$

$$S_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L)$$

Donde:

q_{ul} : = capacidad última de carga en kg/cm^2 .

q_{ad} : = capacidad portante admisible en kg/cm^2 .

F.S. : = factor de seguridad = 3

δ : = peso específico total.

B : = ancho de la zapata o cimiento corrido en mt

D_f : = profundidad de la cimentación.

N_c, N_τ, N_q : = parámetros que son función de ϕ

S_c, S_τ, S_q : = factores de forma según vesic.


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>17</u> de <u>24</u>

C: = cohesión en (kg/cm²)

Los factores de capacidad de carga se obtendrán a partir de la Figura N° 3.

A) Zapata corrida:

C = 0.00 (kg/cm²)

$\phi = 22.5^\circ$

FS = 3

Df = 2.00 m

Nc = 17.40

Sc = 1.00

B = 0.80 m

N_τ = 7.60

S_τ = 1.00

$\delta_1 = 1.70$ gr/cm³

Nq = 8.19

Sq = 1.00

$\delta_2 = 1.63$ gr/cm³

De (1) se tiene:

qul = 3.19 kg/cm²

qad = 1.06 kg/cm²

B) Zapata cuadrada:

C = 0.00 (kg/cm²)

$\phi = 22.5^\circ$

FS = 3

Df = 2.00 m

Nc = 17.40

Sc = 1.47

B = 1.60 m

N_τ = 7.60

S_τ = 0.60

$\delta_1 = 1.70$ gr/cm³

Nq = 8.19

Sq = 1.41

$\delta_2 = 1.63$ gr/cm³

De (1) se tiene:

qul = 4.40 kg/cm²

qad = 1.45 kg/cm²

6.3 Cálculo de Asentamientos

6.3.1. Asentamientos Inmediatos

Para el caso de una cimentación superficial perfectamente flexible ($D_f \approx 0$) y la presencia de un estrato de espesor considerable ($H \rightarrow \infty$) que se comporta de acuerdo a la teoría de la elasticidad. Según Harr (1966), el asentamiento se expresa:

$$S_e = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s) \frac{\alpha}{2} \quad \text{(Esquina de la cimentación flexible)}$$


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 18 de 24

$$S_e = \frac{Bq_o}{E_s}(1-\mu_s)\alpha \quad \text{(Centro de la cimentación flexible)}$$

Donde:

S_e = Asentamiento elástico

H = Espesor del estrato del suelo

q_o = Carga uniformemente repartida

E_s = Módulo de elasticidad del suelo

μ_s = Relación de Poisson del suelo

B = Ancho de la cimentación

L = Longitud de la cimentación

Además:

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+m_1^2} + m_1}{\sqrt{1+m_1^2} - m_1} \right) + m \ln \left(\frac{\sqrt{1+m_1^2} + 1}{\sqrt{1+m_1^2} - 1} \right) \right]$$

$$m_1 = L / B$$

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación.

A) Calculo Para Zapatas:

Cálculos:

$$q_o = 1.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu_s = 0.3$$

$$B = 150 \text{ cm.}$$

$$L = 150 \text{ cm.}$$

$$\alpha = 1.12$$

$$S_C = 0.63 \text{ cm. (centro de la cimentación flexible)}$$

$$S_E = 0.32 \text{ cm (esquina de la cimentación flexible)}$$

6.3.2 Asentamientos Tolerable

El valor del asentamiento inmediato calculado debe comprobarse si es inferior a los valores límites tolerables. Según la Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones E-050, establece que el asentamiento diferencial no debe ser mayor que el calculado para una distorsión (α) angular



JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>19</u> de <u>24</u>

prefijada, de acuerdo al tipo de estructura, así como la naturaleza del terreno.

Luego para el tipo de estructura proyectado, se espera una distorsión angular de:

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

Donde:

Δ = Asentamiento Tolerable en cm (75%)

L = Distancia entre dos columnas

α = Distorsión angular

Luego: L= 450cm, entonces:

El asentamiento Tolerable es: $\Delta = 450/500 = 0.90 \text{ cm (75\%)}$

Luego el asentamiento permisible será: 1.20 cm (100%)

Luego se tiene que: 0.63cm < 1.20 cm OK

El asentamiento instantáneo a producirse es tolerable.

6.4 Capacidad Portante Admisible del Macizo Rocoso

Los parámetros de capacidad portante de la roca se han obtenido considerando el estado de meteorización de la roca, fracturamiento, diaclasamiento, espesor de juntas, relleno de juntas, RQD de la roca, grado de resistencia, peso volumétrico, etc. Según la clasificación de Biewnaski, la roca presenta una calidad media (clase III), de ligera dureza.

Por lo tanto la capacidad portante admisible de la roca a emplear no debe superar **Qadm = 8.00 kg/cm²**.

7.0 AGRESION AL SUELO DE CIMENTACION

El suelo bajo el cual se cimienta toda estructura tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (**sulfatos y cloruros** principalmente). Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar ó presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por su acción mecánica sobre el cimiento, al ocasionarle asentamientos bruscos por lixiviación (lavado de sales del suelo con el agua). Ver Cuadro N° 4 y Cuadro N° 6.


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001 Rev N° : 0 Página : 20 de 24
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	

CUADRO N° 6: ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION			
Presencia en el Suelo de :	p.p.m	Grado de Alteración	OBSERVACIONES
* SULFATOS	0 – 1000	Leve	
	1000 - 2000	Moderado	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	2000 - 20,000	Severo	
	>20,000	Muy severo	
** CLORUROS	> 6,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos Metálicos
** SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación
* Comité 318-83 ACI			
** Experiencia Existente			

De los resultados de los análisis químicos obtenidos a partir de 8 muestras representativas de suelo obtenidas de las calicatas C-2, C-4, C-17, C-22, C-54, C-61, C-65 y C-66 se tiene: La concentración de sulfatos obtenida en la muestra de suelo es de 33.40 p.p.m, menor que 1,000 p.p.m, lo que indica que no ocasionara un ataque moderado al concreto de la cimentación.

La concentración de cloruros obtenida en el suelo es de 42.49 p.p.m, menor que 6,000 ppm lo que indica que no ocasionara un ataque por corrosión al acero de la cimentación.

Una concentración de sales solubles de 564.30 p.p.m, menor que 15,000 p.p.m, indica que no habrá problemas de perdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

Los valores de ph de las muestras son mayores al punto neutro de 7, lo que indica que el suelo no presenta elementos ácidos que puedan atacar al concreto.

Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación no contiene concentraciones moderadas de cloruros, sulfatos y sales solubles, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación, por lo que se recomienda usar el cemento Tipo I de uso general para todos los trabajos de la cimentación.

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El presente informe tiene por objeto efectuar el Estudio de Suelos con fines de cimentación para la elaboración del Estudio Definitivo para el proyecto “Hospital Regional Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho, en un área aproximada de 5Has. El estudio realizado se


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>21</u> de <u>24</u>

sustenta mediante investigaciones geotécnicas que involucra trabajos de campo mediante 3 perforaciones con diamantina hasta 31m, excavación de 68 calicatas, son base del estudio la información recabada, analizada de 68 calicatas, ensayos de laboratorio (47 ensayos de granulometría, 47 C.Humedad, 11Límites de Atterberg, 03 Cortes Directo, 01 densidad de la roca y 08 Análisis Químico). En la etapa de gabinete se determinó las características del subsuelo, la capacidad portante admisible, el asentamiento de la cimentación y se recomendó el tipo y profundidad de cimentación de las estructuras a proyectarse.

2.- La infraestructura proyectada consiste en edificaciones de uno a cinco pisos, en algunos casos pabellones con sótano. Se proyecta un sistema estructural mixto del tipo aporticado con columnas y vigas de concreto armado, combinada con placas de concreto armado y muros de albañilería confinada, con losas aligeradas de concreto armado en los entresijos.

3.- Para ampliar y complementar la información del estudio de suelo a nivel definitivo, se realizaron 03 perforaciones diamantinas de 30m de profundidad en promedio, ejecutados por el Consorcio S y C y 04 excavaciones de calicatas de donde se extrajeron muestras para realizar ensayos especiales.

4.- Las profundidades logradas en las perforaciones son: sondaje 001 de 31.00m, sondaje 002 de 30.35m, sondaje 003 de 30.30m. La estratigrafía encontrada es la siguiente:

- Sondaje 001

Suelo orgánico desde los 0.00m hasta 0.40m
 Grava limosa desde los 0.40m hasta los 3.20m
 Roca alterada desde 3.20m hasta los 3.70m
 Roca desde los 3.70m en adelante

- Sondaje 002

Suelo orgánico desde los 0.00m hasta 0.80m
 Grava limosa desde los 0.80m hasta los 2.40m
 Roca alterada muy fracturada desde 2.40m hasta los 4.50m
 Roca desde los 4.50m en adelante

- Sondaje 003

Grava limosa desde los 0.00m hasta los 3.20m
 Roca alterada desde 3.20m hasta los 4.35m
 Roca desde los 4.35m en adelante


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Codigo : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>22</u> de <u>24</u>

5.- Se realizó una zonificación del área de estudio de acuerdo a los materiales existentes, determinándose 02 zonas de notorio contraste en sus características y comportamientos geotécnicas, la estratigrafía es la siguiente:

Zona 1: Suelo

Se encuentra en la zona sur oeste del terreno y está conformado por una primera de capa de suelo de chacra de arcilla arenosa con presencia de raíces, de color marrón oscuro, el espesor de esta capa varía de 0.40m a 0.50m, de compacidad firme. Subyacente se encuentran materiales que van desde un limo arenoso, arena limosa, arena limosa con gravas y gravas limosas con arenas, en algunos casos mezclados con tufo volcánicos al parecer este último estaría produciendo agentes cementantes que endurecen el suelo; estos materiales se encuentran muy compactos y extremadamente densos. Se estima que en este sector la roca volcánica se encuentra a partir de los 3.20m a 4m de profundidad en promedio.

Zona 2: Rocoso

El macizo rocoso está conformado por una roca ígnea volcánica tipo Andesita, poco a moderadamente alterada (A-2 y A-3), muy fracturada a extremadamente fracturada (F-3 a F-4), la matriz rocosa presenta una dureza media (50Mpa a 100Mpa), por lo general la roca presenta un R.Q.D. (%) que fluctúa de 0% a 30%, la capa de suelo que subyace a la roca presenta un espesor en el orden de 0.80m hasta 3.2m. La zona rocosa que se encuentra a menor profundidad se ubica al norte y nor este del terreno y se profundiza hacia el sur y sur oeste. Considerando el grado de fracturación de la roca y la ubicación en zona urbana con existencia de viviendas aledañas, para fines de excavación se recomienda excavaciones con maquinaria pesada.


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

6.- En la zona de estudio no se encontró nivel freático.

7.- Basado en los trabajos de campo, resultados de laboratorio, perfiles estratigráficos y característica de la estructura a construir, se recomienda:

Zona 1: Suelo

En el sector donde se proyectan los pabellones N° 1, 2 y 3 de un piso y el pabellón N° 4 de 1 a 2 pisos, sin sótanos, cimentar a una profundidad mínima de 2.00m con respecto a la menor cota natural del terreno, apoyándose la cimentación sobre el material de limo arenoso ó arena limosa ó arena limosa con gravas ó gravas limosas con arenas, en algunos casos mezclados con tufo volcánicos cementados, recomendando utilizar una cimentación superficial tal como zapatas aisladas conectadas con viga de cimentación y cimientos corridos armados. Es preciso

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : 23 de 24

mencionar que de existir concentraciones de material tipo tufo volcánico, de fácil identificación, debido a su color blanquecino, será necesario su retiro y remplazo con material de préstamo, compactado. Estas materiales son más notorias hacia el norte del predio.

Zona 2: Roca

En el sector donde se proyectan construir los pabellones sin sótano: pabellón N° 5 de 2 pisos, N° 6, 7, 8, 9, 11 de 5 pisos, el pabellón N° 10 de 4 pisos, y el pabellón N° 16 de 1 piso, se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 2.00m con respecto a la menor cota del terreno natural, los pabellones proyectados en esta zona necesariamente se apoyaran sobre un mismo material en este caso sobre el macizo rocoso, con el objetivo de evitar asentamientos diferenciales, se recomienda una cimentación superficial tipo zapatas aisladas y cimientos corridos, conectados de acuerdo al diseño estructural.

En aquellos sectores donde la roca se encuentre a una profundidad mayor a la profundidad mínima recomendado (2m), deberá bajar hasta la roca con subcimientos de concreto simple este último deberá tener un empotramiento mínimo en la roca de 0.4m y la superficie de arranque de las cimentaciones en macizo rocoso deberá ser horizontal.

En el sector donde se proyectan construir los pabellones N° 12 de 5 pisos + sótano, N° 14 de 1 piso + sótano, N° 13 y 15 de 2 pisos + sótano, se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 1.00m con respecto al nivel de piso terminado del sótano (NPT=-3.20m), apoyándose la cimentación siempre sobre el macizo rocoso conformado por una roca ígnea volcánica fracturada, se recomienda utilizar una cimentación superficial tal como zapatas aisladas y cimientos corridos, conectados ó de acuerdo al diseño estructural. El nivel de arranque de las cimentaciones en macizo rocoso deberá ser horizontal.

8.- En la zona 1 sobre material tipo suelo, para cimientos corridos se recomienda trabajar con una capacidad portante admisible del suelo de 1.06 kg/cm² y para zapatas aisladas con una capacidad portante admisible del suelo de 1.45 kg/cm².

Para la zona 2, considerando el grado de fracturación de la roca (tipo Andesita) muy fracturado ha extremadamente fracturado, se recomienda trabajar con una capacidad portante admisible no mayor de **Qadm. =8.00 kg/cm²**.

9.- E área de estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad Media (Zona 2), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades considerables como VI a VII en la escala Mercalli Modificada. Para lo cual los parámetros de diseño sismo resistentes escogidos de acuerdo a la zonificación efectuada será de la siguiente manera:

JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev N° : 0 Página : <u>24</u> de <u>24</u>

Zona 1 Suelo: conformado por material de arena limosa, arena limosa con gravas de compacidad, arena mal gradado, limo arenoso, gravas limosas.

Zona 2 Roca: Roca ígnea volcánica Fracturada

Parámetros de Diseños Sismo-Resistentes

TIPO DE SUELO	Z	S	T _p (S)
Zona 1: Arenas limosas, limos arenosos, gravas limosas con arenas, etc.	0.3	1.40	0.9
Zona 2: Rocas Ígnea Volcánica Fracturada	0.3	1.00	0.40

10.- Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación no contiene concentraciones moderadas de cloruros, sulfatos y sales solubles, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación, por lo que se recomienda usar el cemento Tipo I de uso general para todos los trabajos de la cimentación.

NOTA:

Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente informe técnico son solo aplicables para el área estudiada. De ninguna manera se puede aplicar a otros sectores u otros fines.

Lima 27 de Septiembre del 2013


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg CIP N° 42446

9.0 BIBLIOGRAFIA

- ◆ Norma E-050, Suelos y Cimentaciones.
- ◆ Norma E-030, Diseño Sismoresistente
- ◆ Braja M. Das/ Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4 Edición 1999
- ◆ Rico – Castillo / La Ingeniería de Suelos, Vol1 y 2. 1 edición 1998
- ◆ Peck/Hanson/ Thornburn: Ingeniería de Cimentaciones
- ◆ Roy Whitlow / Fundamentos de Mecánica de Suelos. 1 edición 2000
- ◆ Manuel Delgado Vargas / Ingeniería de Cimentaciones/ 2da edición 1999
- ◆ Juarez Badillo - Rico Rodriguez: Mecánica de Suelos, Tomos I, II.
- ◆ Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973
- ◆ Ing. Carlos Crespo : Mecánica de suelos y Cimentaciones
- ◆ T. William Lambe / Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- ◆ Reglamento Nacional de Construcciones - CAPECO. Quinta. Edición 2003.
- ◆ RNC Normas de Diseño Sismo Resistente.
- ◆ Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- ◆ Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1998.
- ◆ Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martinez Vargas / CONCYTEC 1990.

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO



Estudio Mecánica de Suelos

Código : 0039-HRA-S-EMS-001

EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO
DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL
ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO

Rev N° : 0

Página : 38 de 68



FOTO N° 75: Vista panorámica del exterior de la calicata C-38.



FOTO N° 76: Vista interior de la calicata C-38, donde la roca ígnea volcánica aflora a la profundidad de 2.50m.


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 42446

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

Página 38 de 68

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO



Estudio Mecánica de Suelos

Código : 0039-HRA-S-EMS-001

EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO
DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL
ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO

Rev Nº : 0

Página : 40 de 68



FOTO N° 79: Vista panorámica del exterior de la calicata C-40.

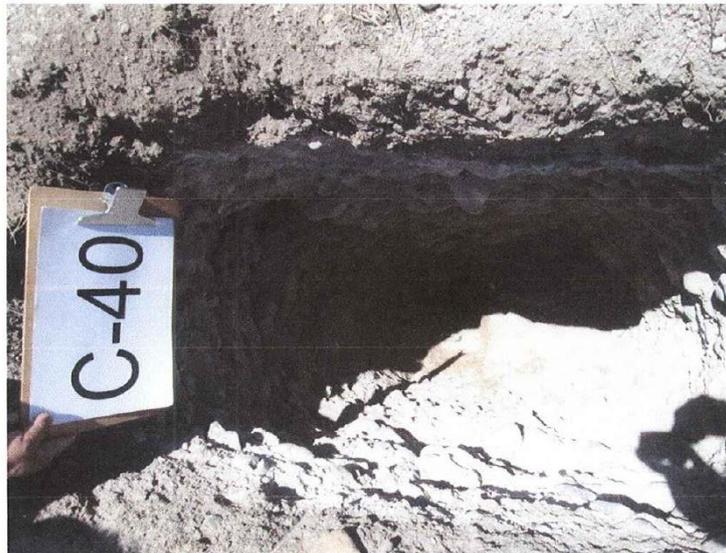


FOTO N° 80: Vista interior de la calicata C-40, donde la roca ígnea volcánica aflora a la profundidad de 2.50m.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO

Página 40 de 68


JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42446

CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO		
	Estudio Mecánica de Suelos	Código : 0039-HRA-S-EMS-001
	EXPEDIENTE TECNICO A NIVEL DE ESTUDIO DEFINITIVO HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO	Rev Nº : 0 Página : <u>47</u> de <u>68</u>



FOTO Nº 93: Vista panorámica del exterior de la calicata C-47.



FOTO Nº 94: Vista interior de la calicata C-47, donde se muestra el perfil estratigráfico del suelo que alcanzó una profundidad de exploración de 2.20m. No fue posible continuar la excavación con equipos manuales debido al estado muy compacto a denso del suelo.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE CONSORCIO HOSPITAL AYACUCHO


 JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 42446

PRESTACION DE SERVICIO DE PERFORACION DIAMANTINA PARA EL HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA HUAMANGA AYACUCHO

Pág. 42

Sondaje 001 caja N° 01 de 0.00 a 4.65



Sondaje 001 caja N° 02 de 4.65 a 9.25



JH
JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42446

PRESTACION DE SERVICIO DE PERFORACION DIAMANTINA PARA EL HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA HUAMANGA AYACUCHO

Pág. 43

Sondaje 001 caja N° 03 de 9.25 a 13.70



Sondaje 001 caja N° 04 de 13.70 a 18.05



JH
JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42446

PRESTACION DE SERVICIO DE PERFORACION DIAMANTINA PARA EL HOSPITAL REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA HUAMANGA AYACUCHO

Pág. 44

Sondaje 001 caja N° 05 de 18.05 a 23.70



Sondaje 001 caja N° 06 de 23.70 a 29.40



JH
JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42446

PRESTACION DE SERVICIO DE PERFORACION DIAMANTINA PARA EL HOSPITAL
REGIONAL MIGUEL ANGEL MARISCAL LLERENA HUAMANGA AYACUHCO

Pág. 45



JH
JORGE HERNAN OCHOA FERNANDEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42446

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

N°	DIMENSIONES/ITEMS	VARIABLE DEPENDIENTE						Sugerencia
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Analisis Estatico							
1	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
2	Limites de Derivas	X		X		X		
3	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
4	Estructuracion	X		X		X		
	DIMENSION 2: Analisis dinamico							
4	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
5	Limites de Derivas	X		X		X		
6	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
8	Estructuracion	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable () Aplicable despues de corregir () No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: FLORES MENDOZA DINO

DNI: 28289181

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

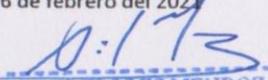
Pertinencia: El item corresponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension

26 de febrero del 2021



DINO FLORES MENDOZA
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 110542

Firma del experto Informante

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

VARIABLE INDEPENDIENTE								
N°	DIMENSIONES/ITEMS	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencia
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1:Aislador de bajo amortiguamiento							
1	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
2	Area de ciclo histeretico	X		X		X		
3	Fuerza de restauracion	X		X		X		
4	Torsion de la estructura	X		X		X		
	DIMENSION 2:Aislador de nucleo de plomo							
4	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
5	Area de ciclo histeretico	X		X		X		
6	Fuerza de restauracion	X		X		X		
8	Torsion de la estructura	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable () Aplicable despues de corregir () No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: FLORES MENDOZA DINO

DNI: 28289181

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

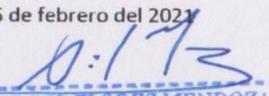
Pertinencia: El item correponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension

26 de febrero del 2021



DINO FLORES MENDOZA
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 110542

Firma del experto Informante

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

N°	DIMENSIONES/ITEMS	VARIABLE INDEPENDIENTE						Sugerencia
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1:Aislador de bajo amortiguamiento							
1	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
2	Area de ciclo hysteretico	X		X		X		
3	Fuerza de restauracion	X		X		X		
4	Torsion de la estructura	X		X		X		
	DIMENSION 2:Aislador de nucleo de plomo							
4	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
5	Area de ciclo hysteretico	X		X		X		
6	Fuerza de restauracion	X		X		X		
8	Torsion de la estructura	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable () Aplicable despues de corregir () No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: MEDINA CARRASCO JIMMY

DNI: 28604915

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

Pertinencia: El item corresponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension

Firma del experto Informante

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

N°	DIMENSIONES/ITEMS	VARIABLE DEPENDIENTE						Sugerencia
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Analisis Estatico							
1	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
2	Limites de Derivas	X		X		X		
3	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
4	Estructuracion	X		X		X		
	DIMENSION 2: Analisis dinamico							
4	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
5	Limites de Derivas	X		X		X		
6	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
8	Estructuracion	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable (X)

Aplicable despues de corregir ()

No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: MEDINA CARRASCO JIMMY

DNI: 28604915

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

Pertinencia: El item corresponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension

Firma del experto Informante

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

N°	DIMENSIONES/ITEMS	VARIABLE DEPENDIENTE						Sugerencia
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Analisis Estatico							
1	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
2	Limites de Derivas	X		X		X		
3	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
4	Estructuracion	X		X		X		
	DIMENSION 2: Analisis dinamico							
4	Desplazamiento traslacional y total	X		X		X		
5	Limites de Derivas	X		X		X		
6	Fuerza Cortante Total	X		X		X		
8	Estructuracion	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable (X)

Aplicable despues de corregir ()

No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: RIVERA TRIGOS BORIS

DNI: 40087223

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

Pertinencia: El item corresponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension

BORIS RIVERA TRIGOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 96395

Firma del experto Informante

Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

N°	DIMENSIONES/ITEMS	VARIABLE INDEPENDIENTE						Sugerencia
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1:Aislador de bajo amortiguamiento							
1	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
2	Area de ciclo histeretico	X		X		X		
3	Fuerza de restauracion	X		X		X		
4	Torsion de la estructura	X		X		X		
	DIMENSION 2:Aislador de nucleo de plomo							
4	Porcentaje de amortiguamiento	X		X		X		
5	Area de ciclo histeretico	X		X		X		
6	Fuerza de restauracion	X		X		X		
8	Torsion de la estructura	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Aplicable (X) Aplicable despues de corregir () No Aplicable ()

Apellidos y nombres del validador: RIVERA TRIGOS BORIS

DNI: 40087223

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

Pertinencia: El item correponde al concepto teorico formulado

Relevancia: El item es apropiado para representar el componente o dimension especifica del constructor

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los items planteados son suficientes para medir la dimension



BORIS RIVERA TRIGOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 96399

Firma del experto Informante

Calculo del balance torsional

Story	Label	Unique Name	X	Y	Pmax	Pmin	Pserv	X*FZ	Y*FZ	Tipo de Aislador	keff	X*keff	Y*keff
			m	m	Tonf	Tonf	tonf	tonf-m	tonf-m			tonf-m	tonf-m
Base	26	A1	0.00	0.00	87.669	30.417	46.357	0.000	0.000	1	85.088	0.000	0.000
Base	50	A2	4.22	0.00	170.522	50.023	96.070	405.416	0.000	2	70.578	297.839	0.000
Base	51	A3	10.07	0.00	195.436	56.720	110.288	1110.597	0.000	2	70.578	710.720	0.000
Base	25	A4	17.09	0.00	74.761	26.333	40.810	697.448	0.000	1	85.088	1454.160	0.000
Base	36	A5	0.00	6.45	159.541	49.192	89.219	0.000	575.461	1	85.088	0.000	548.820
Base	1	A6	4.22	6.45	279.720	75.353	160.714	678.215	1036.608	2	70.578	297.839	455.228
Base	9	A7	10.07	6.45	329.678	87.414	190.969	1923.053	1231.747	2	70.578	710.720	455.228
Base	27	A8	17.09	6.45	117.809	37.039	67.149	1147.568	433.108	2	70.578	1206.178	455.228
Base	37	A9	0.00	13.02	160.900	49.235	89.138	0.000	1160.572	1	85.088	0.000	1107.850
Base	2	A10	4.22	13.02	286.496	77.123	163.157	688.524	2124.308	1	85.088	359.073	1107.850
Base	10	A11	10.07	13.02	336.707	88.501	193.802	1951.589	2523.306	2	70.578	710.720	918.925
Base	28	A12	17.09	13.02	116.729	36.670	66.067	1129.080	860.188	2	70.578	1206.178	918.925
Base	38	A13	0.00	19.62	157.106	48.027	87.232	0.000	1711.482	1	85.088	0.000	1669.433
Base	3	A14	4.22	19.62	278.597	75.038	158.898	670.550	3117.581	1	85.088	359.073	1669.433
Base	11	A15	10.07	19.62	327.217	86.080	188.594	1899.143	3700.216	2	70.578	710.720	1384.740
Base	29	A16	17.09	19.62	113.851	35.818	64.644	1104.771	1268.321	2	70.578	1206.178	1384.740
Base	39	A17	0.00	25.92	156.534	47.732	86.933	0.000	2253.298	1	85.088	0.000	2205.490
Base	4	A18	4.22	25.92	276.787	74.500	157.823	666.013	4090.770	1	85.088	359.073	2205.490
Base	12	A19	10.07	25.92	326.215	85.844	187.863	1891.782	4869.414	1	85.088	856.840	2205.490
Base	30	A20	17.09	25.92	113.840	35.762	64.725	1106.145	1677.664	2	70.578	1206.178	1829.381
Base	40	A21	0.00	32.52	165.664	50.037	92.173	0.000	2997.479	1	85.088	0.000	2767.073
Base	5	A22	4.22	32.52	294.107	78.788	167.671	707.573	5452.674	1	85.088	359.073	2767.073
Base	13	A23	10.07	32.52	357.192	93.600	205.566	2070.052	6685.013	2	70.578	710.720	2295.196
Base	31	A24	17.09	32.52	137.054	43.814	73.545	1256.886	2391.687	2	70.578	1206.178	2295.196
Base	24	A25	17.09	35.22	175.862	51.280	98.690	1686.612	3475.862	2	70.578	1206.178	2485.757

Calculo del balance torsional

Story	Label	Unique Name	X	Y	Pmax	Pmin	Pserv	X*FZ	Y*FZ	Tipo de Aislador	keff	X*keff	Y*keff
			m	m	Tonf	Tonf	tonf	tonf-m	tonf-m			tonf-m	tonf-m
Base	34	A26	23.74	35.22	161.528	50.585	87.891	2086.535	3095.525	2	70.578	1675.521	2485.757
Base	35	A27	30.74	35.22	163.760	51.336	88.922	2733.465	3131.836	2	70.578	2169.567	2485.757
Base	23	A28	36.91	35.22	84.182	30.092	43.509	1605.899	1532.369	1	85.088	3140.610	2996.811
Base	42	A29	0.00	39.62	172.569	51.650	96.710	0.000	3831.646	1	85.088	0.000	3371.200
Base	7	A30	4.22	39.62	307.448	81.658	175.845	742.065	6966.967	1	85.088	359.073	3371.200
Base	15	A31	10.07	39.62	408.191	104.230	234.058	2356.966	9273.386	1	85.088	856.840	3371.200
Base	47	A32	17.09	39.62	273.459	74.291	156.422	2673.250	6197.436	2	70.578	1206.178	2796.300
Base	48	A33	23.74	39.62	279.945	78.054	161.861	3842.571	6412.917	2	70.578	1675.521	2796.300
Base	49	A34	30.74	39.62	309.364	84.089	182.328	5604.750	7223.820	2	70.578	2169.567	2796.300
Base	46	A35	36.91	39.62	157.734	47.243	90.949	3356.920	3603.391	2	70.578	2605.033	2796.300
Base	43	A36	0.00	46.92	131.609	42.231	72.297	0.000	3392.175	1	85.088	0.000	3992.345
Base	8	A37	4.22	46.92	222.404	67.441	121.771	513.874	5713.500	1	85.088	359.073	3992.345
Base	16	A38	10.07	46.92	313.762	85.037	178.664	1799.146	8382.915	1	85.088	856.840	3992.345
Base	19	A39	17.09	46.92	300.017	83.102	177.278	3029.676	8317.870	2	70.578	1206.178	3311.519
Base	32	A40	23.74	46.92	227.765	67.486	126.182	2995.551	5920.441	2	70.578	1675.521	3311.519
Base	33	A41	30.74	46.92	236.440	69.473	133.289	4097.292	6253.901	2	70.578	2169.567	3311.519
Base	20	A42	36.91	46.92	109.464	34.424	60.436	2230.693	2835.657	1	85.088	3140.610	3992.345
Base	17	A43	0.00	50.97	71.845	27.501	32.890	0.000	1676.393	1	85.088	0.000	4336.952
Base	44	A44	4.22	50.97	168.578	57.330	84.665	357.286	4315.375	1	85.088	359.073	4336.952
Base	45	A45	10.07	50.97	160.048	50.266	84.831	854.247	4323.831	1	85.088	856.840	4336.952
Base	18	A46	17.09	50.97	90.610	32.243	42.860	732.484	2184.595	1	85.088	1454.160	4336.952

5382 64404 158223 3595 43069 105651
CM 12 29 CR 12 29

EXCENTRICIDAD		
ex	-1.386	cm
ey	1.007	cm

Matriz de consistencia

Matriz de consistencia					
Título	"Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, para adecuarlo a la NTP-E031 en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho"				
Responsable	Flores Roca, Yordan Raul				
Problema	Objetivo	Hipotesis	Variables	Metodología	Muestra
Problema General ¿De qué manera el Aislador Elastomérico interviene en el diseño estructural de hospitales aplicando la NTP-E031?	Objetivo General Realizar el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, según la Norma Técnica Peruana E031 del reglamento nacional de edificaciones, en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho	Hipotesis General Los aisladores elastomericos optimiza el diseño estructural en hospitales, cumpliendo la NTP-E031 del reglamento nacional de edificaciones	Variable Independiente Diseño estructural con aislador elastomeric	Metodología Enfoque :cuantitativo porque se desarrollara un esquema secuencial con la finalidad de obtener resultados de forma numérica y comprobar las teorías.	Muestra Poblacion La población se evaluó a través de las características y diseño que presenta la estructura en cada sector del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena De Ayacucho
Problema Especifico ¿Cómo el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico influye en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho?	Objetivo Especifico Analizar como el Diseño Estructural con Aislador Elastomérico influye en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho	Hipotesis Especifica El diseño estructural del hospital regional Miguel A. Mariscal Llerena sector "B"-Ayacucho muestra un mejor desempeño con aislador elastomérico frente a la demanda sísmica	Variable Dependiente Adecuacion a la NTP-E031	Metodología Tipo de Investigacion : El trabajo de investigación se considera una investigación aplicativa	Muestra El muestreo es intencionado, es decir se analizará el sector "B"
¿Qué exigencias presenta la NTP-E031 para su aplicación en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho?	Explicar qué exigencias presenta la NTP-E031 para su aplicacion en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho	La NTP-031 presenta parámetros requisitos y exigencias para su aplicación en el diseño estructural del Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho		Diseño de investigación: el trabajo de investigación se considera un diseño no experimental -transeccional - correlacionales - causales, porque en el análisis de las 2 variables se percibe una relación correlacional o de causa y efecto.	
¿Qué características presenta el diseño estructural con aislador elastomérico para comprobar el diseño estructural del hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho?	Presentar el diseño estructural con aislador elastomeric para comprobar el diseño estructural del hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho	Comprobar el cumplimiento del diseño estructural con aisladores elastomericos en el hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"-Ayacucho			

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Yo (Nosotros) YORDAN RAÚL FLORES ROCA estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: " DISEÑO ESTRUCTURAL CON AISLADOR ELASTOMÉRICO, PARA ADECUARLO A LA NTP-E031 EN EL HOSPITAL REGIONAL MIGUEL A. MARISCAL LLERENA SECTOR "B"-AYACUCHO ", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 23 de Marzo Del 2021

Nombres y Apellidos	Firma
YORDAN RAÚL FLORES ROCA DNI: 48622730 ORCID (0000-0002-1054-7101):	 Firmado digitalmente por: yfloresro el 23 de Marzo 2021 17:47:09