

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO TÉCNICO DE LOS AISLADORES SÍSMICOS UTILIZADOS
EN EL EDIFICIO “VIA PONIENTE”**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de TÉCNICO UNIVERSITARIO EN
CONSTRUCCIÓN.

Alumno:

Patricia Norka Katalina Salazar Garrao

Profesor Guía:

Sr. Emilio Cesar Guerra Urbina

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a quienes que, de cualquier forma, estuvieron acompañándome en este largo y difícil camino, guiando mi paso durante la carrera y en este último proceso, haciéndolo un buen recuerdo.

RESUMEN.

KEYWORDS: AISLADORES SÍSMICOS, SISMOS.

Este estudio técnico analizará los aisladores sísmicos utilizados en la construcción del edificio “Vía poniente” a cargo de la constructora “Vimac”, se detallarán que son estas estructuras, su función, composición y se puntualizarán sus especificaciones técnicas además de exponer las características y condiciones del suelo, debido a que de este depende también la utilización de distintas formas y técnicas de aislación sísmicas.

Para contextualizar este estudio, “Vimac” es la empresa constructora que ésta encargada de llevarlo a cabo, ésta se especializa en proyectos integrales de construcción, servicios de construcción a terceros y desarrollos inmobiliarios, cuenta con más de 25 años de trayectoria en el mercado de la construcción, siendo una de las empresas líderes de la quinta región. El complejo habitacional “Vía poniente” actualmente aún se encuentra en construcción, este está ubicado en la calle 9 norte, N° 450, Viña Del Mar, Valparaíso.

Éste se diseñó en tres partes debido a su gran envergadura, contando con una edificación de 21 pisos con departamentos tipo, dos subterráneos, un nivel de entrada y el piso 23 de áreas comunes, traducándose en un total de 34.884,52 m² a construir.

Esta edificación se encuentra en la república de Chile, un país sudamericano perteneciente al cinturón de fuego, una zona que es reconocida a nivel mundial por su alta actividad sísmica siendo producida por la convergencia entre la placa de nazca y la sudamericana.

Debido a esta realidad nacional se han implementado normas, las cuales tienen en consideración el aspecto anteriormente mencionado y dan la orientación necesaria para edificar de la manera más segura y óptima, salvaguardando el entorno y a sus habitantes, por esto en este proyecto la constructora “Vimac” decidió incorporar aisladores sísmicos utilizándolos por toda la base soportante del edificio, los cuales están encargados de separar el terreno y la edificación para brindar estabilidad al momento de ser sometida a algún movimiento telúrico por parte de las placas tectónicas ya mencionadas y aun así mantener la estructura con la menor cantidad de daño posible y así mismo reducir el peligro por los daños acumulados a través de los años y los distintos movimientos sísmicos.

El objetivo general de esta investigación es presentar las características de los modelos de aisladores sísmicos utilizados, como también su funcionamiento para comprender su importancia, también se presentan los objetivos específicos, los cuales son

explicar la necesidad de la utilización de estos aisladores por medio de la influencia de las condiciones del suelo que afectan directamente en el diseño de esta estructura.

INDÍCE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: Antecedentes generales.....	2
1. Antecedentes generales	3
1.1 Definiciones.....	3
1.1.1 Placa tectónica.	3
1.1.2 Sismo.	4
1.1.3 Periodo natural.....	4
1.1.4 tipos de sismos.....	5
1.1.5 tipos de ondas sísmicas.....	6
1.1.6 Conceptos para la medición y clasificación de los sismos.	8
1.2 Consecuencias.	9
1.2.1 Consecuencias geológicas, naturales y medioambientales.....	10
1.3 ejemplos de sismos.....	10
1.3.1 Terremoto del 22 de mayo de 1960, Valdivia, Chile.....	11
1.3.2 Terremoto del 26 de diciembre del 2004 en la isla de Célebes, Indonesia: 12	
1.3.3 Terremoto del 11 de marzo de 2011, Japón.....	13
1.3.4 terremoto del 4 de noviembre de 1952, Rusia.	15
CAPÍTULO 2: CONDICIONES DEL TERRENO, FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS UTILIZADOS EN EL EDIFICIO “VÍA PONIENTE”,.....	17
2 CONDICIONES DEL TERRENO, FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS UTILIZADOS EN EL EDIFICIO “VÍA PONIENTE”.....	18
2.1 Estratigrafía y propiedades del suelo, estudios realizados previos a la construcción. 18	
2.1.1 Ensayes.	18
2.1.2 Sobre los estudios.	22
2.1.3 Resultados.....	23

2.2 Previo al funcionamiento.....27

2.3 Funcionamiento 29

2.4 características. 30

2.4.1 Las características de los aisladores sísmicos son las siguientes: 34

2.4.2 Normas utilizadas 39

CONCLUSIÓN.....42

BIBLIOGRAFÍA.....44

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 0-1 División de las placas tectónicas en el mundo.

Figura 0-2 Ilustración de zona afectada por un sismo.

Figura 0-3 Tipos de ondas sísmicas.

Figura 0-4 Tabla de los niveles de intensidad de la escala de Mercalli.

Figura 0-5 Tabla de la escala de Richter.

Figura 0-6 fotografía de los daños ocasionados por el terremoto de Valdivia en 1960, Chile.

Figura 0-7 Fotografía de los daños causados por el terremoto de Valdivia en 1960, Chile.

Figura 0-8 Desastre después del terremoto de indonesia.

Figura 0-9 Derrumbe de una vivienda a causa del terremoto.

Figura 0-10 Costa de Japón siendo inundada por el tsunami provocado por el sismo de marzo del 2011.

Figura 0-11 fotografía de las calles destruidas después del terremoto.

Figura 0-12 Daños del terremoto de Rusia.

Figura 0-13 Suelo totalmente agrietado a causa del terremoto de 1952.

Figura 0-1 Representación del movimiento de un edificio en un sismo.

Figura 0-2 Grafico de la alteración del periodo natural de un edificio tras un sismo.

Figura 0-3 Detalle de armadura de dados de hormigón utilizados como base para los aisladores sísmicos.

Figura 0-4 Vista general de la armadura de los aisladores sísmico.

Figura 0-5 Vista inferior de una placa de acero para la base de los aisladores (secuencia constructiva).

Figura 0-6 Posicionamiento de la placa de acero para la base de los aisladores (secuencia constructiva).

Figura 0-7 placa de acero posicionada en la armadura, lista para vaciado del hormigón. (Secuencia constructiva).

Figura 0-8 Detalle de dado de hormigón H-40, base de los aisladores sísmicos.

Figura 0-9 Instalación de aislador tipo A.

Figura 0-10 Instalación de aislador tipo B.

Figura 0-11 Pernos utilizados en la instalación de los aisladores sísmicos.

Figura 0-12 Tabla de las alturas totales de cada aislador.

Figura 0-13 Tabla de las dimensiones máximas de cada aislador.

Figura 0-14 Tabla de rigidez para aislador tipo A.

Figura 0-15 Tabla de rigidez para aislador tipo B.

Figura 0-16 Tabla de rigidez tipo C.

Figura 0-17 Instalación de un aislador sísmico.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Sondaje SPT- 1.

Tabla 2-2. Resumen según datos entregados por Petersen, M (2015).

INTRODUCCIÓN.

A través de toda la existencia de la humanidad los sismos han estado presentes, pudiendo así experimentar las consecuencias de este fenómeno natural tanto individualmente como en sociedad, existiendo registros en la historia sobre los sismos más devastadores existentes.

A partir de este fenómeno nació el interés en las antiguas civilizaciones de estudiar más a fondo esto, por lo que surgieron variadas hipótesis de lo que podría venir a ser un sismo, los primeros argumentos se enfocaron en explicar que los movimientos eran provocados por el fuego que viajaba a través de unos conductos dentro de la tierra, posibles reacciones químicas existentes dentro del núcleo terrestre y hasta pensamientos religiosos que le otorgaban su explicación a los dioses y su furia contra las acciones del ser humano.

Al pasar los años, junto con los descubrimientos y avances en la ciencia, el ser humano descubrió que estos movimientos se generaban porque la tierra estaba formada de placas, unas al lado de otras y algunas por encima, hoy en día estas se llaman placas tectónicas y albergan demasiada energía y presión entre ellas, cuando una de las placas se estremece ante esta presión se estremece generando los terremotos que vendrían siendo causados por la liberación de esta energía.

Junto con el crecimiento de la población mundial y por necesidad, aumentó el número de construcciones que albergaban hogares y puestos de trabajo, esto significa grandes inversiones de tiempo, dinero y capital humano que se ven tiradas a la basura luego de un terremoto porque estas no resistían a los movimientos terrestres, con el paso del tiempo se han buscado técnicas que aminoren estas pérdidas, creando formas de construir que puedan ser resistentes y seguras, aquí es donde aparecen los aisladores sísmicos, objetos de gran tamaño, capaces de resistir edificaciones enormes encima, que en simples palabras, las separan del suelo, disipan la energía y amortiguan el movimiento, generando que los daños estructurales sean mínimos, si es que no inexistentes y por ende que el peligro para las personas también desaparezca, dando paso a construcciones seguras y duraderas.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. **ANTECEDENTES GENERALES**

Se presentarán definiciones de conceptos, las consecuencias de los sismos y algunos ejemplos de estos.

1.1 **DEFINICIONES.**

Para comenzar se expondrán las siguientes definiciones que darán pie a este estudio, contextualizando el vocabulario utilizado más adelante:

1.1.1 **PLACA TECTÓNICA.**

Las placas tectónicas son fragmentos de la litosfera, compuesta por la parte superior del manto superior y la corteza terrestre, que se comportan como una capa fuerte, relativamente fría y rígida. Las placas de la litosfera son más delgadas en los océanos, donde su grosor varía de unos cuantos kilómetros en las dorsales oceánicas hasta 100 kilómetros en las cuencas oceánicas profundas. (Tarbuck, E. & Lutgens, F., 2001).

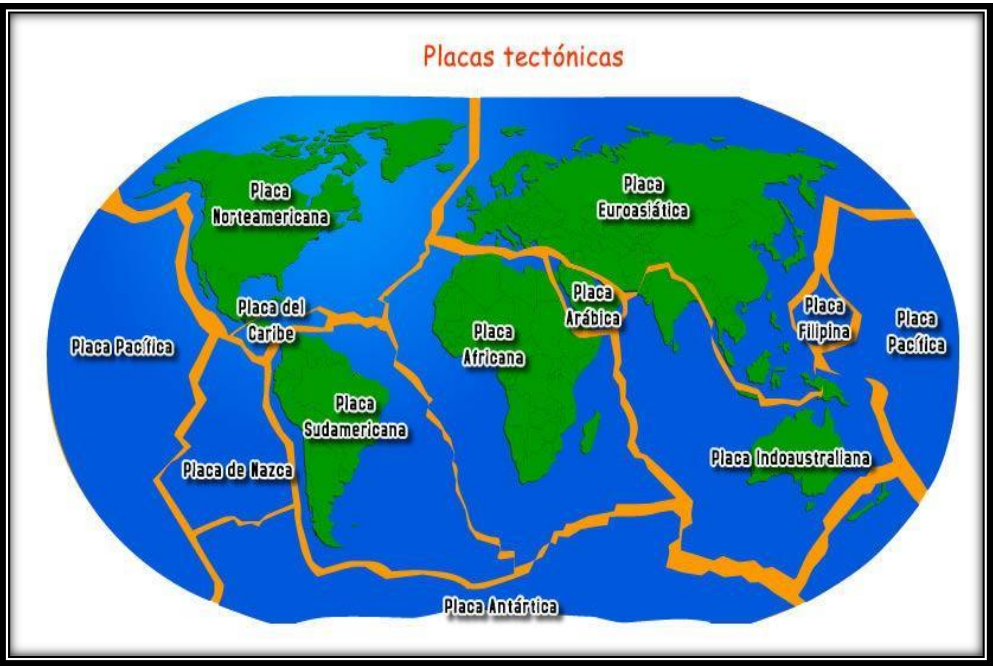


Figura 1-1 División de las placas tectónicas en el mundo.

FUENTE: www.portaleducativo.net/cuarto-basico/763/Las-placas-tectonicas.

1.1.2 SISMO.

“Serie de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas (corteza y manto)”. (Onemi, 2016. p5).

Es decir, un sismo es el movimiento generado por la acumulación y liberación de energía que causa que las placas tectónicas de una zona determinada se muevan, choquen o se separen dependiendo de estas mismas, cabe destacar que este significado también comprende los siguientes conceptos: Terremoto y temblor.

Según chilecubica (s.f) si es que se quiere hablar de un sismo de baja intensidad, la manera correcta de decirlo no es temblor, ya que se indica que sismo es sinónimo de temblor y terremoto, palabras cuales no diferencian la intensidad o magnitud del movimiento, para estos fines, se debe hablar de remesón, que significa, sismo de menos intensidad.



Figura 1-2 Ilustración de zona afectada por un sismo

FUENTE: T13.cl

1.1.3 PERIODO NATURAL.

“Período de oscilación o de vibración de un sistema en ausencia de una fuerza oscilatoria que la altere”. (Periodo Natural – Diccionario de Geotecnia, (s.f).

1.1.4 TIPOS DE SISMOS.

Se detallará como están clasificados los sismos y se expondrá un ejemplo de cada clasificación ocurrido en el territorio chileno.

❖ Sismos Interplaca (< 40-60 km de profundidad):

También se conocen como terremotos de subducción. Corresponden a sismos compresionales con mecanismos de falla inversa y su magnitud es proporcional al desplazamiento y al área de la zona de desplazamiento. La profundidad de los terremotos en zona de acoplamiento se limita a una zona de profundidad máxima de 60 km (Delouis et al., 1994; Comte & Suárez, 1994; Araujo & Suárez, 1994). Cuando ocurren eventos de este tipo de gran magnitud y hay desplazamiento vertical del fondo oceánico, hay altas probabilidades de ocurrencia de tsunamis. (CSN, 2016).

- Sismo sucedido a las 03:34 am, hora local el 27 de febrero del año 2010 en la región del Maule, Chile. Marcando una magnitud de 8.8 en la escala de Richter y una intensidad de IX en la escala de Mercalli, tuvo 283 réplicas, provocó la muerte de cientos de personas y la destrucción de innumerables. (CSN, 2016).

❖ Sismos Intraplaca de profundidad intermedia (> 50 km, < 250 km de profundidad):

Ocurren al interior de la placa oceánica a profundidades superiores a los 50 km hasta profundidades a las cuales se cree la placa pierde su comportamiento frágil (~700 km); sin embargo, en Chile las profundidades de estos sismos van entre los 50 km y los 250 km.

Se ha observado que el potencial de daños de estos sismos es mayor que el de los sismos interplaca de similar magnitud (CSN, 2016).

- “Sismo sucedido a las 23:32 pm, hora local el 24 de enero del año 1939 en la región del Biobío, Chile. Marcando una magnitud de 8.3 en la escala de Richter. Tuvo como consecuencia el deceso de 24.000 personas”. (CSN, 2016).

❖ Sismos Superficiales o Corticales (< 60 km de profundidad):

Ocurren dentro de la placa continental en la corteza a profundidades inferiores a los 60 km. Se deben principalmente a las deformaciones generadas por la convergencia entre la placa de Nazca y la placa continental. Ocurren dentro de la placa continental

en la corteza a profundidades inferiores a los 60 km. Se deben principalmente a las deformaciones generadas por la convergencia entre la placa de Nazca y la placa continental. Estas deformaciones son las que dieron origen al alzamiento de la Cordillera de los Andes y en general, son máximas en torno a ésta, tanto en Chile como en Argentina. Estas deformaciones son las que dieron origen al alzamiento de la Cordillera de los Andes y en general, son máximas en torno a ésta, tanto en Chile como en Argentina. (CSN, 2016).

- “Son los terremotos de Curicó (Magnitud 6.6, 2004)”. (CSN, 2016).

❖ Sismos Outer-Rise (< 30 km de profundidad):

Ocurren costa afuera de la fosa oceánica. Se deben a la deformación de la placa de Nazca y a los esfuerzos de flexión sobre ella antes de subducir, ubicándose en la zona de outer-rise o de máxima curvatura. Son sismos de baja profundidad y en general poseen magnitudes inferiores a 7.0, razón por la cual generalmente no generan tsunamis. (CSN, 2016).

- “Este tipo de sismos es el terremoto del 2001 ($M_w=6.7$), frente a las costas de Valparaíso”. (CSN, 2016).

❖ Sismos por falla Transformante:

“Corresponden a sismos producidos por el desplazamiento lateral de una placa tectónica respecto a la placa vecina”. (CSN, 2016).

- “Este tipo de fallas es la Falla Fagnano-Magallanes que separa las placas Sudamericana y Scotia”. (CSN, 2017).

1.1.5 TIPOS DE ONDAS SISMICAS.

Estas ondas se dividen en ondas de Compresión (ondas P), ondas transversales (ondas S), ondas de Rayleigh y ondas de Love, estas últimas dos son superficiales.

❖ Ondas de compresión:

“consiste en la transmisión de compresiones y rarefacciones como en el caso de la transmisión del sonido; en este caso las partículas del medio se mueven en el mismo sentido en que se propaga la onda.”. (Espíndola, Jiménez, 1985)

❖ Ondas transversales o de cizallamiento:

“las partículas se mueven ahora en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda”. (Espíndola, Jiménez, 1985).

❖ Ondas de Rayleigh:

Estas ondas tienen su máxima amplitud en la superficie libre, la cual decrece exponencialmente con la profundidad (...) la trayectoria que describen las partículas del medio al propagarse la onda es elíptica retrograda y ocurre en el plano de propagación de la onda. (Espíndola, Jiménez, 1985).

❖ Ondas de Love:

Se generan sólo cuando el medio elástico se encuentra estratificado, situación que se cumple en nuestro planeta. Las ondas Love se propagan con un movimiento de las partículas, perpendicular a la dirección de la propagación, sólo que polarizadas en el plano de la superficie de la tierra. (Espíndola, Jiménez, 1985).

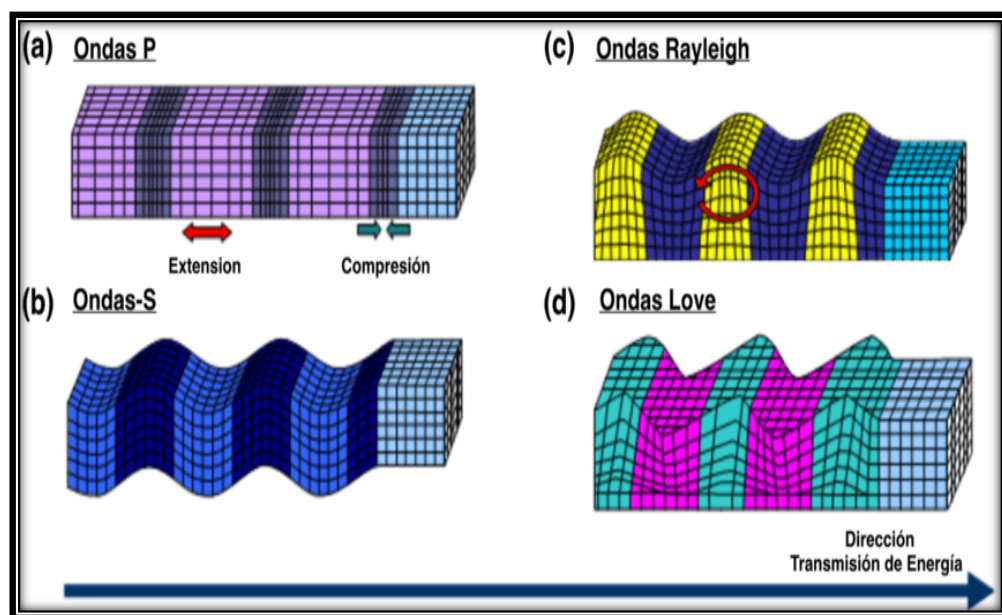


Figura 1-3 Tipos de ondas sísmicas.

FUENTE: www.misistemasolar.com

1.1.6 CONCEPTOS PARA LA MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISMOS.

Se definirán los conceptos de “Magnitud”, “Intensidad”, “Escala de Mercalli” y “Escala de Richter”.

❖ **Magnitud:**

La escala de Richter mide la magnitud de un sismo. A través de ella se puede conocer la energía liberada en el hipocentro o foco, que es aquella zona del interior de la tierra donde se inicia la fractura o ruptura de las rocas, la que se propaga mediante ondas sísmicas. En una escala logarítmica, no existiendo límites inferior ni superior. (ONEMI 2016).

❖ **Intensidad:**

Escala cualitativa, mediante la que se mide la intensidad de un sismo. Constituye la percepción de un observador entrenado para establecer los efectos de un movimiento telúrico en un punto determinado de la superficie de la tierra. La escala modificada de Mercalli va desde el grado I hasta el XII. (ONEMI 2016).

❖ **Escala de Mercalli:**

Es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos en las construcciones, objetos, terrenos y el impacto que provoca en las personas. El valor de la intensidad de un sismo en un cierto lugar se determina de acuerdo a una escala previamente establecida. (ONEMI 2016)

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien contruidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

Figura 1-4 Tabla de los niveles de intensidad de la escala de Mercalli.

FUENTE: sites.ipleiria.pt

❖ Escala de Richter:

Es la medida cuantitativa del tamaño de un sismo en su fuente o foco. Está relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura de rocas. Se calcula mediante una expresión matemática, cuyos datos se obtienen del análisis de los registros instrumentales. La magnitud se expresa en la escala Richter. (ONEMI 2013)

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal contruidos y otras estructuras en un radio de 10 km.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
8.0 o más	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

Figura 1-5 Tabla de la escala de Richter

FUENTE: repasosdegeografia.blogspot.com

1.2 CONSECUENCIAS.

En general se considera que los desastres naturales de esta clase, causan no sólo un número elevado de muertes, sino también una enorme perturbación social, brotes epidémicos de enfermedades transmisibles y hambrunas por hacinamiento de la población (...) Debido a la destrucción de viviendas, edificios públicos o daño de las estructuras, los terremotos causan numerosas defunciones y lesiones que requieren atención médica intensiva se produce un riesgo potencial de que aumenten ciertas enfermedades transmissible dependiendo de las condiciones sanitarias y otras características ecológicas. Importan especialmente los efectos debido a las deficiencias en el suministro eléctrico y de agua las rupturas de los sistemas de drenaje y la inadecuada eliminación de excreta. Todo lo anterior puede ocasionar la contaminación del agua y los alimentos, por lo que la población experimenta cambios en las necesidades y prioridades del socorro en distintos momentos posteriores al desastre. (López-Cervantes, López-Carrillo, & Escamilla, 2014)

Con esto se evidencia que los daños generados por la destrucción de las estructuras abarcan variadas áreas, tales como el área social, política, económica y de salud, generando pérdidas en todos los sectores de un estado, debilitando por completo a la población, siendo necesario buscar soluciones constructivas que aminoren o desaparezcan la mayor cantidad de estas pérdidas para la conservación de los seres humanos.

A continuación, se nombrarán y explicará brevemente las consecuencias que son vitales para el desarrollo de este estudio.

1.2.1 CONSECUENCIAS GEOLÓGICAS, NATURALES Y MEDIOAMBIENTALES.

Según (Chunga, 2016) el nivel de riesgo sísmico aumenta debido por las fallas geológicas superficiales cercanas a pueblos, ciudades, zonas urbanas en general, donde gracias a estas fallas superficiales los sismos son capaces de alcanzar magnitudes entre 6 a 7.2. Esto desemboca posibles efectos geológicos sísmicos, tales como;

- ❖ Licuefacción de suelos saturados
- ❖ Subsistencia antropogénica y natural, así como sinkholes (Dolina)
- ❖ Grietas y fallamientos superficiales en terreno natural
- ❖ Deslizamientos de taludes naturales y estabilizados
- ❖ Levantamientos de acantilados y playas.

Así siendo estos los efectos geológicos sísmicos que provocan y facilitan los daños en infraestructuras y edificaciones, es decir, las condiciones locales de los sedimentos holocénicos da una disposición del ambiente sedimentario a permitir el efecto de sitio y la amplificación de las ondas sísmicas de mayores duraciones. También (Chunga, 2016) nos indica que la activación de estas estructuras sismogénicas posee la posibilidad de generar variados desastres naturales, tales como los tsunamis, que pueden influir en las consecuencias en cuanto a infraestructura de una ciudad o poblado.

1.3 EJEMPLOS DE SISMOS.

A continuación, se desarrollarán brevemente algunos terremotos en los cuales se evidencian las fatales consecuencias de estos acontecimientos.

1.3.1 TERREMOTO DEL 22 DE MAYO DE 1960, VALDIVIA, CHILE.



Figura 1-6 fotografía de los daños ocasionados por el terremoto de Valdivia en 1960, Chile.

FUENTE: www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-71079.html

Este terremoto tuvo una magnitud máxima de 9.5, por lo que es el terremoto de mayor magnitud registrado en la historia, sus consecuencias fueron catastróficas ya que provocó la muerte de 2.500 personas y los daños estuvieron evaluados entre 550 y 700 millones de dólares, en cuanto a la destrucción que provocó, este terremoto generó licuaciones y deslizamientos de taludes, como también el derrumbamiento de la mayor parte de la ciudad.



Figura 1-7 Fotografía de los daños causados por el terremoto de Valdivia en 1960, Chile.

FUENTE: www.cambio21.cl

1.3.2 TERREMOTO DEL 26 DE DICIEMBRE DEL 2004 EN LA ISLA DE CÉLEBES, INDONESIA:



Figura 1-8 Desastre después del terremoto de indonesia.

FUENTE: www.actualidad.rt.com

Este sismo conocido como el terremoto de Sumatra-Andamán, ocurrió el 26 de diciembre del 2004 en la isla de Célebes, Indonesia a las 00:58 UTC y fue categorizado como un terremoto submarino. Está catástrofe natural ocasionó tsunamis consecutivos que tuvieron contacto con la mayoría de las costas del océano indico, por lo que con esto hubo

un gran porcentaje de daño en estructuras de toda índole. La magnitud del sismo fue registrada como 9,3 en la escala de magnitud de momento, para quedar registrado como el segundo terremoto más grande del mundo después del terremoto de Valdivia (Chile) en 1960.

Este sismo con una magnitud de 9.3, generó caos total el día 26 de diciembre cuando por su gran intensidad causó un tsunami de grandes dimensiones. Este suceso arrebató más de 184.000 vidas



Figura 1-9 Derrumbe de una vivienda a causa del terremoto.

FUENTE: [www. elmundo.es](http://www.elmundo.es)

1.3.3 TERREMOTO DEL 11 DE MARZO DE 2011, JAPÓN.



Figura 1-10 Costa de Japón siendo inundada por el tsunami provocado por el sismo de marzo del 2011.

FUENTE: [www. elmundo.es](http://www.elmundo.es)

El terremoto de Japón se produjo el 11 de marzo del 2011 a las 2:46 p. m., con una magnitud que rondaba entre los 8.9 y 9.1 grados Richter, este se produjo a 371 kilómetros al noroeste de Tokio, con una profundidad de 24 kilómetros. Este Terremoto se registra entre los 5 primeros que se han registrado en la historia de la humanidad, además mantiene el primer lugar del terremoto más grande que jamás haya azotado Japón, con sólo decir que este generó un tsunami con olas que medían 9 metros de altura en consecuencia se sufrieron muchas muertes, daños infraestructurales y colaterales junto a estos, incluyendo varios reactores nucleares de la zona. Según la Agencia de Manejo de Desastres e Incendios de Japón, las muertes fueron causadas inicialmente por el terremoto para luego finiquitar con los daños posteriores que provocaron condiciones paupérrimas para la salud.

Al día siguiente, como es de costumbre luego de un sismo de esas características, las réplicas se mantuvieron activas rondando los 6.2 hasta que el gobierno japonés declara emergencia nuclear debido a que las oleadas de sismos y el tsunami cortaron los suministros de electricidad apagando los generadores de emergencia.



Figura 1-11 fotografía de las calles destruidas después del terremoto.

FUENTE: elcomercio.pe

1.3.4 TERREMOTO DEL 4 DE NOVIEMBRE DE 1952, RUSIA.



Figura 1-12 Daños del terremoto de rusia.

FUENTE: es.historia.com

El 4 de noviembre de 1952 a las 16:58 GMT se registró un sismo de magnitud de 8.2 en Rusia, causando la destrucción y pérdida de vida alrededor de la península de Kamchatka y las islas Kuriles. El sismo registrado logró tal intensidad que, hasta las costas de Hawái, Japón, Alaska, Nueva Zelanda y Chile fueron afectadas. Las réplicas se registraron constantemente varios días después en un área de aproximadamente 247.000 km cuadrado.



Figura 1-13 Suelo totalmente agrietado a causa del terremoto de 1952.

FUENTE: www.Teleamazonas.com

Como se ha demostrado, los sismos son fenómenos naturales que causan grandes pérdidas, humanas y materiales, capaces de destruir estructuras de grandes tamaños. Debido a esto Chile, un país reconocido por sus grandes terremotos, ha tenido que modificar sus formas de construir, creando y cambiando normas que salvaguarden tanto las estructuras como a quienes estarán en ellas.

**CAPÍTULO 2: CONDICIONES DEL TERRENO, FUNCIONAMIENTO Y
CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS UTILIZADOS EN
EL EDIFICIO “VÍA PONIENTE”,**

2 CONDICIONES DEL TERRENO, FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS UTILIZADOS EN EL EDIFICIO “VÍA PONIENTE”.

En este capítulo se presentarán los estudios realizados al terreno previa la construcción del edificio, también se explicará el funcionamiento de los aisladores sísmicos para luego exponer sus características.

2.1 ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES DEL SUELO, ESTUDIOS REALIZADOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN.

El suelo en simples palabras es la superficie terrestre en la que nos encontramos, por lo que toda nuestra vida como humanidad nos hemos desarrollado en base a éste, desde tiempos inmemorables hemos utilizado el suelo como herramienta de agricultura, ganadería, minería, construcción, entre otros. Esto ha ido evolucionando a través del tiempo debido a los grandes avances científicos y tecnológicos, dentro de todos los casos anteriormente mencionados y de igual manera que los demás, el área de la construcción ha sufrido cambios sustanciales respecto a los procesos a realizar, además de la implementación de estudios y conocimientos aplicados a las variables que se encuentran a la hora de construir. Por lo tanto, los estudios del suelo son la primera y más importante parte de un proyecto, ya que, en base a los resultados de los distintos estudios, se da pie a comenzar con el diseño.

Se desarrollará cada ensaye individualmente para proceder con los resultados y análisis del terreno.

2.1.1 ENSAYES.

➤ Sondaje SPT:

Los sondajes "SPT" (NCh 3364-2014 “Geotecnia – Ensaye de Penetración Estándar”) consisten en la hincada golpes de un conjunto de barras de acero huecas por medio de una masa de $63,5 \pm 0,5$ kg de peso cayendo desde 76 cm de altura repetidas veces; el conjunto de barras posee como punta un cilindro muestreador hueco denominado cuchara normal ó muestreador Terzaghi de 1 3/8" de diámetro interno y 2" de diámetro externo, con el cual se obtiene muestras del suelo atravesado metro a metro, registrándose además el número de golpes

necesario para los últimos 30 cm de penetración de la sonda. Los sondajes menos profundos denominados como Cono Dinámico o “CPT” consiste en la hincada a golpes de un conjunto de barras de acero por medio de una masa de 63,5 [Kgf] de peso cayendo repetidas veces desde 76 cm de altura; este sondaje penetra en el suelo sin sacar muestras del terreno atravesado ni utilizar revestimiento protector, el conjunto de barras posee una punta de flecha de 2" de diámetro 5,0 cm² de área y 60 grados de conicidad la cual que queda posteriormente perdida dentro del terreno, registrándose como resultado el número de golpes necesario "Nc" para cada 30 cm de penetración ó avance de la sonda, conteo denominado “rechazo” ó número Nc_{pt} de [golpes/30cm], el cual se encuentra empíricamente bien relacionado con la capacidad de soporte admisible y deformabilidad de suelos granulares.

El equipo normativo usual para ejecutar el sondaje SPT utiliza cuerda enrollada dos (2) veces o dos vueltas completamente alrededor del tambor de izaje para proporcionar la altura de caída del martillo (Donut). El sistema de levante y caída del martillo puede utilizar método de tambor-soga, ser semiautomático o automático, todo esto siempre y cuando el aparato de levante sea completamente independiente del tren de barras para impedir que se afecte el muestreador y es aceptable cualquier equipo que proporcione una perforación limpia y que asegure que el ensayo SPT sea realizado en suelo inalterado, empleándose barras de perforación de acero de unión rápida, para conectar la cuchara normalizada con el sistema de caída de martillo. Las barras deben tener una rigidez (momento de inercia) igual o mayor a la de una barra del tipo “A” de paredes paralelas (diámetro exterior de 4,1 cm y diámetro interior de 2,85 cm). En este proyecto el Laboratorio de la UTFSM utilizó un equipo normal Acker-Drill con Donut . (Petersen, M. 2015).

➤ Ensayo tipo ReMi:

La Refracción de Microtremores (ReMi) consiste en medir el ruido ambiente con un arreglo de características y disposición similares al empleado en la sismica de refracción convencional. Es un método que aprovecha el "ruido ambiente" (paso de vehículos, funcionamiento de maquinarias, cercanía a fuentes activas, etc.) pero de ser muy silencioso el terreno, se puede emplear una fuente no controlada de ubicación

conocida para enriquecer la razón señal/ruido y así poder obtener una curva de dispersión (en el espectro lentitud – frecuencia, Fig. b izquierda) que permita claramente obtener mediante inversión, un perfil unidimensional de la velocidad de onda de corte (V_s) en función de la profundidad de investigación alcanzada. Esto último dependerá de la longitud del tendido, espaciamiento geófonos, frecuencia del arreglo de geófonos empleados, rango de frecuencias que se exciten con el ruido ambiente (y/o golpes), entre otros aspectos. (Geológicos Geodatos, S.F).

➤ Calicata:

Las calicatas o catas son excavaciones que son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Estas son excavaciones de profundidad pequeña a media, con un máximo de entre 3 y 4m metros de profundidad. Generalmente estas se realizan mediante retroexcavadora.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa.

La sección mínima recomendada es de 0.80 m por 1,00m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo material contaminado con suelo de estratos diferentes. Se dejarán plataformas o escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie hará efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remodelada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico del pozo. En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida. (Geológicos geodatos S.A.I.C, S.F).

➤ Infiltración Porchet:

El método Porchet también se llama método a nivel constante. La velocidad de infiltración esta medida manteniendo un nivel de agua constante en un agujero.

Las pruebas de infiltración se realizan in situ en un suelo no saturado, o en la zona no saturada del suelo.

En la práctica, los agujeros se hacen en la profundidad de interés en el estudio. Ellos están llenos de agua clara con el fin de medir la velocidad de absorción en el campo. Hay que medir el volumen de agua introducida durante la duración de la prueba, que permite mantener un nivel de agua constante en el agujero. Este método permite de calcular el coeficiente de permeabilidad K. (Porchet-Infiltration, S.F).

➤ Ensayo de compresión Triaxial UU:

El ensayo triaxial constituye el procedimiento más satisfactorio para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, en la mayoría de las situaciones. Una de sus principales ventajas radica en el hecho de poder controlar las tensiones principales, el drenaje y la presión intersticial, lo cual conduce al conocimiento del comportamiento básico del suelo y de las características que se utilizarán posteriormente en el diseño.

El ensayo triaxial clásico consiste en someter a una probeta cilíndrica, preparada con una relación altura-diámetro de dos y que se encuentra confinada por medio de una presión hidráulica constante, a una carga vertical creciente hasta producir su rotura. Esta carga debe crecer con velocidad constante, que se suele aplicar por medio de una prensa de velocidad controlada.

Con los resultados así obtenidos, se efectúa la construcción gráfica de los correspondientes círculos de Mohr, estableciendo seguidamente en primera aproximación, la mejor envolvente de dichos círculos, que nos permitirá determinar los valores de la cohesión "c" y del ángulo de rozamiento interno "φ" (Mecánica Científica S.A, S.F)

➤ Ensayo de Corte Directo:

La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. El estudio de la resistencia al corte es necesario para analizar los problemas de estabilidad, capacidad de carga, estabilidad de taludes, presión lateral sobre estructuras de retención de tierras, etc.

Para la mayoría de los problemas de la mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb), es decir:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \Phi$$

donde c = cohesión, y Φ = ángulo de fricción interna, (Ricaldoni, J. 2018)

2.1.2 SOBRE LOS ESTUDIOS.

En el siguiente apartado se expondrán los resultados de los ensayos anteriormente nombrados, con la finalidad de acreditar la solución estructural e implementación de los aisladores sísmicos en este proyecto.

Sondaje SPT: de 30,29 m de profundidad con método “Down-Hole” midió la velocidad de la onda de corte.

Dos sondajes SPT uno de 36 m de profundidad y otro de 24 m de profundidad cada uno, con registro del rechazo metro a metro, clasificación de todos los estratos distintos de suelo y medición de la napa de agua.

Excavación de una calicata hasta alcanzar la napa de agua, con clasificación normativa visual del terreno, clasificación de estratos (Granulometría, índices de Consistencia, G_s) y medición de densidad total, de la Densidad Relativa y de la humedad a 2,0 m y a 20 cm sobre y cerca del fondo de la calicata.

Medición de la infiltración Porchet en pozo de 1,50 m de profundidad.

Ejecución de un ensaye de compresión Triaxial UU con dos probetas de arena bien graduada de color amarillo grisáceo (típica) obtenida desde la calicata entre 3,30 m a 3,50 m de profundidad, muestras no saturadas y sacadas sobre napa (la napa debiera de estar bajo 3,70 m), que para confección de probetas deberán de ser re- moldeadas al 90% de la Densidad Relativa. El ensaye se hace con dos (2) probetas a la humedad natural del terreno (no saturadas) y con fatigas de confinamiento isotrópicas de 0,5 Kgf/cm² y 1,0 Kgf/cm², respectivamente.

Ejecución de un ensaye de Corte Directo con tres (3) probetas de arena bien graduada de color amarillo grisáceo (típica) obtenida desde la calicata entre 3,30 m a 3,50 m de profundidad, muestras no saturadas y sacadas sobre napa (la napa debiera de estar bajo 3,70 m), que para confección de probetas deberán de ser re moldeadas al 80% de la Densidad Relativa. (Petersen, M. 2015).

2.1.3 RESULTADOS.

Estratigrafía del subsuelo según el sondaje SPT-1.

Laboratorio: LEMCO de la UTFSM.

Fecha: enero 2012.

Tabla 2-1. Sondaje SPT- 1.

Ítem	Resultado
Velocidad de onda de corte	“Vs” = con un resultado normalizado Vs30 = 655 m/s
Horizonte H-1	De 0 a 0,35m
Suelo	Losa de hormigón cemento.
Horizonte H-2	De 0,35m a 7m

Arena	Grava-limosa bien graduada de color amarillo grisáceo, con 4,0% de finos y con 3,0% de gravilla de tamaño máximo 20 mm, inorgánica
Humedad	$\omega = 12,2\%$ hasta 3,70 m y saturada bajo esa profundidad
Cementación	Sin
Plasticidad	Sin, (LL = LP = IP = 0).
Compacidad	De mediana a alta con registro Nspt entre 22 a 51 (golpes/pié).
Suelo	Granular fino
Sistema USCS	“SW”
Sistema AASHTO o HRB	A-1-b(0)
Dureza a excavabilidad tabla MOP	Grupo “B”
Horizonte H-3	De 7m a 8m
Arena	Arena gravo limosa bien graduada de color amarillo grisáceo, con 5,0% de finos, y con 16,0% de gravilla de tamaño máximo 20 mm, inorgánica, saturada.
Cementación	Sin
Plasticidad	Sin (LL = LP = IP = 0)
Compacidad	Alta, con registro Nspt de 72 (golpes/pié)
Suelo	Granular fino
Sistema USCS	“SW”
Sistema AASHTO o HRB	Grupo de arenas A-1-b(0)
Dureza a excavabilidad tabla MOP	Grupo “B”
Horizonte H-4	De 8m a 14m

Arena	Arena gravo limosa mal graduada de color gris blanquizo, con 6,0% de finos, y con 5,0% de gravilla de tamaño máximo 20 mm, inorgánica, saturada
Cementación	Sin
Plasticidad	Sin, (LL = LP = IP = 0)
Compacidad	Alta, con registro Nspt entre 45 a 70 (golpes/pié)
Suelo	Granular fino.
Sistema USCS	“SP-SM(ML)”
Sistema AASHTO ó HRB	grupo de arenas A-1-b(0)
Dureza a excavabilidad tabla MOP	Grupo “B”.
Horizonte H-5	de 14m a +30,29m
Arena	Arena limosa mal graduada de color gris con 12,0% de finos, sin gravilla, inorgánica, saturada.
Cementación	Sin.
Plasticidad	Sin, (LL = LP = IP = 0)
Compacidad	Con registro Nspt entre 49 a > 100 (golpes/pié)
Suelo	Granular fino.
Sistema USCS	“SP-SM(ML)”
Sistema AASHTO o HRB	Grupo de arenas A-2-4(0)
Dureza a excavabilidad tabla MOP	Grupo “B”.
Napa de agua	3,69 m
H-2; H-3; H-4	0,35m a 14m

Arena	Arena sedimentaria gravo-limosa bien graduada de color amarillo grisáceo variando bajo 8,0 m a gris blanquizco, inorgánica, húmeda y saturada bajo 3,70 m
% de finos	4,0% a 6,0%de finos
Cementación	Sin.
Plasticidad.	Sin, (LL = LP = IP = 0)
Compacidad.	Alta, suelo no expansivo.

Fuente: Proyecto en estudio

Napa de Agua

A la fecha de la ejecución del sondaje SPT-1 , en el mes de Enero 2012 se detectó napa de agua a la profundidad de 3,69 m , pudiendo estacionalmente. Se observa que la profundidad de la napa de agua que se medirá nuevamente en la segunda campaña de exploración del terreno a llevarse a cabo a corto plazo, debiera de encontrarse en este mes (Junio/2015) a profundidad entre 5,0 m a 6,0 m debido al período de sequía. (Petersen, M. 2015).

Tabla 2-2. Resumen según datos entregados por Petersen, M (2015).

Porcentaje de finos bajo malla ASTM#200	4,0% a 6,0%.
Clasificación en el sistema USCS:	SW variando a SP-SM (ML).
Clasificación en el sistema AASHTO ó HRB.	A-1-b.
Tamaño máximo del grano.	20 mm.
Límite Líquido.	LL = 0.

Límite Plástico.	LP = 0.
-Índice de Plasticidad.	IP = NP = 0.
Contenido de humedad natural.	ω = 12,0% a 21,1%.
Peso específico aparente total natural medio sobre 3,70 m.	γ_t = 1,750 [T/m3].
Peso específico aparente total natural bajo 3,70 m.	γ_t = 2,000[T/m3].
Módulo de Poissón.	μ = 0,25.
Coeficiente lateral de empuje activo (arriba).	Ka = 0,29.
Coeficiente lateral de empuje en reposo (arriba).	Ko = 0,45.
Coeficiente lateral de empuje activo (bajo 3,70 m).	Ka = 0,25.
Coeficiente lateral de empuje en reposo (bajo 3,70 m).	Ko = 0,40.

Fuente: Proyecto en estudio

Como podemos apreciar, los resultados de los distintos estudios realizados al suelo previa la construcción del edificio, demostraron que este al ser mayormente arena, no posee las condiciones necesarias para por sí solo ser un lugar ideal para construir, dejando como la mejor opción reforzar la estructura, en esta circunstancia se decidió la utilización de aisladores sísmicos.

2.2 PREVIO AL FUNCIONAMIENTO.

Para comprender el funcionamiento de estos objetos, primero tenemos que entender que lo que desean evitar son las desastrosas consecuencias de un sismo, por ende, a continuación, se explicará qué sucede con las estructuras al momento de ser sometidas a estos movimientos.

Debido a este fenómeno natural, las edificaciones se ven afectadas, ya que el movimiento de los sismos es en distintas direcciones y las edificaciones han sido creadas para soportar cargas estáticas, a diferencia de los terremotos que son cargas dinámicas.

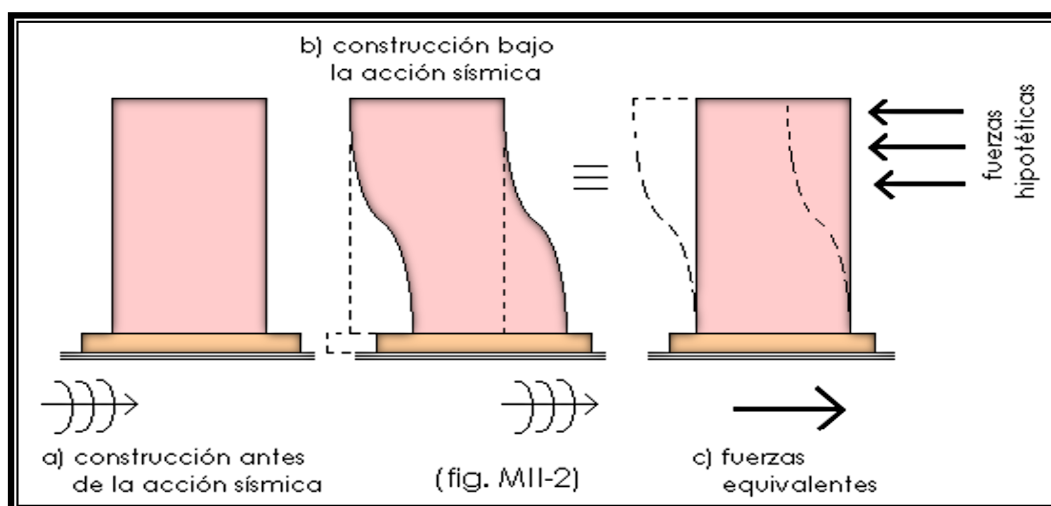


Figura 2-1 Representación del movimiento de un edificio en un sismo.

FUENTE: <http://www.grupoorenda.com/como-afecta-un-sismo-a-una-edificacion/>.

En esta imagen podemos observar la deformación que sufre una estructura vertical al ser sometida a cargas verticales y horizontales como las que provoca un sismo. Todas las estructuras están expuestas constantemente a distintos tipos de movimientos, ya sea por el movimiento de la tierra, por las cargas a las que las sometemos y también el viento que genera que estas se muevan. La diferencia entre las estructuras más pequeñas, como casas de uno o dos pisos y las más altas, como los edificios, es que las primeras mantienen movimientos más cortos, o sea menos destructivos, pero las estructuras más altas oscilan, generando más destrucción en la estructura.

Por lo tanto, se puede decir que las construcciones en si no están hechas en un 100% para soportar un sismo debido a sus materiales y condiciones de construcción ya que no es una carga estática, sino una dinámica la que afectaría a la estructura durante el sismo, esto siendo demostrado por los cientos de catástrofes ocurridas en países sísmicos como Chile, en donde se construye constantemente con la idea de expandir las zonas urbanas. Esta creciente necesidad da pie a que se tenga que ir evolucionando e innovando en las formas de construcción para lograr mayor seguridad en esta y mantener el riesgo y deterioro al mínimo aumentando la vida útil de las construcciones y no sólo esto, sino que también disminuyendo el costo de mantención y reparación en el caso de daño material y el de posibles bajas en caso de catastro. Esta innovación nace gracias a la necesidad de poder construir edificaciones en Países que se sitúen en zonas sísmicas, en este caso Chile que geográficamente y como anteriormente se menciona, se sitúa entre la placa de nazca y la sudamericana lo que no permite acceder a formas de construcción convencionales, por esto mismo es que Chile se posiciona en la elite de implementación de tecnologías de esta índole.

2.3 **FUNCIONAMIENTO**

Debido a que la actividad sísmica y las construcciones de gran envergadura no combinan de la mejor manera, se han creado los aisladores sísmicos, objetos cilíndricos que se posicionan entre una subestructura y una superestructura, para que de esta forma se separe la edificación del suelo.

El funcionamiento de estos es simple, cada aislador puesto en un lugar estratégico determinado por un ingeniero calculista absorbe la energía del sismo para que esta no pase al edificio y altere su periodo natural, amortiguando y absorbiendo la energía en exceso, evitando que se produzca resonancia, así reduciendo la posibilidad de deformaciones y también la magnitud de estas.

Debido a que los aisladores sísmicos desacoplan al terreno de la construcción, estos tienen que ser colocados de manera estratégica para aprovechar al máximo sus cualidades, logrando mayor flexibilidad y aislando la mayor cantidad de energía posible.

Protegiendo así a la estructura de los posibles daños causados por los repentinos aumentos de energía que generan los movimientos telúricos de distintas magnitudes.

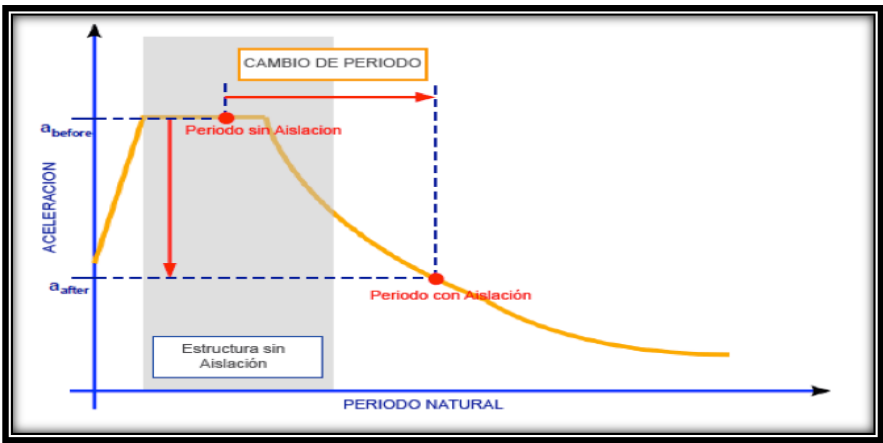


Figura 2-2 Grafico de la alteración del periodo natural de un edificio tras un sismo.

FUENTE: <http://estructurando.net/2014/10/14/aisladores-y-disipadores-sismicos/>

En esta imagen se puede observar cuan modificado llega a estar el periodo natural de un edificio debido a un movimiento telúrico, cabe destacar que este no posee aisladores sísmicos por lo que el periodo aumenta en gran escala, pudiendo ocasionar daños irreparables si la estructura sede ante el mismo,

Gracias a la forma de operar de estos aisladores, se podrían evitar varios de estos incidentes ya que la energía que posee y libera el sismo, no es capaz de pasar al 100% a la edificación, generando que se eviten estos daños en los inmuebles, causando beneficios exorbitantes a la hora de ahorrar recursos en reparación o reconstrucción y en él no perder vidas al momento de estos desastres

2.4 CARACTERISTICAS.

En consecuencia, de la magnitud de los eventos sísmicos que ocurren frecuentemente y para proteger la seguridad de cientos de personas, ha ido surgiendo distintas organizaciones que intentan dar soluciones a esta problemática, en este caso se encuentra RBA-Global, una empresa de disipación y aislación sísmica que se encarga de manufacturar y distribuir disipadores y aisladores sísmicos.

En este proyecto se han utilizado tres tipos de aisladores proporcionados por RBA, el primero se le llamará tipo A; que corresponde a aisladores de goma con núcleo de plomo (LRB), los aisladores tipo B; que son de goma sin núcleo de plomo (RB) y los aisladores tipo C; de goma y sin núcleo de plomo.

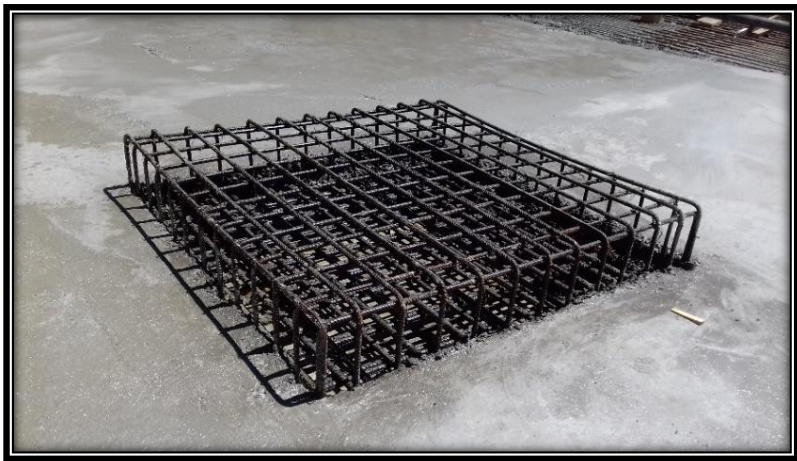


Figura 2-3 Detalle de armadura de dados de hormigón utilizados como base para los aisladores sísmicos.

Fuente: Proyecto en estudio

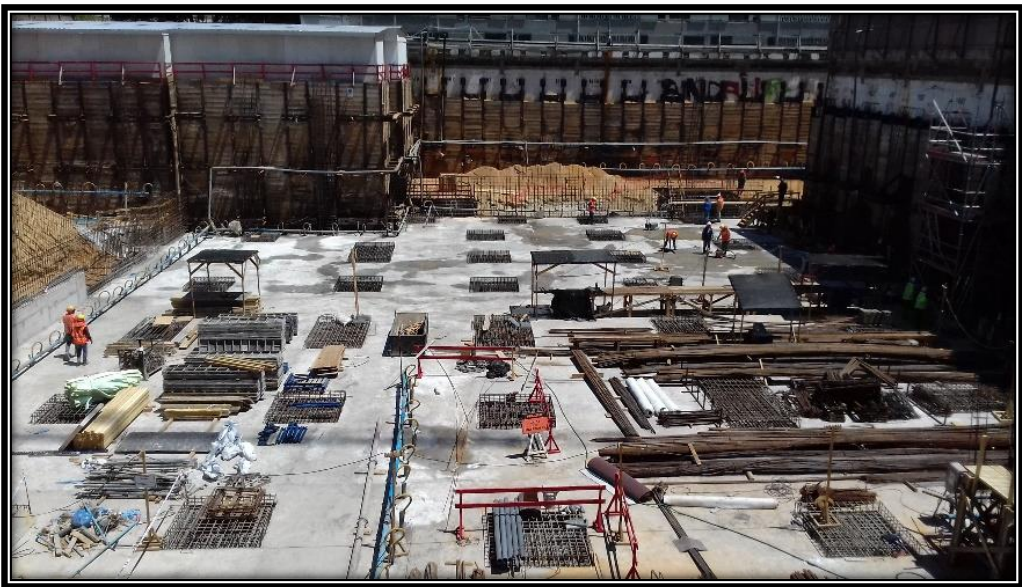


Figura 2-4 Vista general de la armadura de los aisladores sísmicos.

Fuente: Fuente: Proyecto en estudio



Figura 2-5 Vista inferior de una placa de acero para la base de los aisladores (secuencia constructiva).

Fuente: Proyecto en estudio



Figura 2-6 Posicionamiento de la placa de acero para la base de los aisladores (secuencia constructiva).

Fuente: Proyecto en estudio



Figura 2-7 placa de acero posicionada en la armadura, lista para vaciado del hormigón. (secuencia constructiva).

Fuente: Proyecto en estudio



Figura 2-8 Detalle de dado de hormigón H-40, base de los aisladores sísmicos.

Fuente: Proyecto en estudio



Figura 2-9 Instalación de aislador tipo A.

Fuente: Proyecto en estudio

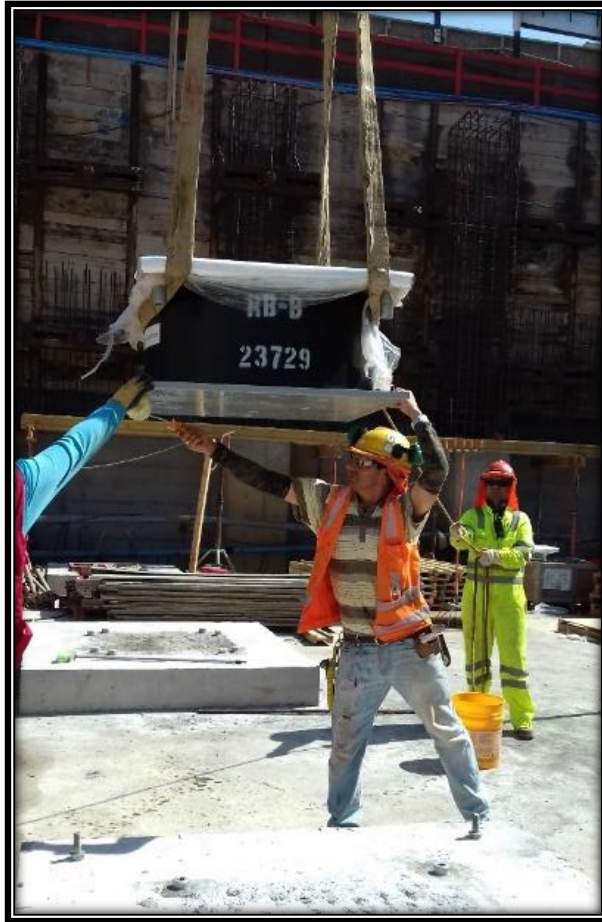


Figura 2-10 Instalación de aislador tipo B.

Fuente: Proyecto en estudio

2.4.1 LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS SON LAS SIGUIENTES:

Aisladores con núcleo de plomo e insertos a hormigón.

❖ Aceros.

- Láminas interiores: ASTM A1011, Gr. 36
- Placas de acero exteriores: ASTM A36
- Aceros en general: ASTM A36
- Manguitos: A572, Gr. 50
- Barras de anclaje a hormigón: F1554, Gr. 55
- Pernos: ASTM A325

Pernos y manguitos deben ser galvanizados.



Figura 2-11 Pernos utilizados en la instalación de los aisladores sísmicos.

Fuente: Proyecto en estudio

❖ Goma.

Todo compuesto de goma utilizado debe satisfacer los siguientes requerimientos mínimos:

- Resistencia mínima de tracción: 88 kgf/cm^2
- Elongación mínima de rotura: 600%
- Resistencia mínima de adherencia: 7.1 kgf/cm^2

❖ Plomo.

La pureza del plomo utilizado en los aisladores debe ser determinado por medio de análisis químicos. El test, efectuado en conformidad con ASTM B29 Y ASTM E37 debe demostrar que la pureza del plomo es superior al 99.9%.

❖ Tolerancia de fabricación.

- Aisladores con núcleo de plomo:
 - Placas de acero: La curvatura fuera del plano de las placas de acero no debe exceder de 2mm.

- Capas de goma: Las capas de goma deben ser de espesor uniforme, conforma a las tolerancias establecidas en ASTM D4014.
- Las tolerancias en las dimensiones de los aisladores serán las siguientes:
 - Dimensiones exteriores en planta: $\pm 7\text{mm}$
 - Horizontalidad de placas superior e inferior: $\pm 4\text{mm}$
- Paralelismo de las superficies:

Pendiente relativa entre placas

- a) Superior e inferior: ± 0.005 radianes
- b) Caras laterales: $\pm 7\text{mm}$
- c) Altura total del aislador: $\pm 7\text{mm}$

❖ Altura total de los aisladores (incluidas sus placas de montaje):

Tipo	Altura total [mm]
Aislador Tipo A	465
Aislador Tipo B	452
Aislador Tipo C	452

Figura 2-12 Tabla de las alturas totales de cada aislador.

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

❖ Dimensión máxima en planta:

Tipo	Máxima dimensión [mm]
Aislador Tipo A	1200
Aislador Tipo B	1000
Aislador Tipo C	1300

Figura 2-13 Tabla de las dimensiones máximas de cada aislador.

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

- ❖ Peso sísmico total de la superestructura (a partir de la información provista por el ingeniero estructural del proyecto): 38.166 Tonf.
- ❖ Combinaciones de cargas consideradas en el diseño del sistema de aislación incluyen, entre otras:

a) $1.2D + L + |E_m|$

b) $0.8D - |E_m|$

c) $D + L$

Donde D , L y E_m denotan las cargas muertas y vivas, y las producidas por el sismo máximo considerado sobre los aisladores, respectivamente.

❖ Factores de seguridad.

- Factor de seguridad para la estabilidad del aislador para cargas estáticas: 3.0.
- Factor de seguridad para la rotura de la goma para la deformación sísmica total máxima del aislador: 1.5.
-

❖ Criterios de desempeño:

- La rigidez lateral efectiva total del sistema de aislación, determinada experimentalmente durante los ensayos de control de calidad de los aisladores de obra para desplazamiento D_D , no debe ser menor que 10,766 Tonf/m y mayor que 13,159 Tonf/m.
- La rigidez lateral efectiva total del sistema de aislación, determinada experimentalmente durante los ensayos de control de calidad de los aisladores de obra para un desplazamiento D_M , no debe ser menor que 9,935 Tonf/m ni mayor que 12,143 Tonf/m.
- Los amortiguamientos efectivos totales del sistema de aislación, determinados experimentalmente para los desplazamientos D_D y D_M , no deben ser menores que 17.1% y 15,3%, respectivamente.
- El sistema de aislación sísmica debe ser capaz de resistir una carga de viento igual a 625 Tonf. La deformación lateral de los aisladores debido a las cargas de viento no debe exceder de 18mm.
- Cada uno de los aisladores debe ser capaz de deformarse lateralmente un desplazamiento igual al desplazamiento total máximo, soportando las cargas verticales de diseño, y manteniendo incrementos positivos de rigidez.
- La rigidez lateral efectiva y el amortiguamiento efectivo de cada aislador deberá satisfacer los requisitos indicados en las siguientes tablas:
 - Para aisladores tipo A:

Propiedad	Desplazamiento Aislador Tipo A (LRB)			
	D_D		D_M	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Rigidez horizontal efectiva (Tonf/m)	307	461	268	403
Amortiguamiento efectivo (%)	25.2	37.9	23.6	35.5

Figura 2-14 Tabla de rigidez para aislador tipo A.

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

➤ Para aisladores tipo B:

Propiedad	Desplazamiento Aislador Tipo B (RB)			
	D _D		D _M	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Rigidez horizontal efectiva (Tonf/m)	91	136	91	136
Amortiguamiento efectivo (%)	-	-	-	-

Figura 2-15 Tabla de rigidez para aislador tipo B.

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

➤ Para aisladores tipo C:

Propiedad	Desplazamiento Aislador Tipo C (RB)			
	D _D		D _M	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Rigidez horizontal efectiva (Tonf/m)	158	237	158	237
Amortiguamiento efectivo (%)	-	-	-	-

Figura 2-16 Tabla de rigidez tipo C.

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

2.4.2 NORMAS UTILIZADAS

Cabe destacar que los aisladores sísmicos fueron diseñados bajo las siguientes normas chilenas de construcción:

- ❖ Diseño efectuado utilizando la norma NCh2745:2013, considerando ubicación zona sísmica 3.

- ❖ Desplazamiento y máximos totales diseñados en conformidad con la norma NCh2745:2013. Sistema de aislación y los ensayos de éstos conforme a esta norma.
- ❖ Cortes mínimos de diseño de la superestructura y de la subestructura deben cumplir con la norma NCh433.OF9.Mod2009 del decreto supremo DS 61 de 2001 y de la norma NCh2745:2013
- ❖ Certificación de calibración de los equipos de ensayo en conformidad con los requisitos ASTM E4.
- ❖ PLOMO: La pureza utilizada debe ser determinada mediante análisis químico conforme con ASTM B29 Y ASTM E37.
- ❖ CAPAS DE GOMA: Espesor uniforme conforme a las tolerancias establecidas en ASTM D4014
- ❖ RESISTENCIA DE TRACCIÓN Y DEFORMACIÓN DE ROTURA DEL ELASTOMERO: ASTM D412
- ❖ Resistencia de adherencia goma-metal: deberá determinarse utilizando el método B de ASTM D429.
- ❖ Dureza: ASTM D2240
- ❖ Resistencia al calor: ASTM D573
- ❖ Ensayo compresión: Método B ASTM D39
- ❖ Resistencia al Ozono: Método A ASTM ensayo en conformidad con ASTM 01449
- ❖ Ensayo ciclico de corte: ASTM D4014
- ❖ Ensayo de prototipos en conformidad con NCh2745.

En la siguiente imagen se puede apreciar la instalación de uno de los aisladores sísmicos, sus placas de acero, barras de anclaje y goma.



Figura 2-17 instalación de un aislador sísmico.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

Como consecuencia de este estudio, se puede determinar que la elección de usar aisladores sísmicos como parte fundamental de este proyecto se debe entre otras cosas a la calidad del suelo en el que este proyecto se encuentra emplazado, se pudo observar gracias a todos los estudios que la materialidad del suelo era mayormente arena y que en este sector se encontraba una gran napa de agua, esto por la clara cercanía al mar.

En el inicio de este trabajo se expusieron los objetivos que se querían desarrollar y que guiaron este estudio, como meta general se logró obtener los datos suficientes para desarrollar cada aspecto de los aisladores, se habló de su funcionamiento, el cual en simples palabras se trata de que esta estructura separe la edificación del suelo, generando la aislación del movimiento, absorbiendo la energía y disminuyendo así considerablemente los efectos de un sismo en la estructura; su materialidad, la cual en su mayoría es de acero para las placas y pernos, goma para el cuerpo de la estructura y plomo al interior de esta; también se exhibieron sus características como por ejemplo sus dimensiones máximas en planta que dependen de cada tipo de aislador siendo de 1200 mm el aislador tipo A, de 1000 mm el aislador tipo B y de 1300 mm el aislador tipo C , tolerancias tal como lo es la tolerancia a la curvatura de las placas de acero que no debe superar los 2 mm y normas chilenas por las cuales está guiado el diseño, las cuales especifican características, dimensiones y condiciones para la elección de este , todo esto derivado de la necesidad existente por parte de la mala calidad del suelo y la importancia de seguir creando proyectos habitacionales que sean seguros y duraderos.

Hablando más detalladamente del primer capítulo, este nos dejó ver y entender que los sismos son fenómenos naturales causados por la liberación de energía acumulada entre las placas tectónicas, estos pueden ser medidos con dos escalas según magnitud e intensidad, estas son las escalas de Richter y Mercalli respectivamente. Los movimientos sísmicos no los podemos evitar, pero si disminuir sus consecuencias desastrosas que se pudieron apreciar con el desarrollo de varios terremotos a lo largo del mundo e historia de este, estas consecuencias pueden ser disminuidas con distintas medidas como lo son las nuevas técnicas de construcción e implementación de objetos tales como los aisladores sísmicos.

Refiriéndonos al segundo capítulo, se logró visibilizar la situación constructiva en la que se encontraba este proyecto, un terreno de muy mala calidad, sin índices de plasticidad, y alto contenido de humedad, encontrándose la arena saturada en la mayor parte del terreno, también se pudo presentar y conocer que un aislador es una estructura diseñada para contrarrestar y disminuir los efectos de un sismo en una estructura ya que

estos funcionan separando la estructura del suelo y como es que se necesitan materiales específicos, como pernos de acero galvanizado y goma con una elongación mínima de rotura: 600% para cumplir con su función por completo y no ceder ante un sismo.

BIBLIOGRAFÍA

APARATOS PARA ENSAYOS DE MATERIALES – INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA (Mecánica Científica S.A, S.F) [en línea]-

<http://mecacisa.com/wp-content/uploads/productos/pdf/22_0154.pdf > [consulta: 10 de mayo 2019].

CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL, UNIVERSIDAD DE CHILE. (25 de abril de 2017). Tipos de sismos en Chile. [en línea] < <https://www.csn.uchile.cl/tipos-de-sismos-chile/>. > [consulta: 9 de mayo 2019].

CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL, UNIVERSIDAD DE CHILE. (26 de febrero de 2007). Efemérides Sísmicas: Terremoto del Maule 2010. Recuperado de <<https://www.csn.uchile.cl/efemerides-sismicas-terremoto-del-maule-2010/> > [consulta: 15 de mayo 2019].

CHILE.CUBICA, Diferencia entre sismo y terremoto. Recuperado de <<https://www.chilecubica.com/sismo-terremoto/diferencia-entre-sismo-y-terremoto/> > [consulta: 3 de junio 2019].

ESTRUCTURANDO, Aisladores y disipadores sísmicos. Recuperado de <<http://estructurando.net/2014/10/14/aisladores-y-disipadores-sismicos/> > [consulta: 5 de agosto 2019].

FR4 CONSTRUCCIONES, ¿Por qué se mueven los edificios? [en línea] <<http://fr4.com.do/se-mueven-los-edificios/> > [consulta: 4 de octubre 2019].

Espíndola, J.M, Jiménez, Z, (1985), Terremotos y ondas sísmicas una breve introducción, México, Cuadernos del Instituto de geofísica. [consulta: 15 de octubre 2019].

INGECIVIL, información relacionada a ingeniería civil y construcción. [en línea]-
<https://www.ingecivil.net/2018/08/13/funcionan-los-aisladores-sismicos/> [consulta: 6 de agosto 2019]

López-Cervantes, M., López-Carrillo, L., & Antonio Escamilla-Cejudo, (2014). Algunas consecuencias de los sismos de septiembre de 1985 en la ciudad de México. Salud Pública de México, 28(5), 527-536. [en línea]-
<http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/402/391> [consulta: 6 de agosto 2019]

Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., & Tusa, D. (2001). The atmosphere (p. 484). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Onemi, (2016). ¿Qué es un sismo? [en línea]- https://www.onemi.gov.cl/terremoto/?fbclid=IwAR2VmGZ1EwgSnmfnxivnafP9CtyTnfkMSRi7BKrL_L4ST9XO7Kewh886g2U [consulta: 9 de agosto 2019]

Periodo Natural – Diccionario de Geotecnia. (s.f.). [en línea]- <https://www.diccionario.geotecnia.online/diccionario/periodo-natural/> [consulta: 16 de agosto 2019]

Petersen, M. (2015) ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EDIFICIO FESTIVAL. VIMAC Inmobiliaria y Constructora Ltda. 4-6. [consulta: 9 de octubre 2019]

Porchet-Infiltration. (S.F). BOUVRON, FRANCE. [en línea]- <https://porchet-infiltration.jimbo.com/es/ensayo-porchet/> [consulta: 27 de octubre 2019]

Ricaldoni, J. (2018). Ensayo de corte directo. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República - Uruguay. [en línea]- <https://www.fing.edu.uy/iet/departamentos/depto-de-ingenier%C3%ADa-geot%C3%A9cnica/laboratorio-ensayos-geotecnicos/ensayo-de-corte-dir> [consulta: 27 de octubre 2019]

TECNOAV, Aisladores y disipadores sísmicos [en línea]- <<http://www.tecnoav.cl/4-aisladores-sismicos-y-disipadores-sismicos/>>[consulta: 02 de agosto].

Geológicos Geodatos S.A.I.C. (S.F). REFRACTION MICROTREMORS. PROVIDENCIA, CHILE. [en línea]-<http://www.geodatos.cl/remi.php> [consulta: 27 de octubre 2019].

Geológicos Geodatos S.A.I.C. (S.F). CALICATAS. PROVIDENCIA, CHILE. [en línea]- <http://www.geoseismic.cl/calicatas> [consulta: 3 de octubre 2019].