



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño sostenible de vivienda antisísmica de tubos  
galvanizados con costura espiral, San Vicente de Cañete,  
2021**

**TESIS PAR OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR(ES):**

Geldres Alvarez Cristopher Jonathan (ORCID: 0000-0002-7120-2414)

**ASESOR(A):**

Mg. Leopoldo Choque Flores (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres Julian Geldres Collao y Nerva Alvarez Razo, por el sacrificio, perseverancia, amor y dedicación brindados hacia mi persona y hermanos.

A mis hermanos Augusto Geldres y Antoni Geldres, por los consejos, enseñanzas compartidas y por el apoyo que siempre me brindan.

A mis tíos Carlos Heredia Raso, Pedro Alvarez Razo, Martha Supanta Gonzalez y Rosa Muzaurieta Bustamante, por ser mis segundos padres, guías y mentores.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a la Virgen de las Nieves y a mi abuelita Ernestina Razo Franco por darme salud y guiarme por el camino del bien; y a mi abuelita Filomena Collao por las exigencias y el gran amor que siempre me brinda.

A mis primas(os) Magali Heredia Supanta, Naztia Heredia Supanta, Ernestina Heredia Supanta, Patricia Heredia Supanta, Karla Heredia Supanta, Pedro Alvarez Muzaurieta, Cathia Alvarez Muzaurieta y Eva Alvarez Muzaurieta, por el apoyo, los consejos y porque siempre estuvieron presentes para mí.

A mis tías(os) Magaly Chocce Collao, Janeth Chocce Collao y Pablo Quispe, que a pesar de la distancia siempre me supieron guiar alentándome a siempre mejorar.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población y muestra	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	18
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	20
3.8. Estudio sísmico.	20
3.8.1. Línea de Refracción Sísmica (LRS	20
3.8.2. Presentación del resumen del informe.	21
3.9. Características dinámicas del suelo.	23
3.9.1. Parámetros de diseño Sismo Resistente.	24
3.10. Modelamiento de viviendas mediante el software Etabs 2018	26
3.10.1. Descripción de la vivienda	26
3.10.2. Propiedades de los materiales	34
3.10.3. Consideraciones de cargas	34
3.11. Modelamiento de la vivienda según software ETABS 2018	34
3.11.1. Fuerza cortante mínima en la base	35
3.11.2. Desplazamientos laterales.	35
3.12. Indicadores de comportamiento a través del método estático no lineal con el programa ETABS.	36
	v



3.12.1. Procedimiento para estimar los valores de sobre resistencia y ductilidad en el cómputo de cargas sísmicas.	36
3.13. Dimensionamiento estructural.	36
3.13.1. Dimensionamiento de las columnas y vigas	37
3.13.2. Dimensionamiento de la losa de fundación aligerada.	37
3.14. Dimensionamiento estructural.	38
3.14.1. Parámetros de la norma E-030.	38
3.14.2. Parámetros de la norma E-030.	38
3.14.3. Parámetros de la norma E-20.	38
3.15. Selección de materiales.	38
3.15.1 Para la losa.	39
3.15.2. Para los muros.	41
3.15.3. Para el techo.	43
3.16. Asignación de los elementos estructurales a la vivienda en estudio	45
3.16.1 Columnas y vigas	45
3.16.2. Asignación de muros de madera	46
3.16.3. Asignación del techo.	46
3.16.4. Asignación de la losa de fundación aligerada.	47
3.17. Asignación de cargas.	47
3.17.1. Definición de patrones de cargas	47
3.17.2. Definición de diagrama rígido para la vivienda en estudio.	48
3.17.3. Definición de diagrama rígido para la vivienda en estudio.	48
3.17.4. Ingreso de los casos modales.	53
3.17.5. Asignación de la Masa para el análisis de la vivienda en estudio.	54
3.17.6. Asignación de las combinaciones de carga según norma E-60.	54
IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS	56
4.1. Estructuración.	56
4.2. Dimensionamiento.	56
4.3. Dimensionamiento de la losa de fundación	56
4.4. Dimensionamiento de las vigas.	57
4.5. Dimensionamiento de las columnas.	58
4.6. Análisis Sísmico.	59
4.7. Modelo dinámico.	59
	vi

4.7.1. Modos de vibración.	62
4.7.2. Espectro de diseño.	62
4.7.3. Fuerza cortante mínima.	63
4.7.4. Verificación de Cortante Dinámica	65
4.7.5. Derivas	66
4.8. Modo estático (Análisis estático no lineal)	69
4.8.1 Datos resultantes.	69
4.8.2. Comparación con la norma E030	71
4.8.3 Espectro de capacidad de la estructura	73
4.9. Factibilidad Económica	79
4.9.1. Cómputos Métricos:	79
4.9.2. Análisis de Precios Unitario:	79
4.9.3. Presupuesto.	85
4.9.4 Análisis de factibilidad económica.	86
4.9.5 Habitabilidad de la vivienda.	88
V. DISCUSIONES	90
VI. CONCLUSIONES	95
VII. RECOMENDACIONES.	98
REFERENCIAS	99
ANEXO	106

## ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	Päg.
1	Tornillo tirafondo de fijación de herrajes metálicos con taladro previo sobre madera.....	32
2	Tornillo tirafondo de fijación de herrajes metálicos con taladro previo sobre metal de tubo SPIRO.....	33
3	Distorsión de entrepisos de acuerdo al material.....	35
4	Radio modales de masas participativas de la estructura.....	61
5	Cortante en la base eje X.....	63
6	Cortante en la base eje Y.....	63
7	Cortante en vigas eje X.....	64
8	Cortante en la vigas eje Y.....	64
9	Resultado del análisis estático no lineal.....	69
10	Comparación de los resultados del análisis dinámico lineal con el análisis no lineal.....	71
11	Espectro de capacidad en X.....	73
12	Espectro de capacidad en Y.....	74
13	Valores del espectro de demanda sísmica ( $S_a$ vs $S_d$ ) EJE X.....	75
14	Valores del espectro de demanda sísmica ( $S_a$ vs $S_d$ ) EJE Y.....	76
15	Valores del espectro de capacidad (Espectro de diseño vs espectro de capacidad) EJE X. ....	77
16	Valores del espectro de capacidad (Espectro de diseño vs espectro de capacidad) EJE Y.....	78
17	Cómputos métricos.....	79
18	APU Losa aligerada de fundación.....	80
19	APU Columnas y Vigas con tubos SPIRO.....	80
20	APU de las paredes de madera.....	81
21	APU de las puertas exteriores.....	81
22	APU de las puertas de acceso interior.....	82
23	APU de las ventanas.....	82
24	APU del techo.....	83
25	APU de instalaciones de tuberías sanitarias.....	83

26	APU de instalación de tuberías de agua potable.....	83
27	APU de instalación eléctricas .....	84
28	Presupuesto.....	86

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

No..	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Distribución inicial de espacios en una casa diseñada con tubos de acero galvanizado.....	10
2	Los 3 pilares del desarrollo sostenible.....	12
3	Zona de estudio.....	18
4	Zonas sísmicas del Perú.....	23
5	Selección del área de construcción según la Zonificación Sísmica-Geotécnica para la ciudad de San Vicente de Cañete.....	25
6	Vista fachada arquitectónica tridimensional de la vivienda diseñada.....	26
7	Columnas y vigas de carga con SPIRO Ductos de la vivienda diseñada...	27
8	Detalle Ducto circular de acero galvanizado engatillados en espiral liso.....	27
9	Detalle Losa de fundación aligerada.....	28
10	Detalle de anclaje para la colocación de las columnas de tubos SPIRO....	28
11	Cuadro de las características mecánicas de la madera tipo Tornillo.....	29
12	Fachada Frontal.....	29
13	Fachada Posterior.....	29
14	Fachada Lateral Derecha.....	30
15	Fachada Lateral Izquierda.....	30
16	Distribución inicial de espacios de la vivienda diseñada.....	31
17	Vivienda para la modelación.....	36
18	Distribución en planta de la vivienda evaluada.....	37
19	Ingreso de propiedades lineales para la losa.....	39
20	Ingreso de propiedades no lineales para la losa.....	40
21	Ingreso de propiedades no lineales para los muros.....	41
22	Ingreso de propiedades lineales para muros.....	42
23	Ingreso de propiedades lineales para techo.....	43
24	Ingreso de propiedades no lineales para techos.....	44
25	Asignación de columnas y vigas con tubos SPIRO.....	45
26	Asignación de muros.....	46
27	Asignación del techo.....	46
28	Asignación de losa de fundación aligerada.....	47

29	Definición de patrones de cargas. ....	47
30	Asignación de diagrama rígido.....	48
31	Ingreso del sismo estático en Y. ....	48
32	Ingreso del sismo estático en X.....	49
33	Designación de la norma E-030 para el espectro de aceleraciones.....	49
34	Espectro de aceleraciones Norma E-30.....	50
35	Ingreso de sísmico dinámico en x.....	51
36	Ingreso de sísmico dinámico en y.....	52
37	Ingreso de la Masa.....	53
38	Ingreso de Mass Source.....	54
39	Ingreso de las combinaciones de fuerzas.....	55
40	Perfil sección circular.....	58
41	Modelamiento en ETABS 18.....	60
42	Espectro Pseudoaceleraciones.....	62
43	Máximas derivas en eje X.....	67
44	Máximas derivas en eje Y.....	67
45	Gráfico: Máximas derivas en eje X.....	68
46	Gráfico: Máximas derivas en eje Y.....	68
47	Curva de capacidad global de la vivienda EJE X.....	70
48	Curva de capacidad global de la vivienda EJE Y.....	70
49	Comparación de la curva de capacidad vs el cortante de diseño de la norma E030.EJE X.....	72
50	Comparación de la curva de capacidad vs el cortante de diseño de la norma E030.EJE Y.....	72
51	Espectro de capacidad en la dirección "X". ....	73
52	Espectro de capacidad en la dirección "Y".....	74
53	Espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE X.....	75
54	Espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE Y. ....	76
55	Comparación del espectro de capacidad y el de diseño en el eje X.....	77
56	Comparación del espectro de capacidad y de diseño en el eje Y .....	78

## RESUMEN

La presente tesis está basada en el análisis y diseño estructural de una vivienda unifamiliar de un piso en la ciudad de San Vicente de Cañete. El tipo de investigación es cuantitativo aplicada y no experimental, es una edificación cuya estructura principal se basa en tubos engatillado de forma en espiral. La muestra es una edificación que tiene un área de 100 m<sup>2</sup> en losa de fundación y 64 m<sup>2</sup> el área de arquitectura que consta de un piso, la capacidad portante del suelo es de 1.38 kg. El sistema estructural de la vivienda está compuesto por columnas, vigas de tubos engatillado en espiral galvanizado, muros de madera y la losa aligerada en una sola dirección. El análisis sísmico se realizó bajo la norma E030 con los parámetros correspondientes y desde luego se utilizó el software Etabs 18, para ver el comportamiento y como trabaja la estructura en toda la vivienda. De esta forma se obtienen datos para el diseño de cada elemento estructural, la forma de cómo se comporta y cómo actúa ante un sismo de gran magnitud dando la importancia la configuración estructural.

**Palabras claves:** Análisis Sísmico, Sistema Estructural y Diseño estructural

## **ABSTRACT**

This thesis is based on the analysis and structural design of a one-story single-family house in the city of San Vicente de Cañete. The type of research is quantitative, applied and pre-experimental, it is a building whose main structure is based on tubes clamped in a spiral way. The sample is a building that has an area of 100 m<sup>2</sup> in the foundation slab and 64 m<sup>2</sup> the architecture area that consists of a floor, the bearing capacity of the soil is 1.38 kg. The structural system of the house is made up of columns, galvanized spiral clamped tube beams, wooden walls and the slab lightened in one direction. The seismic analysis was carried out under the E030 standard with the corresponding parameters and, of course, the Etabs 18 software was used to see the behavior and how the structure works throughout the house. In this way of obtaining data for the design of each structural element, how it is shared and how it acts in the face of a large earthquake, giving importance to the structural configuration.

**Keywords:** Seismic Analysis, Structural System and Structural Design.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los sismos han sido causa del 56% de los fallecidos por desastres naturales y han generado desde inicios del siglo pérdidas materiales por el orden de los US\$ 661 000 000 millones (Parrado, Francis y Carrión, 2019), por este motivo, durante mucho tiempo los científicos han tratado de predecir su aparición sin obtener resultados definidos, pero si diseñar un Mapa de Sismicidad Mundial que muestra los lugares de mayor frecuencia sísmica y la existencia de la región de mayor actividad sísmica y volcánica del planeta conocida como el Cinturón de fuego del Pacífico (Tavera, 2016), región donde se encuentra situado el Perú, quien debido a su posición y al fenómeno de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana en su borde occidental, tiene una amplia historia (Tavera, Fernández, Condori, Delgado y Guardia, 2013).

Al respecto, a pesar de alto riesgo presente en la zona costera, este peligro se ha incrementado sobremanera en la Provincia de Lima desde los 80 por causas que incluyen el narcotráfico, los movimientos subversivos y la crisis económica entre otros que generaron el hacinamiento o aglomeración de personas en un mismo lugar, tal como se observa en el estudio del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2017).

Refiere Velázquez (2018) que la mayoría de personas se refiere a los desastres o las catástrofes como naturales, cuando realmente se trata de las fuerzas de la naturaleza que intervienen, de vez en cuando, en la vida cotidiana de las personas. El problema lo representan los asentamientos urbanos sin una planificación o estudio, distribuidos en zonas no seguras, pendientes propicias del deslizamiento de tierra, quebradas y ríos que se desbordan y suelos no aptos para la construcción, entre otras, en donde se alojan los más pobres.

Ahora bien, dentro de la Provincia de Lima está ubicada la ciudad de San Vicente de Cañete, la cual al igual que la región metropolitana, también ha tenido que soportar la afluencia de población que abandonaron los campos en busca de seguridad tanto física como económica. La situación problemática se presenta por la falta de una gestión adecuada en cuanto a la planificación urbana, lo que conlleva

a que inmigrantes ocupen zonas con riesgos de sismos, tsunamis, deslaves, entre otros (Tavera, 2016), los cuales se agravan por el hecho de que muchas son construidas sin respetar los criterios de ordenamiento territorial y mucho menos, respetando la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, o tan siquiera un estudio del suelo que aminore los movimientos sísmicos que vulneran la resistencia de una vivienda.

Con respecto al desarrollo sostenible, uno de ellos se refiere al deber que tienen los Estados y personas en contribuir a erradicar la pobreza y la diferencia social de los pueblos (Castro, 2020). Lograr el menor daño de las viviendas en un sismo reduce los problemas de saneamiento resultantes que traen casos de disentería, malaria y tuberculosis entre la población afectada por la pobreza, terrenos llenos de basura, vías fluviales malolientes y problemas de contaminación del agua, entre otros daños ambientales ocurridos luego del terremoto (Nola, 2018) Ahora bien, visto de esta manera, encontrar un diseño que evite el derrumbe de las viviendas, el deterioro del ambiente y el gasto acarreado para la reconstrucción total o parcial de la vivienda, ayudaría a las clases de menores recursos. Por estos motivos se considera la realización de la investigación propia en el desarrollo de la línea de investigación, al compartir conocimientos científicos y tecnológicos que ayuden al logro del desarrollo sostenible.

En definitiva, el diseño de una vivienda debe tomar en cuenta criterios y normas establecidas de acuerdo a lo referido por Lozano (2011): “El gran problema que conlleva la autoconstrucción sin conocimiento técnico, ocasiona graves daños en las personas frente a desastres naturales” y ante esta falta de organización, se ponen de manifiesto problemas estructurales como los del terremoto del 2007 donde resultaron dañadas 7.977 viviendas de las cuales 4.547 fueron destruidas y el resto muy afectadas (Miyashiro, 2009).

Se podría decir de acuerdo a la frase anterior que la falta de un diseño estructural adecuado es lo que provoca los daños por sismo en las viviendas, pero también se puede decir que se deben realizar acciones que permitan desarrollar un análisis sísmico de las estructuras antes de utilizarlas, razonamiento que induce a realizar un estudio que logre responder la inquietud sobre: ¿Es factible realizar un diseño

sostenible de una vivienda antisísmica utilizando tubos galvanizados de costura espiral para la ciudad de San Vicente de Cañete? Frente a esta problemática, para responder la pregunta se plantea el objetivo general de: Realizar un estudio que determine la factibilidad del diseño sostenible de una vivienda antisísmica construida por tubos galvanizados de costura espiral, determinando para ello la resistencia del diseño estructural y reduciendo la vulnerabilidad de la construcción de viviendas antisísmicas, construida por tubos galvanizados de costura espiral así como las mejoras en la calidad de vida de los habitantes de San Vicente de Cañete.

Para ello, en primer lugar, se explican las posturas halladas en relación con el diseño estructural de casas antisísmicas, desarrolladas en investigaciones anteriores, así como en estudios realizados para determinar resistencia, vulnerabilidad y sustentabilidad. En segundo lugar, se realiza el diseño a través de modulación simulada por medio del software ETABS 18 que analiza los cálculos de tal forma que cumplan la norma E-30 y establezca los parámetros de resistencia, rigidez y deformabilidad de la estructura bajo acciones dinámicas.

Este trabajo es importante en primer lugar, porque se vincula con la línea de investigación sobre Construcción Sostenible, específicamente en el Diseño Sísmico y Estructural de la carrera de Ingeniería Civil de manera que contribuye con datos e información al conocimiento académico. Esto permitirá promover el desarrollo de estructuras diseñadas a través de modelos estructurales sistematizados que permitan el desarrollo de viviendas factibles y sostenibles con el medio ambiente al lograr economizar en el uso de materiales, que no afecte el paisajismo y se adapte al tipo de suelo seleccionado y donde los pobladores de la ciudad de San Vicente de Cañete, puedan beneficiarse al contar con un diseño de vivienda antisísmica que mejore su calidad de vida.

En lo que respecta al valor teórico de este proyecto, este será el que resulte de aplicar los conocimientos recibidos para diseñar una edificación con nuevos materiales y con especificaciones o propiedades que resulten más beneficiosas para mejorar la calidad de los habitantes de San Vicente de Cañete.

## II. MARCO TEÓRICO

En lo que se refiere a investigaciones estructurales y no estructurales de una edificación, en Madrid realizaron un estudio por medio de vibraciones aleatorias o espectros de potencia de Fourier, que tuvieran la característica de un movimiento de suelo para conocer cómo se comportarían los elementos no estructurales sobre ella sin la utilización de registros del movimiento del terreno o acelerogramas (Desena, 2016), como los utilizados en México en una prueba realizada en un edificio dañado en el sismo de septiembre del 2017 de 5 niveles y PB diseñada con marcos de concreto reforzado y mampostería confinada y reforzada con acero horizontal en sus pisos superiores. De sus resultados se obtuvo que en un primer estudio de la PB sin reforzar se presentaron deficiencias que no cumplían con la Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo NTCS-2017, sin embargo en el caso 2 y 3, donde los muros fueron reforzados con malla electro-soldada y encamisando con concreto las columnas de la planta baja débil (caso 2) y colocando ángulos y soleras para cubrir las columnas formando contravientos restringidos al pandeo (Caso 3) se obtuvieron curvas de fragilidad permitidas, con la única diferencia que el costo generado por la última era más elevado pero a su vez, menos invasivo que el segundo caso (Ruiz, Jiménez, Santos y Orellana, 2020); (Tapia y García, 2019).

Resultado muy similar se observa en los estudios donde se examinó la variación en la respuesta lateral, el valor de fluencia global, el factor de resistencia inherente, el factor de sobre resistencia y el factor de ductilidad para las estructuras de edificios de Marcos Resistentes a Momentos Compuestos (CMRF) regulares e irregulares, en edificios de 5, 8, 10, 13 y 15 pisos con columnas de tubos de acero rellenos de hormigón y vigas compuestas con un alto nivel de ductilidad y se evaluaron comparativamente sus tradicionales como material de vivienda rentable (Etili y Guneyisi, 2020; Gunes et al (2017)).

En Chile, se realizaron investigaciones para establecer cuál era el tipo de relación entre los diferentes niveles flexibles del piso, fundación de la casa y las deformaciones y esfuerzos de la estructura diseñada (Benedetti et al, 2017). Los modelamientos bidimensionales se realizaron e interpretaron a través de software

sísmicos, obteniendo como resultados que al combinar estos parámetros se podía establecer menor incidencia de los esfuerzos del piso sobre la estructura y viceversa, tomando en cuenta la manera cómo influye las fundaciones de la vivienda.

Del mismo modo se realizaron estudios a través de los cuales se tomaron en cuenta los muros de albañilería para soportar las cargas sísmicas que soportaba la estructura y en donde los desplazamientos fueron menores que los establecidos por las normas, (Aguilar, 2018) lo cual fue comprobado por medio de herramientas computacionales que permitieron obtener automáticamente curvas de fragilidad utilizando metodología BIM (Building Information Modeling), para reducir los errores, detectar a tiempo incompatibilidades y permitir la integridad de todos los procesos llevados a cabo en estructuras modeladas lineal o no-linealmente (Yabin et al, 2017) o en programas como Sap2000, o modelamientos numéricos como el ETABS (López, Reyes y Vegas, 2017; Sandoval, 2017), y con lo cual se pudo conocer que las edificaciones de albañilería confinada pueden tener buen comportamiento sismoresistente (Arriagada, 2019) siempre que el diseño se ajuste a las normas establecidas para su diseño, como en el caso del sismo de Maule en el 2010 que solamente comprometió el 7 % de las estructuras de albañilería confinada (Sáenz, 2018).

Los estudios realizados bajo las nuevas tecnologías, permiten construir viviendas que faciliten las actividades humanas en una edificación con ambientes óptimos que cumplan las condiciones básicas al ser evaluadas por el BSA” (Building Sustainable Assessment) y respondan a los métodos internacionales (Quesada, 2018). En la actualidad, las fuerzas impulsoras del cambio en la industria de la construcción y la construcción son varias, entre las que se encuentran la conciencia sobre la salud y el medio ambiente combinada con el impulso innato de mejorar las condiciones de vida y los estándares bajo restricciones económicas, por lo cual se puede decir que en lo que se refiere a la nueva tecnología implementada con fines constructivos, estos se han visto comprometidos en mejorar la salud y el medio ambiente (Marjaba y Chidiac, 2016)

En este sentido, el uso de la tecnología no solo debe considerar el proceso de construcción, sino también otros aspectos como el costo, los recursos humanos y la comunicación entre las partes interesadas con el fin de construir aplicaciones sostenibles en entornos donde los profesionales no conocen esta tecnología de software (Grau et al, 2015). La innovación de la tecnología de modelado no solamente se aplica para conocer las limitaciones de la estructura, como en los estudios de modelado en construcción (BIM) que proporciona un nuevo medio para predecir, gestionar y monitorear los impactos ambientales de la construcción y el desarrollo de proyectos a través de la tecnología de visualización / creación de prototipos virtuales (Wong y Zhou, 2015)

En conclusión, por medio de modelamientos con diferentes niveles de rigidez de la estructura, suelo, y fundaciones se resuelven ciertos desafíos complejos computacionalmente hablando, para determinar que bajo ciertas combinaciones hay mayor o menor incidencia de las deformaciones y esfuerzos del suelo en la estructura. (Riquelme y Sepúlveda, 2015) y hasta evaluar los métodos actuales antisísmicos para proponer modificaciones a las Normas o Reglamentos actuales de construcción sismo resistente (Barbosa, Álvarez y Carrillo, 2018)

Sobre vulnerabilidad, en la india se realizaron estudios sobre los sistemas de vivienda basados en bambú sobre todo para la parte noreste del país que es sísmicamente más vulnerable (Vengala y Taghunath, 2015). La evaluación estructural, principalmente la evaluación sísmica, requiere de manera significativa muchas infraestructuras pero en esta se evaluaron los componentes de un sistema de viviendas a base de bambú bajo cargas sísmicas mediante el uso de instalaciones simples y rentables en dos modelos utilizando una instalación de prueba de mesa de choque. Esto ayudó a identificar los límites extremos de vulnerabilidad sísmica del sistema de viviendas basado en bambú. A partir de este estudio, se observó que el modelo no colapsó ni mostró signos de colapso, ni indicios de ninguna tendencia de colapso local de los elementos del techo, por lo cual se concluyó que el modelo es capaz de resistir niveles importantes de fuerzas laterales sin perder su estabilidad (Vengala y Seshagin, 2020)

Tomando en cuenta que la mayoría de aportes se derivan de estudios realizados antes de rehabilitar o construir una vivienda para proveerla de características antisísmicas, se debe tomar en cuenta lo referido en el Congreso Internacional realizado en Sevilla (2015) para establecer puntos sobre la sostenibilidad de las construcciones y las soluciones para la eco-efectividad y en donde se presentaron ponencias sobre la rehabilitación sostenible de edificios y qué hacer con los residuos en las demoliciones y reconstrucciones, las cuales muchas veces pueden ser recicladas y reutilizadas, evitando de esta manera el consumo innecesario de los recursos naturales y disminuyendo el impacto ambiental causado por los desechos y el gasto económico, propio de las reconstrucciones después de un sismo, utilizando energía renovable y los conocimientos que se tenga de las herramientas y soluciones eco-eficientes (Mercader, 2015 para contribuir favorablemente con el problema del cambio climático que afecta la calidad de vida de los países de todo el mundo en lo social, político y económico (Arias et al. 2017)

Con respecto al territorio nacional, en el Perú se han realizado investigaciones para determinar el riesgo y daño sísmico en edificaciones de albañilería confinada de hasta 3 pisos, las cuales fueron construidas por personas no calificadas a las cuales fueron sometidas a aceleraciones de suelo que van de 0.1g hasta 1.0g y donde la curva de daño fue determinada para establecer que al ser aplicada una Aceleración de Suelo (AS) para el distrito de Huaral 0.1g a 0.4g el 86% de las edificaciones no presentaría daño importante, mientras que una AS de 0.4g a 0.6g solo el 54% de las edificaciones no sufriría daños y en una AS de 0.6g a 1.0g el 98% de daños se presentaría en las edificaciones de 3 y 2 pisos pero los daños serían reparables por que no se supera el estado limite último de los muros de albañilería confinada (Balta y Meza, 2015). Pero si la construcción es realizada mediante modelamientos, el resultado puede ser favorable a la Norma E-30 como se demuestra en la investigación realizada en Trujillo en el diseño de una edificación de 416 m<sup>2</sup> y 5 niveles de albañilería confinada realizado por el programa de cómputo ETABS (Jiménez y Julca, 2018)

Debido a que las viviendas de albañilería confinada presentaban muchos daños luego de los sismos, se realizaron estudios que demostraron que el uso de concreto

armado en viviendas económicas las hacía más duraderas, sobre todo si el concreto armado incluía los muros en todas sus direcciones, dándole a la vivienda mas rigidez igual que un comportamiento mas eficiencia frente a un sismo (Saldaña, 2017). Este tipo de estudio fue implementado igualmente en edificaciones aporricadas de 3 hasta 18 pisos, con estructuras de concreto armado, en donde por medio de software se pudo establecer una tendencia en el mismo sentido entre la estructura y la sobre resistencia y en el caso de la ductilidad, una tendencia mas clara sobre cada eje del edificio al definir que a medida que el periodo fundamental aumenta, la ductilidad disminuye. Se estableció en este estudio que la capacidad real de la estructura era superior al cortante de diseño de la norma E-030 (Huapaya, 2017).

Con respecto a la vulnerabilidad, Arévalo (2020) realizó estudios sobre el riesgo y comportamiento sísmico en 7 viviendas informales de albañilería confinada por medio de fichas de encuesta para describir la manera de construcción de las viviendas y sus características estructurales y arquitectónicas, estimando cual podría ser su vulnerabilidad en función de la densidad de las paredes. Desde un enfoque cuantitativo, utilizó el ETABS 2018 para analizar cómo sería su comportamiento sísmico con respecto a la fuerza cortante basal, su desplazamiento del centro de masa y el desplazamiento de entrepiso, acorde al RNE. De esta manera se pudo determinar la importancia del asesoramiento especializado en la construcción de viviendas que permitan determinar la vulnerabilidad sísmica de la estructura (Arevalo, 2020) y realizar un análisis por medio de centros de masa y rigidez (Alegre y Cochachin 2019), para promover políticas de viviendas seguras en asentamientos humanos.

Con respecto al desarrollo sostenible, se muestran estudios realizados en áreas rurales, donde fueron implementadas viviendas con tierra estimulados por estudios anteriores sobre mejoras en las conductas frente a sismos y de durabilidad frente a la humedad proveniente de las lluvias, deslaves e inundaciones frecuentes en la zona. Además, la propuesta tomo en cuenta la aplicación de lineamientos sostenibles, biológicos y climáticos del uso de energía renovable como la solar, eólica y el aprovechamiento de la lluvia como parte del reciclaje de agua, entre otros



(Huamán, 2019). Del mismo modo, se tomaron en cuenta los estudios de viviendas elaboradas con quincha mejorada, caña y barro, por ser sismorresistentes gracias a su flexibilidad para absorber las solicitaciones sísmicas, ser fáciles de armar, económicas y modulares, que se realizaron para los damnificados del terremoto de Ica del 2007 en las zonas más vulnerables por su tipo de suelo arenoso (Esteves y Cuitiño, 2020; Kuroiwa, 2016)

Luego de hacer mención a los referentes de la investigación se presentan algunas definiciones a tomar en cuenta y que conforman el conjunto de variables de la misma. En primer lugar, se hace mención sobre el Diseño Estructural, el cual implica toda una selección de estudios determinantes para decidir si el proyecto es viable en cuanto a condiciones de habitabilidad y diseño resistente a las cargas sísmicas, por lo cual, el diseño se denomina Diseño Estructural sismorresistente.

Igualmente se debe analizar la capacidad que tiene la estructura de una vivienda a soportar las deformaciones que ocurren al ser expuestas a los movimientos del suelo donde se encuentran, por este motivo se debe conocer las características de la zona y del suelo, para luego proceder con el análisis estructural de cada uno de sus componentes, tanto verticales (columnas y paredes) como horizontales (techo, vigas, piso) y el valor de las cargas que implican, las cuales no pueden estar por encima de lo permitido por las normas y que al final, provocarían el colapso de la vivienda en un terremoto. (Echeverry, 2017). En lo que se refiere al Diseño estructural de la vivienda antisísmica con columnas de tubos galvanizados (Figura 1), se divide en 5 partes que son:

- Definición de las características mínimas de diseño según las normas
- Determinación de la estructura de techo como primera carga.
- Se realiza el diseño de la estructura de la casa, es decir, las vigas y columnas.
- Se determina el cálculo de cargas a los muros
- Se calcula las cargas de la losa o fundaciones contando las cargas por instalaciones eléctricas y sanitarias.

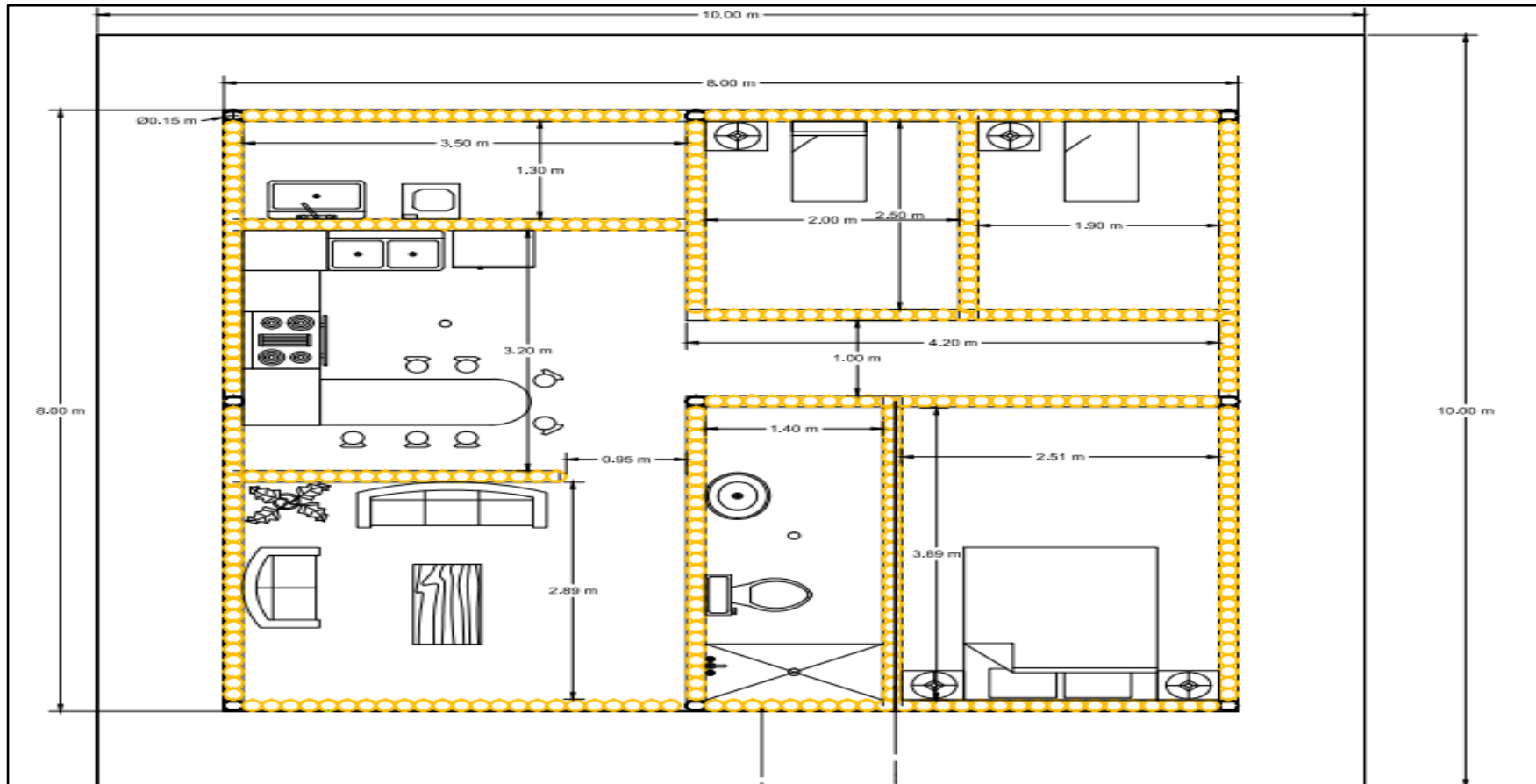


Figura 1. Distribución inicial de espacios en una casa diseñada con tubos de acero galvanizado. Fuente: Diseño propio

Por otro lado, según refiere Sandoval (2017), la Sismo Resistencia es una propiedad o atributo que se le asigna a una edificación de acuerdo a su configuración geométrica mediante la aplicación de técnicas de diseño y la incorporación de componentes estructurales especiales que le permitan resistir las fuerzas de los movimientos sísmicos lo cual protege la vida de los ocupantes y la integridad del edificio mismo. Esto no quiere decir que solo las edificaciones nuevas pueden ser sismo-resistentes, pues esto también se aplica en la verificación de edificios construidos con normas antiguas a las cuales se les debe determinar su posible vulnerabilidad.

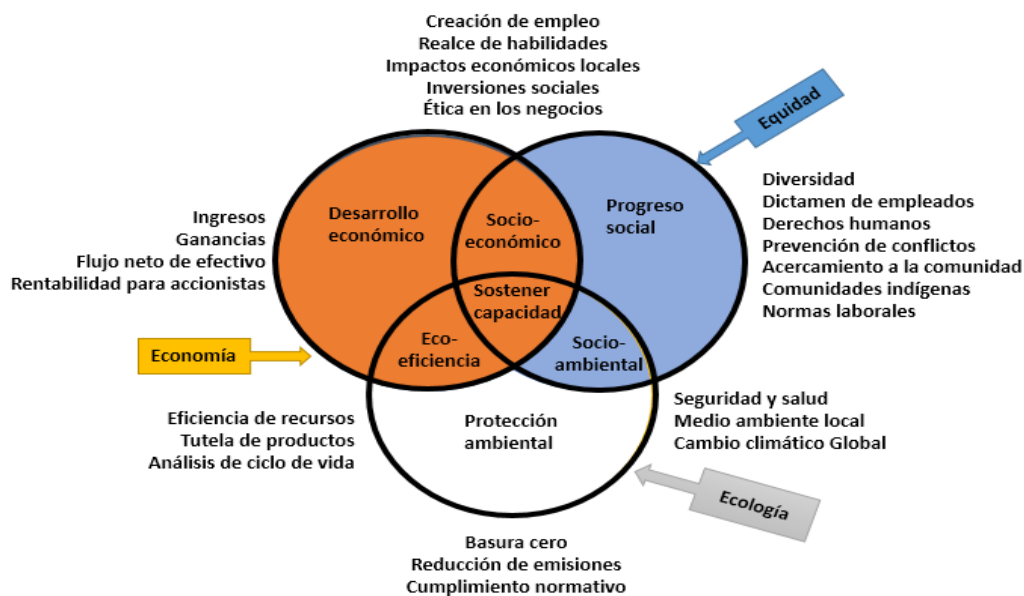
Un elemento muy importante en la sismo resistencia son los materiales, por lo cual es necesario que haya uniformidad en la estructura para que se desempeñen funciones similares en la edificación, igualmente se recomienda que la disposición de los muros no se encuentren en una misma dirección para evitar la perpendicularidad de las fuerzas sísmicas y por eso dentro de la continuidad en la construcción se recomienda que los ejes de los muros sean colineales (Portal de arquitectura, 2012)

Para establecer la sismo resistencia en la estructura, se realiza un análisis estático y dinámico lineal con finalidad de verificar los requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad según NTE.030 - "Diseño Sismorresistente", para posteriormente construir las curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño que permitirán conocer la vulnerabilidad de la edificación por medio de un análisis estático no lineal (Pushover) para diversos estados de daño y diferentes niveles de demanda sísmica

En este sentido, al referir a la vulnerabilidad, Balta y Meza (2015), la definen como el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad es el reflejo de la falta de resistencia que tiene, las edificaciones frente a los movimientos sísmicos y dependen del diseño que se le ha dado a la edificación, sus características, la calidad de materiales y de la técnica llevada a cabo durante la construcción. Por otro lado, Sanz (2019) describe la vulnerabilidad sísmica como la tendencia que tienen las estructuras a deteriorarse en un sismo lo cual, en la mayoría de los casos depende de las

propiedades físico - mecánicas de sus componentes, así como de las características estructurales de diseño. Por este motivo en este proyecto se determinará la vulnerabilidad por medio del metrado de cargas, el estudio del suelo y las curvas de fragilidad dadas por el ETABS, la cual permitirá mitigar el riesgo sísmico, entendiendo “riesgo sísmico como el número de pérdidas humanas, heridos, daños en las propiedades y efectos sobre las actividades económicas debido a la ocurrencia de un desastre” (p.29)

La última variable corresponde a la vivienda desde una óptica sostenible por lo cual Quesada (2018) hace referencia que el Desarrollo Sostenible ha ido evolucionando mediante un proceso largo debido a la preocupación existente por la equidad social actual existente y como resultado “de las acciones de lo que es aceptable en términos de la distribución del bienestar, el sacrificio y los riesgos entre ricos y pobres, presente y futuro, y seres humanos y no-humanos (p. 52). En este sentido, la sostenibilidad es una interrelación entre el crecimiento económico y el progreso social en pro de satisfacer las necesidades actuales de la sociedad y el progreso social frente al uso del medio ambiente para poder en el futuro cubrir las necesidades (Sala, Ciuffo y Nijkamp, citado por Quesada 2018)



**Figura 2.** Los 3 pilares del desarrollo sostenible. Fuente: Quesada (2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación se realizó desde un enfoque Cuantitativo en donde los resultados fueron sometidos a revisión de las Normas Peruanas de construcción. Según su finalidad el estudio fue de tipo investigación aplicada porque buscó conocer el modelamiento estructural y diseño sísmico de una edificación de columnas de tubos galvanizados de costura espiral. El alcance es descriptivo, porque se dirige a determinar los resultados del modelamiento estructural a través del ETABS.

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Los diseños de investigación no experimental, recogen los datos en un solo instante, en un único período. Su intención es representar variables y examinar sus incidencias e interrelación en un instante dado” (p.154), por este motivo la investigación es no experimental y según el tiempo definido durante el 2021, se cataloga como Transversal, ya que el propósito del proyecto es describir las variables y su relación en un momento dado.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable Independiente:** Diseño estructural sismorresistente de tubos galvanizados de costura en espiral.

**Definición conceptual:** El diseño estructural sismorresistente corresponde al análisis de la capacidad que tiene la estructura de una vivienda a soportar las deformaciones que ocurren al ser expuestas a los movimientos del suelo donde se encuentra, por este motivo se debe conocer las características de la zona y del suelo, para luego proceder con el análisis estructural de cada uno de sus componentes, tanto verticales (columnas y paredes) como horizontales (techo, vigas, piso) y el valor de las cargas que implican, las cuales no pueden estar por encima de lo permitido por las normas y que al final, provocarían el colapso de la vivienda en un terremoto. (Echeverry, 2017)

Este diseño analiza cada uno de los elementos que componen la estructura, sean horizontales o verticales, garantizando que tenga un comportamiento que permita soportar las deformaciones propias de las fuerzas del suelo donde se ha realizado el diseño, sin que estas superen lo permitido por las normas de construcción evitando de esta manera el desplome de la estructura (Echeverry, 2017).

**Definición operacional:** El diseño de la estructura se realizará a través de cálculos de datos, Autocad y ETABS y las normas peruanas de construcción y diseño antisísmico

Dimensiones: Análisis lineal de cargas

Indicadores: Techo, Vigas, columnas, Muro y cimentación

**Variable dependiente 1:** Comportamiento sísmico.

**Definición conceptual:** Las estructuras diseñadas con vigas y columnas son resistentes a momentos, sin embargo, para conocer el comportamiento sísmico se deben determinar indicadores que permitan establecer cuál es su capacidad a la deformación y resistencia de cargas, más allá de lo que establece el rango del estudio lineal (Huapaya, 2017)

**Definición operacional:** Para conocer esta capacidad a la deformación y resistencia de la edificación se realiza un análisis estático no lineal utilizando el software ETABS de diseño estructural el cual realiza un análisis más completo que los realizados por los cálculos tradicionales. La curva de capacidad obtenida en el análisis, permitirá conocer valores de sismo resistencia y vulnerabilidad.

### **Dimensiones**

- Sismo resistencia: Para que las edificaciones puedan resistir los movimientos sísmicos se debe reforzar su estructura con propiedades que le permitan tolerar la fuerza producida por los movimientos telúricos. Esto se realiza aplicando técnicas de diseño a su distribución y dotando a la estructura de componentes estructurales

especiales que le permitan proteger la vida de las personas que habitan en ella y de su integridad estructural (Sandoval, 2017)

**Indicadores:** Metrado de cargas, Resistencia y Rigidez

– Vulnerabilidad sísmica: Arévalo (2020) afirma que la vulnerabilidad sísmica es una característica propia de la estructura y tiene que ver con su comportamiento ante la acción sísmica, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño ocasionado.

Indicadores: Análisis Estático No Lineal PUSHOVER

**Variable dependiente 2:** Desarrollo Sostenible

**Definición conceptual:** Es una interrelación entre el crecimiento económico y el progreso social en pro de satisfacer las necesidades del presente cuidando del medio ambiente para no comprometer la capacidad de las necesidades futuras de satisfacer sus propias necesidades (Sala, Ciuffo y Nijkamp, citado por Quesada 2018).

**Definición operacional:** Con los resultados del modelamiento por ETABS, se realiza un análisis de la factibilidad de los indicadores del desarrollo sostenible.

Indicadores: Económico, Social y Ambiental

### 3.3. Población y muestra

#### Población

Conceptualizada como el conjunto finito o infinito de elementos que comparten las mismas características para los cuales las conclusiones de la investigación serán extensivas al grupo y limitada únicamente por los problemas y objetivos (Arias, 2006).

Población: Vivienda antisísmica diseñada utilizando tubos galvanizados de costura en espiral

## **Muestra**

Según Arias (2006), una muestra es el “subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). Según Hernández (citado en Castro (2103), cuando la población es menor de 50, se toma toda la población como muestra

La muestra: Vivienda antisísmica diseñada utilizando tubos galvanizados de costura en espiral

## **Muestreo**

En la presente investigación se elige el muestreo no probabilístico por conveniencia toda vez que según Hernández et al (2014) se corresponde con la selección de “individuos o casos “típicos” sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada” (p.189). Según Ochoa (2015) este tipo de muestreo es ventajoso en los estudios pilotos para buscar información referencial sobre cómo van a ser los resultados sobre la muestra. En este caso la muestra es la misma población de análisis. En consecuencia, en la presenta Tesis, se da a conocer que tanto la población como la muestra son la misma unidad de análisis, quedando de la siguiente manera:

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos necesarios para realizar el presente proyecto son los Planos de la población de Cañete: Tipos de suelo, Geodinámica. Capacidad de carga admisible y la de Zonificación sísmica. Igualmente, las Normas especificadas por el Reglamento Nacional de Edificación:

- Norma Técnica A.010. Condiciones Generales de Diseño
- Norma A.020 “Vivienda”
- Norma E. 10. “Madera”
- Norma E.020 “Cargas”



- Norma E.030 “Diseño Sismoresistente”
- Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones”
- Norma E.060 “Concreto Armado”
- Norma E.070 “Albañilería”
- Norma E.080 “Adobe”
- Norma E090 “Estructuras Metálicas”
- Norma Is.010 “Instalaciones Sanitarias para Edificaciones”
- Norma Em.010 “Instalaciones Eléctricas Interiores”

Luego de establecer las características que debe tener la vivienda a diseñar, se siguen los siguientes pasos:

Se realiza el diseño de la vivienda unifamiliar a través del AutoCAD (Figura 1), el cual servirá de base para establecer mediante el ETABS, el diseño final de la vivienda antisísmica para la ciudad de San Vicente de Cañete, utilizando tubos galvanizados de costura espiral.

Se elige el tipo de suelo más desfavorable dentro de la zona donde se encuentren las viviendas construidas rudimentariamente o sin tomar en cuenta las Normas Peruanas de Construcción, teniendo cuenta el plano de clasificación de suelos con el que cuenta el Distrito de San Vicente de Cañete.

Se analiza con el Software: ETABS, los comportamientos estructurales de la vivienda unifamiliar con estructura de tubos galvanizados de costura espiral.

Se determinan las cargas actuantes que afectan al diseño de la vivienda, a través del análisis estático y dinámico.

Se realiza el diseño estructural teniendo en cuenta los requerimientos mínimos según el reglamento nacional de edificaciones.

### 3.5. Procedimientos

Para iniciar hay que empezar por seleccionar el área en donde se va a diseñar la vivienda usando la zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de San Vicente de Cañete Área de estudio (Figura 3)



**Figura 3.** Zona de estudio. Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental (IGP, 2017)

La construcción de viviendas de cualquier tipo debe tomar en cuenta las indicaciones contenidas en el Reglamento Nacional de Construcción o “Norma E-030, Diseño Sismo resistente. Básicamente, esta norma considera la clasificación de los suelos en función de sus propiedades mecánicas, espesor de estrato, período fundamental de vibración y velocidad de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ).

Una vez que se haya seleccionado la zona se comienza por definir cuáles son los tipos de cargas que soportar la vivienda y los esfuerzos máximos, en base a las normas de Diseño Estructural. En esta etapa es en donde se definirán cuáles son las dimensiones de los elementos, con sus características específicas de los mismos, con respecto a su composición particular, basándose en que la estructura está sometida a las combinaciones de carga apropiadas para que el estado límite aplicable no será excedido.

Este diseño está relacionado con los estados límites que se aplican para la evaluación estructural y se dividen en dos tipos: estados límite de resistencia y estados límite de servicio. Los estados límite de servicio se relacionan con los requerimientos funcionales de la estructura bajo condiciones normales de servicio.

Los estados límite de resistencia, se llaman también estados límite último y están relacionados con la seguridad contra cargas extremas durante la vida proyectada de la estructura, dichos estados límite dependen de la resistencia de los elementos, de los miembros o de la estructura. El Método de resistencia última LRFD (Load and Resistance factor design), será el método a utilizar para el diseño de la vivienda cuyo objetivo principal es proporcionar una fiabilidad uniforme de estructuras de acero en distintos estados de carga.

Por último se determina las fuerzas internas, los esfuerzos y deformaciones en los elementos estructurales, que son el resultado de la acción de cargas externas. Debido que en esta etapa se realizan cálculos, es necesario diseñar la estructura real en un modelo teórico para que sea posible de analizar con métodos de cálculo favorables; la cual se requiere determinar las acciones de diseño, es decir sus valores y la manera en cómo se aplican a la estructura, esto se logra basándose en los reglamentos y códigos de diseño; una vez que se realice esto se procede al análisis propiamente dicho, es decir, la cuantificación de las acciones internas (fuerza axial, cortante, momentos flectores o torsión), la evaluación de esfuerzos, y el cálculo de las deformaciones en los elementos en base a los esfuerzos a los que están sometidos.

Hay que considerar que se debe tener en cuenta que todas las partes de la vivienda deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Según especifica la Norma E.020 se debe tenerse en cuenta que jamás las cargas empleadas en este diseño serán menores que los valores mínimos establecidos por la Norma descrita.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el análisis se tomará en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones y las aplicaciones como Excel, Word, AutoCAD y ETABS. En el modelado estructural se utilizaron software como: ETABS, que fue para establecer parámetros requeridos de la superestructura. Los resultados obtenidos de modelar la edificación con el software ETABS, cumplen con los Requisitos mínimos que establece la norma E.030 (Diseño Sismorresistente).

### **3.7. Aspectos éticos**

Los resultados obtenidos de la presente investigación son completamente verdaderos, echas íntegramente por los autores demostrando así la honestidad y credibilidad. La presente tesis, cuenta tanto con antecedentes como teorías relacionadas al tema en la cual se respeta la propiedad intelectual ajena.

### **3.8. Estudio sísmico.**

Todos los métodos tienen como base la medición de las velocidades de onda elásticas, generadas natural (sismo) o artificialmente (producida por impactos en el suelo o por explosiones), obteniendo así una imagen estimada de la estratigrafía del subsuelo. Dentro de estos métodos los más usados son: Método Up-Hole, Down-Hole y Cross-Hole; Método de ondas superficiales MASW y SASW; Método de Refracción Sísmica. Este último utiliza para su desarrollo la ley de Snell, principio de Fermat y Huygens

#### **3.8.1. Línea de Refracción Sísmica (LRS)**

Este método se basa en determinar los tiempos de recorrido de las ondas P (primarias), longitudinales o compresionales, desde un punto conocido (fuente sísmica) hasta una serie de sensores (geófonos) situados a lo largo de una línea de adquisición. Conociendo tiempo de recorrido y distancia entre fuente y geófonos, se puede determinar la velocidad de propagación del medio situado entre ambos. La refracción sísmica permite reconstruir un perfil de  $V_p$  2D o 3D en función de la

profundidad a lo largo de la línea de geófonos. Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material y pueden correlacionarse con numerosas propiedades geo mecánicas. Este método es muy útil para determinar, de manera rápida, la estructura del subsuelo.

Sus aplicaciones más frecuentes son la detección del sustrato rocoso y de su estado mecánico (grado de compactación, escarificador o ripabilidad del terreno), estabilidad de taludes, etc.

Una de las aplicaciones del método de refracción sísmica en la ingeniería civil es la determinación de la profundidad al basamento. Las excavaciones son llamadas calicatas.

Las calicatas o catas son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media. 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.

Todos los métodos tienen como objetivo principal en conocer las propiedades físicas del subsuelo (periodos dominantes, velocidades sísmicas, resistividades del subsuelo, etc.) con el propósito de lograr su caracterización geofísica.

Se presenta el informe, para esta tesis, la técnica de calicata aplicada para la ciudad de San Vicente de Cañete y alrededores.

### **3.8.2 Presentación del resumen del informe.**

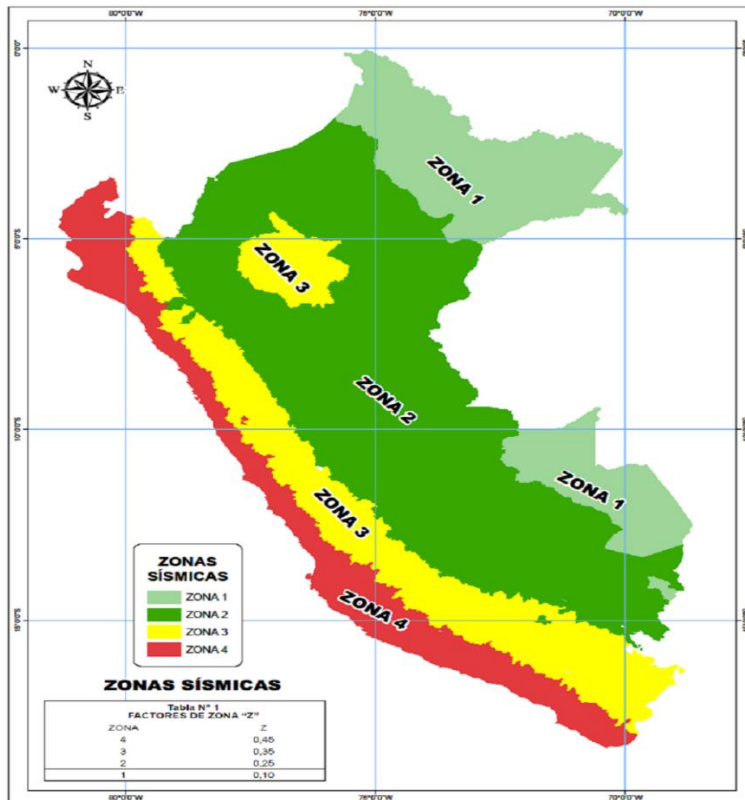
Informe realizado por GEOZUR en marzo 2020 ver anexo 6. El cual se nos fue proporcionado con fines académicos mediante carta de autorización por la Municipalidad Provincial de Cañete – Lima; ver anexo 5.

En el informe presentado mostraron los trabajos realizados con los resultados y conclusiones de los estudios realizados en la ciudad de San Vicente de Cañete partiendo como base la Norma E-050.

En este informe se realizaron trabajos de investigación geotécnica orientados a definir las propiedades físicas mecánicas del suelo y los parámetros de resistencia – deformación, que servirán para el estudio de modelación con ETABS 2018 de la vivienda diseñada. Este trabajo consistió en:

- Revisión de la información.
- Ubicación, ejecución de calicatas y recojo de muestras.
- Ensayos de laboratorio.
- Determinación de los parámetros físicos – mecánicos.
- Análisis de cimentación superficial.
- Conclusiones y recomendaciones.

En general, en el área de estudio predominan valores moderados a bajos resistivos, evidenciando la presencia altos niveles freáticos. En el sector oeste, SO, NE y SE del área urbana de San Vicente de Cañete predominan valores bajos resistivos, asociados al alto nivel freáticos que presentan dichas zonas a diferentes niveles de profundidad, la presencia de canales de agua y de terrenos agrícolas alrededor. Mientras que, en la zona central del área urbana, predominan valores moderadamente resistivos en superficie como consecuencia de la compactación del suelo o rellenos (desmonte) con espesores entre 6 y 20 metros.



**Figura 4.** Zonas sísmicas del Perú. Fuente: IGP (2021).

### 3.9. Características dinámicas del suelo.

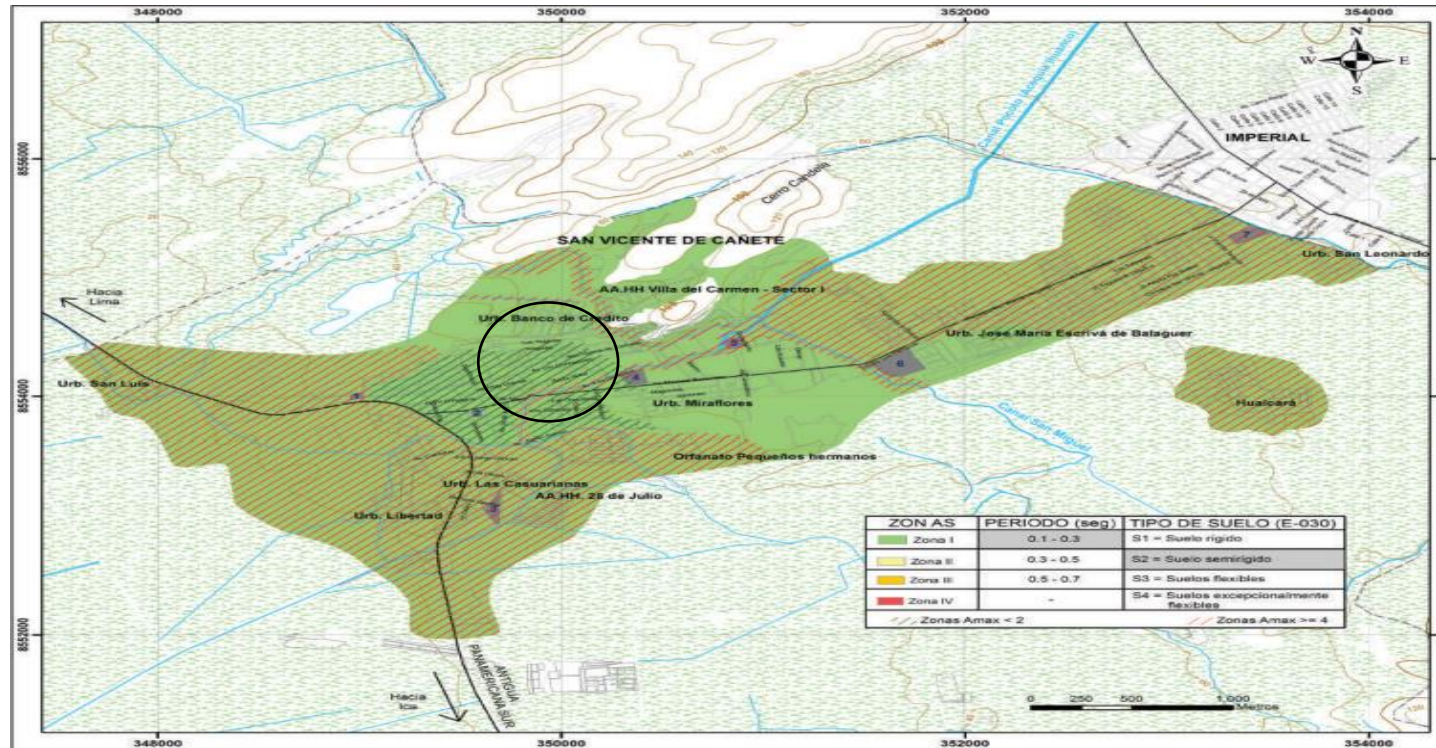
Para obtener la zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de San Vicente de Cañete, se tomarán los datos del último estudio de zonificación sísmica –geotécnica elaborado por GEOZUR en Marzo del 2020, en el cual se consideró el análisis e interpretación de la información geológica, geomorfológica, geodinámica, geotécnica, sísmica y geofísica. De acuerdo al estudio realizado, se puede observar en la figura 5, los distintos suelos encontrados en la zona según lo especificado en la norma E30, el estudio realizado por GEOSUR (2020) recomienda usar el suelo con el factor de zona= 0.45 g, (aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años), con un factor de suelo igual a 1.10 y con periodos  $T_p= 1$ ;  $T_1= 1.6$

### **3.9.1. Parámetros de diseño Sismo Resistente.**

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma Técnica de edificación E-030 Diseño Sismo Resistente, se toma los siguientes valores:

- Factor de zona: 0.45 Zona 4 (fig.4)
- Condiciones Geotécnicas: El suelo investigado es del tipo S3
- Periodo de vibración del suelo:  $T_p = 1.00$  seg
- Factor de Amplificación Sísmica (C)  $C = 2.5$
- Factor de Uso:  $U = 1.3$  que corresponde a edificaciones y viviendas comunes.
- Categoría de la estructura: Tipo C



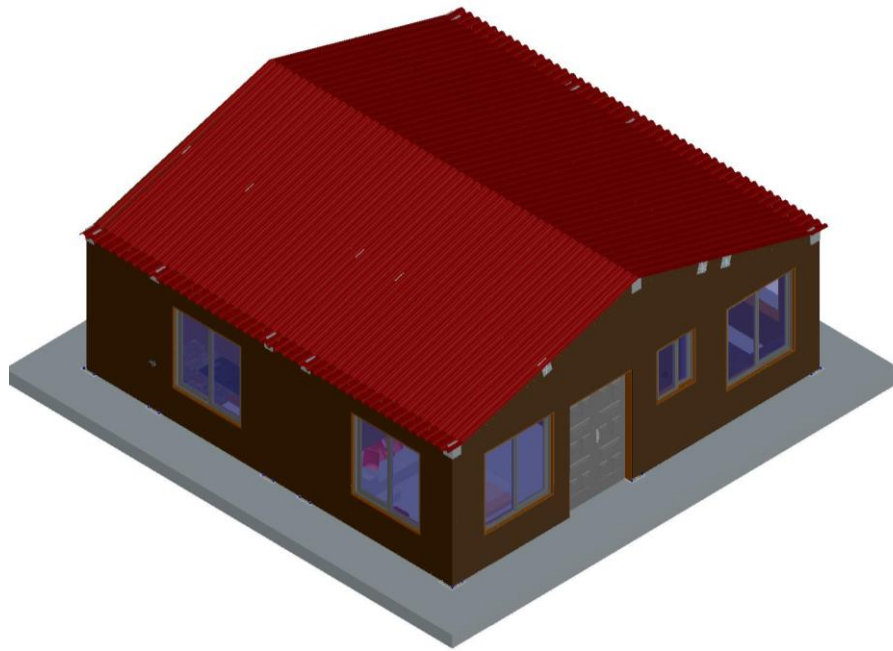


**Figura 5.** Selección del área de construcción según la Zonificación Sísmica-Geotécnica para la ciudad de San Vicente de Cañete. Fuente: IGP (2017)

La zona seleccionada se considera de peligro bajo de las condiciones climáticas por estar alejada de las acequias Ihuanco y San Miguel, por lo que no se verían afectadas en caso de desbordes. Tampoco presenta peligro de desprendimiento de tierra, rocas o derrumbes de los cerros cercanos. En esta zona se encuentran las urbanizaciones Santa Rosa, Los Libertadores, Los Nogales, San Vicente de Cañete, entre otros y su capacidad portante es mayor a 1.38 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.10. Modelamiento de viviendas mediante el software Etabs 2018

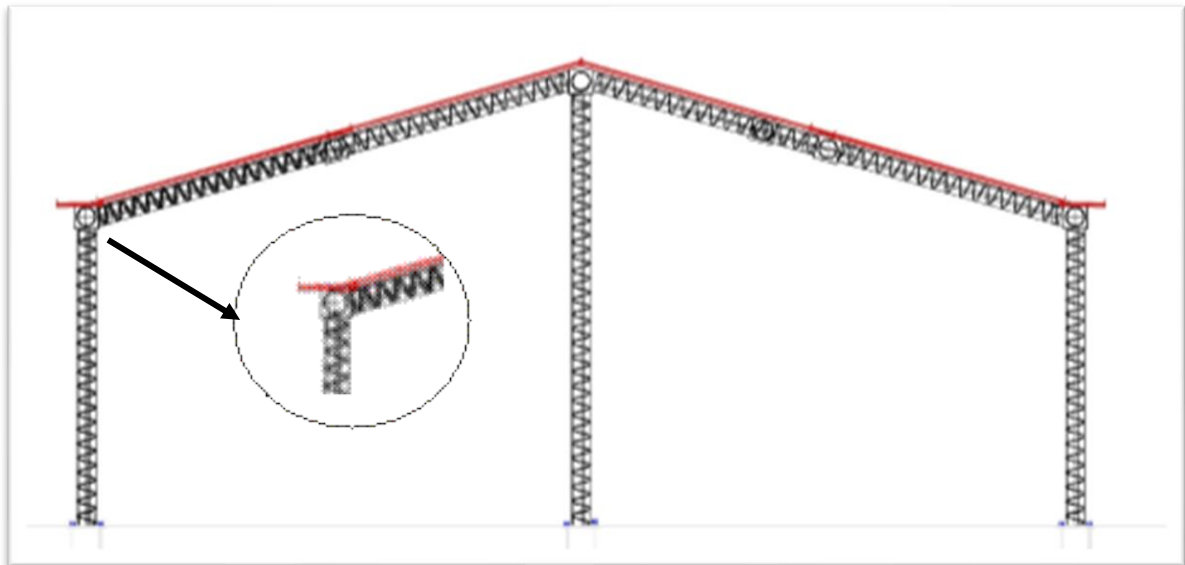
Antes de proceder al modelamiento mediante el Etabs, se le asignan dimensiones iniciales a la vivienda con la distribución de espacio y el diseño arquitectónico realizado en AutoCAD 2021 y siguiendo con lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se eligió para el análisis el método estático, que representa las acciones sísmicas por medio de un conjunto de fuerzas, las cuales actúan en el centro de masa de la vivienda (NTP E.030, 2019).



**Figura 6.** Vista fachada arquitectónica tridimensional de la vivienda diseñada.  
Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

#### 3.10.1. Descripción de la vivienda

La vivienda diseñada expone un sistema de construcción confinada, el cual según refiere Sáenz (2018) corresponde al sistema estructural construido por muros de albañilería que se encuentran confinados por columnas y vigas en forma de marco que les confieren mayor resistencia a las fuerzas sísmicas. En esta investigación y diseño estará conformado por columnas y vigas con tubos de láminas galvanizadas en engatillados en espiral sistema SPIRO system (ver el manual en el anexo 4).



**Figura 7.** Columnas y vigas de carga con Spiro Ductos de la vivienda diseñada.

Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

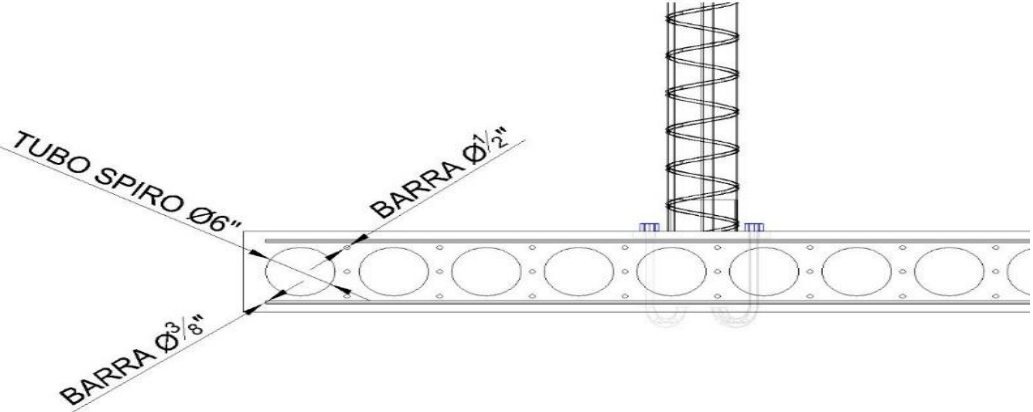
En la figura 8 se detalla la conformación del tubo de  $\varnothing = 6''$  de calibre 20 donde se detalla la distancias de la espiras engatillada y el peso por metro en Kg.



**Figura 8.** Detalle Ducto circular de acero galvanizado engargolado en espiral liso

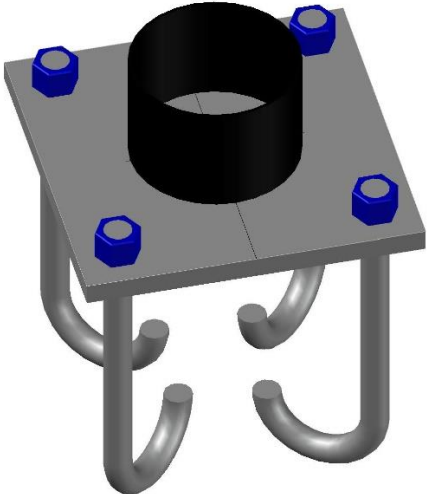
Fuente: Manual Spiro system 2021

Según el diseño de la vivienda la losa de fundación es del tipo aligerada de 0.30 metros de espesor. El aligeramiento de la losa será con el Sistema de Spiro Ducto como se muestra la figura 9, siguiente.



**Figura 9.** Detalle Losa de fundación aligerada. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

Las columnas de tubo Spiro, según el modelo diseñado, están acopladas sobre planchas de hierro negro de espesor de 1/2" de 200x200 mm y esta plancha está anclada en la losa con barras de acero  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  de Ø1", como se muestra en la figura 10, siguiente.



**Figura 10.** Detalle Losa de fundación aligerada. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

Los muros perimetrales y los muros internos están conformado por tablas de madera del tipo tornillo cuyas características se presenta en el cuadro de la figura 11, siguiente.

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad básica	450 kg/m <sup>3</sup> medio
Contracción volumétrica	11.0 %
Relación T/R	1.64
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de elasticidad en flexión	125,000 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de ruptura en flexión	722 kg/cm <sup>2</sup> medio
Compresión paralela	414 kg/cm <sup>2</sup> medio
Compresión perpendicular	33 kg/cm <sup>2</sup> medio
Dureza de lados	364 kg/cm <sup>2</sup> medio
Tenacidad	2.6 kg-m medio

**Figura 11.** Cuadro de las características mecánicas de la madera tipo Tornillo.  
Fuente: Ruiz (2015)

En las figuras siguientes se presenta las fachadas arquitectónicas de la vista frontal, posterior, lateral derecha y lateral izquierda.



**Figura 12.** Fachada Frontal. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

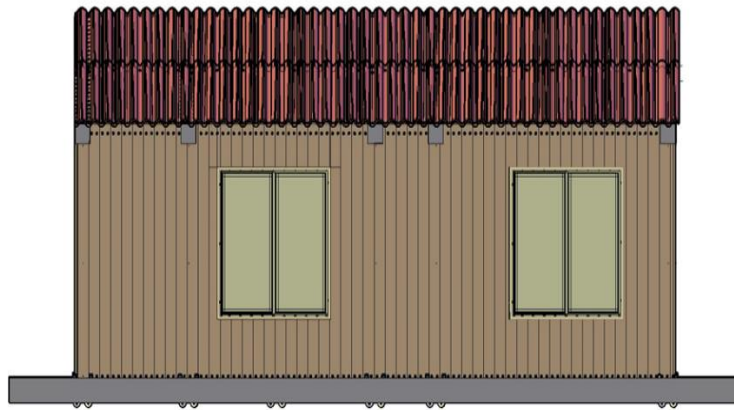


**Figura 13.** Fachada Posterior. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021



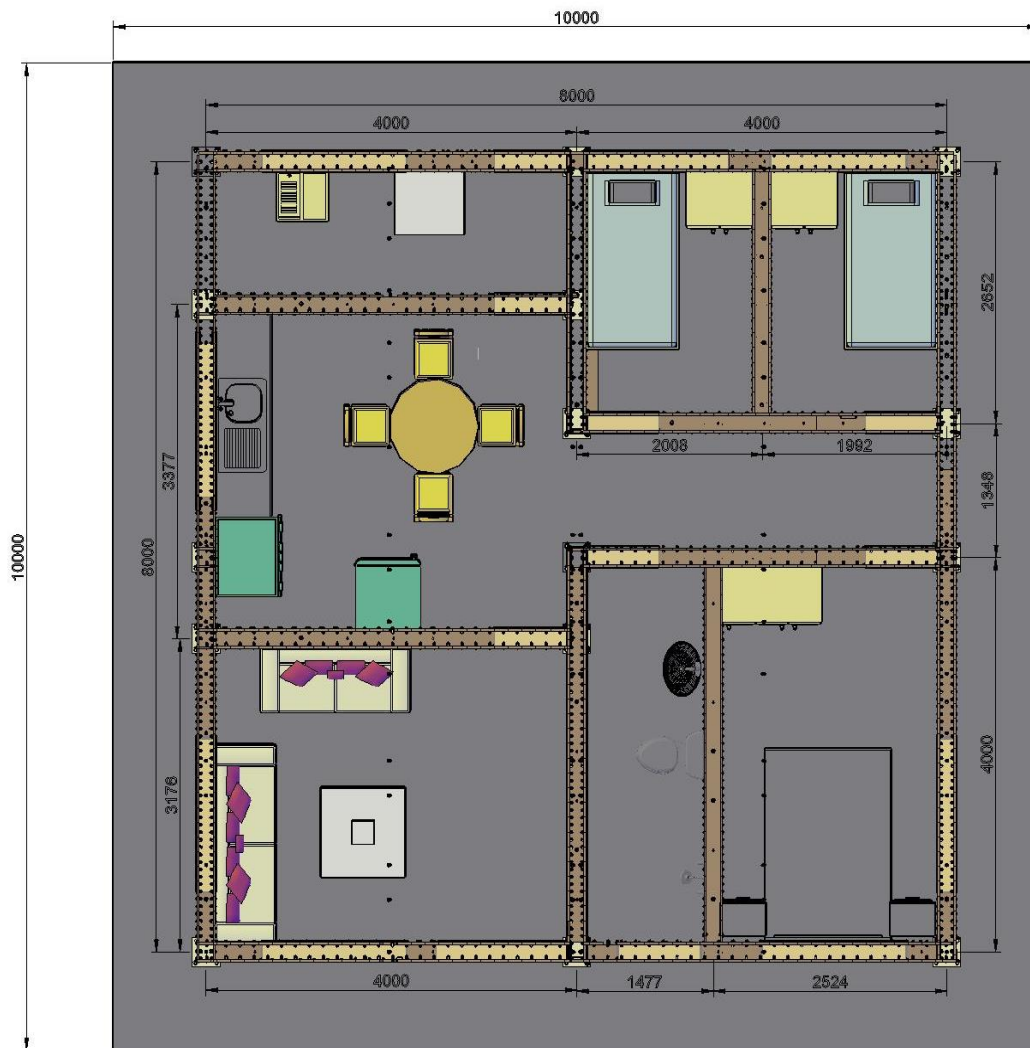


**Figura 14.** Fachada Lateral Derecha. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021



**Figura 15.** Fachada Lateral Izquierda. Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

En la figura 16 se muestra la distribución de espacios de la vivienda diseñada para el estudio con sus medidas.



**Figura 16.** Distribución inicial de espacios de la vivienda diseñada  
Fuente: Elaboración Propia + AutoCAD 2021

Las tablas de madera están apernadas con tornillos tirafondos que traspasan la madera y se fijan el tubo SPIRO.

**Tabla 1.** Tornillo tirafondo de fijación de herrajes metálicos con taladro previo sobre madera.

## 1. TP-PO

Tirafondo de cabeza avellanada 90°, filete 40°



Propiedades



**A**

Acero



**B**  
YELLOW


Recubrimiento  
bicromatado



**Z**  
ZINC

Recubrimiento  
zincado

Propiedades



**Pz**



Cabeza avellanada



Punta S, alfiler

**1.1. Datos**

Código		TPPO25 TPPOZ25	TPPO30 TPPOZ30	TPPO35 TPPOZ35	TPPO40 TPPOZ40	TPPO45 TPPOZ45	TPPO50 TPPOZ50	TPPO60 TPPOZ60
$d_k$ : diámetro cabeza	[mm]	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.1
D: diámetro exterior rosca	[mm]	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
d: diámetro interior rosca	[mm]	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.6
p: paso rosca	[mm]	1.10	1.35	1.60	1.80	2.00	2.20	2.60
l: longitudes tornillo	[mm]	10 - 25	12 - 40	16 - 50	16 - 70	20 - 80	20 - 120	40 - 220
$l_r$ : longitud máxima rosca	[mm]	Completa	Completa	Completa	60	60	60	60*
Mortaja Pz		#1	#1	#2	#2	#2	#2	#3
Códigos puntas de instalación (punta Pz)		PUPOC01 PUPOL01	PUPOC01 PUPOL01	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC03 PUPOL03



Fuente: Catálogo INDEX (2017)

La cubierta del techo para la vivienda diseñada para el estudio es de acero con capa asfáltica de espesor 4 mm del tipo Eternit (catalogo en el anexo).

Los tornillos de fijación de techo son del tipo auto penetrante con una longitud de 100 mm.

32



**Tabla 2** Tornillo tirafondo de fijación de herrajes metálicos con taladro previo sobre metal de tubo SPIRO

**INDEX**  
FIXING SYSTEMS

**FICHA TÉCNICA**

**TORNILLOS PARA MADERA**

Denominación: TORNILLOS PARA MADERA      Códigos: TPPOB, TPPOZ, TPTO, TPA2, TPBR, TRPO, ABA, ATA, TCLA, F8, TPTPAD, TPTP, ATAPO.


Referencia: FT MAD-es      Fecha: 26/07/17      Revisión: 7      Página: 3 de 12

---


**1. TP-PO**      Tirafondo de cabeza avellanada 90°, filete 40°




**Propiedades**



**A**  
Acero



**B**  
YELLOW  
Recubrimiento bichromatado




**Z**  
ZINC  
Recubrimiento zincado

**Propiedades**



**Pz**



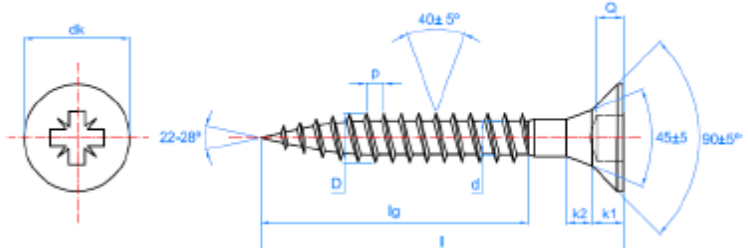
Cabeza avellanada



Punta S, alfiler

**1.1. Datos**

Código		TPPO25	TPPO30	TPPO35	TPPO40	TPPO45	TPPO50	TPPO60
		TPPOZ25	TPPOZ30	TPPOZ35	TPPOZ40	TPPOZ45	TPPOZ50	TPPOZ60
$d_c$ : diámetro cabeza	[mm]	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.1
D: diámetro exterior rosca	[mm]	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
d: diámetro interior rosca	[mm]	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.6
p: paso rosca	[mm]	1.10	1.35	1.60	1.80	2.00	2.20	2.60
l: longitudes tornillo	[mm]	10 - 25	12 - 40	16 - 50	16 - 70	20 - 80	20 - 120	40 - 220
$l_r$ : longitud máxima rosca	[mm]	Completa	Completa	Completa	60	60	60	60*
Mortaja Pz		#1	#1	#2	#2	#2	#2	#3
Códigos puntas de instalación (punta Pz)		PUPOC01 PUPOL01	PUPOC01 PUPOL01	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC03 PUPOL03



Fuente: Catálogo INDEX (2017)

### **3.10.2. Propiedades de los materiales**

- Acero:  $F_y$  4200 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso específico: 0.00785 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad: 2,038,901.92 kg/cm<sup>2</sup>
- Concreto:  $F'_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso específico: 0.0028 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad: 219,499.64 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson: 0.20

### **3.10.3. Consideraciones de cargas**

Para el modelamiento de la vivienda diseñada se consideran las combinaciones de cargas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se modela con la losa aligerada, una carga muerta de 300 kg/cm<sup>2</sup> con un espesor que de 0.30 metros. De igual manera, se agrega 200 kg/cm<sup>2</sup> por los acabados. La carga viva para la vivienda diseñada según la norma, asciende a 250 kg/cm<sup>2</sup>. Para la estimación del peso de la estructura a analizar, se calcula agregando a la carga permanente un 25 % de la carga viva.

Según lo descrito se obtiene el metrado de carga y peso total para la vivienda diseñada para la modelación con el software Etabs 18 (NTP E.030, 2019)

### **3.11. Modelamiento de la vivienda según software ETABS 2018**

El sistema elegido para el análisis sísmico es el método estático, el cual viene a representar el movimiento sísmico por un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de la vivienda diseñada, de una edificación de estructura regular, y de altura total inferior a los 30 metros (NTP E.030, 2016).

### 3.11.1. Fuerza cortante mínima en la base

En cada sentido en la evaluación del diseño, sea el análisis estático en dirección al eje x o el análisis estático en dirección al eje Y, la fuerza cortante de la estructura, debe de igualar o superar el 80% de la estimación de la cortante basal total, obtenida mediante el método estático para estructuras regulares, según lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (NTP E.030, 2019)

### 3.11.2. Desplazamientos laterales.

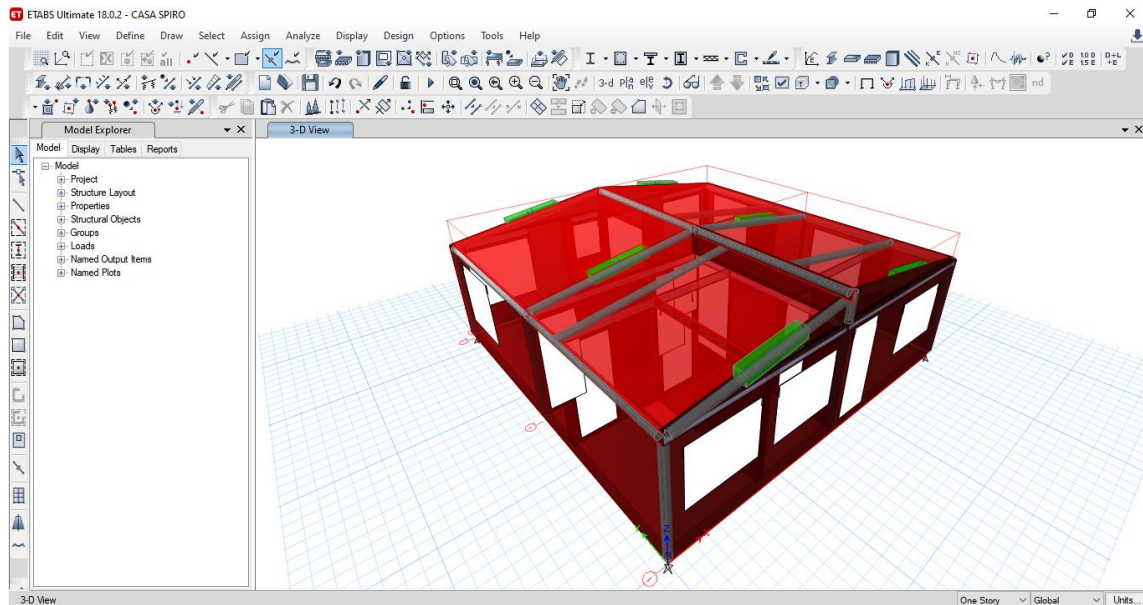
Por medio del Etabs se obtienen los desplazamientos laterales en función a las acciones sísmicas reducidas por el factor R, (Tabla 3) por ello se debe multiplicar el desplazamiento obtenido por el valor de 0.75R para el tipo de estructuras regulares o 1.0R para el modelo de estructuras irregulares. De esta manera, se obtienen los desplazamientos laterales reales producidos por un evento sísmico.

**Tabla 3.** Distorsión de entrepisos de acuerdo al material

LIMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material predominante	( $\Delta i / h_{ei}$ )
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: NTP E.030, 2016.

### 3.12. Indicadores de comportamiento a través del método estático no lineal con el programa ETABS.



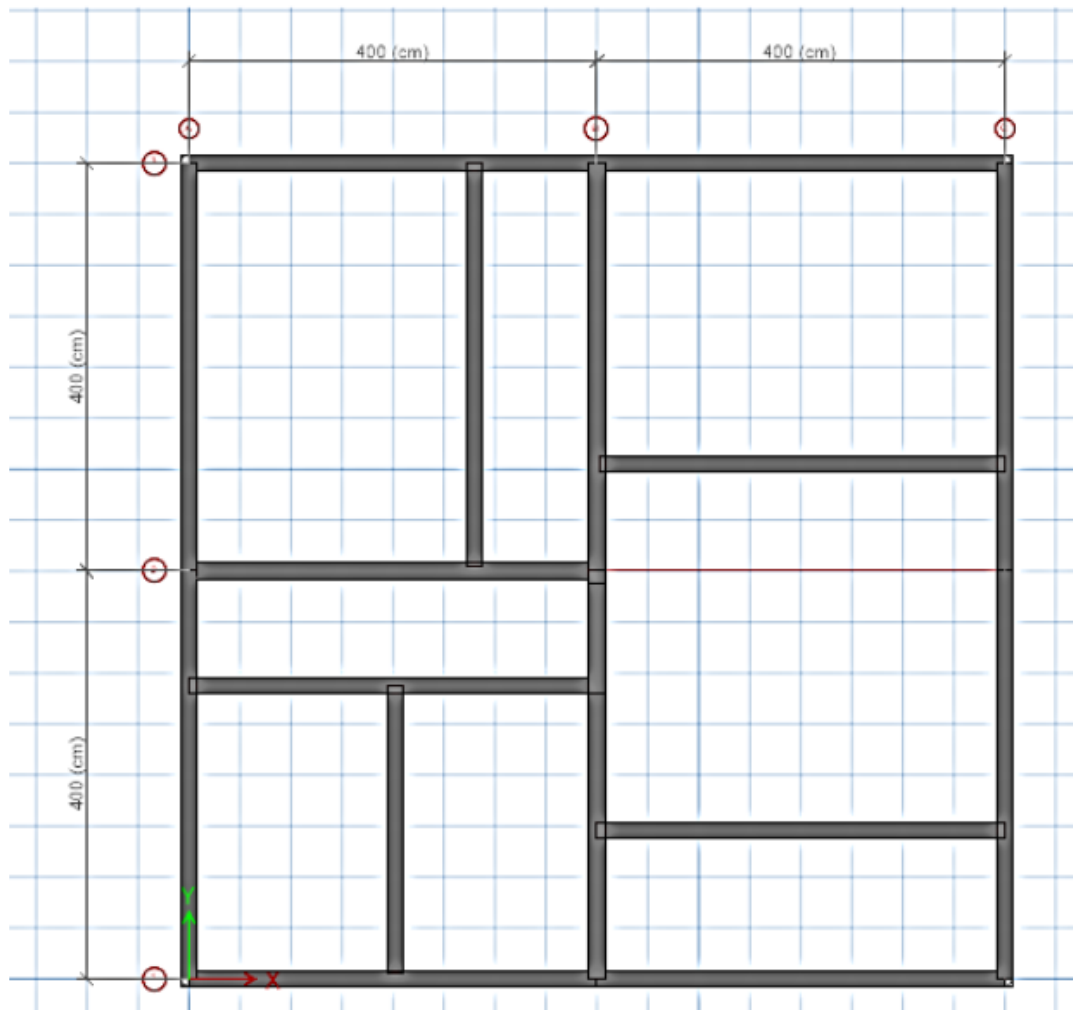
**Figura 17.** Vivienda para la modelación. Fuente: Elaboración Propia + ETABS 2018

#### 3.12.1. Procedimiento para estimar los valores de sobre resistencia y ductilidad en el cómputo de cargas sísmicas.

- a. Dimensionamiento estructural: se dimensiona los tamaños y refuerzos para cada elemento estructural y se escogen los materiales y sistema
- b. Selección de parámetros sísmicos: Se puede calcular el valor R o usar un valor de partida. En este caso se usa un factor propuesto por la norma E-030 de  $R=8$  para momentos resistentes.
- c. Se realiza un análisis no lineal: a la estructura se usa el método estático no lineal usando ETABS 2018.

### 3.13. Dimensionamiento estructural.

En la figura 18, se muestran las dimensiones de la vivienda



**Figura 18.** Distribución en planta de la vivienda evaluada. Fuente: Elaboración Propia + ETABS 2018

### 3.13.1. Dimensionamiento de las columnas y vigas

Las columnas son de tubos spiro que están sometidas a carga axial y momento flector. Las columnas están contempladas en estas dos acciones simultáneamente y la acción sísmica debido a que no hay elementos resistentes a las cargas laterales. Los tubos spiro son de un diámetro de 1,524 mm.

### 3.13.2. Dimensionamiento de la losa de fundación aligerada.

La losa es de 30 cm por tener una luz de 8 m en cualquier dirección.

### **3.14. Dimensionamiento estructural.**

Con las dimensiones ya establecidas anteriormente se procede a introducir los parámetros para la modulación.

#### **3.14.1. Parámetros de la norma E-030.**

- $F'c$  (resistencia a la compresión de concreto)= 280 Kg/cm<sup>2</sup>
- $F'y$  (fluencia del acero)= 4,200 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **3.14.2. Parámetros de la norma E-030.**

- Z (factor de zona) = 0.45 g, que corresponde a la zona 4 de San Vicente de Cañete
- U (factor de uso) = 1, que corresponde una vivienda común.
- S (factor de suelo) = 1.1, es el factor que corresponde al suelo tipo S3
- Tp (periodo del suelo) = 1.00 seg
- R (coeficiente para calcular el periodo fundamental de la estructura): 6, para sistema aporticado en dos direcciones.
- Ct (coeficiente para estimar el periodo fundamental de la estructura): 2.5, para vivienda sin elementos resistentes en la dirección seleccionada.

#### **3.14.3. Parámetros de la norma E-20.**

- Tabiquería: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Acabados: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva: 250 kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva de techo: para lámina plástica tipo teja de 2 mm de espesor 5.80 kg/m<sup>2</sup>
- Muros interiores: 80 Kg/m<sup>2</sup>

Ya con los parámetros definidos se realiza el procedimiento con ETABS 2018

### **3.15. Selección de materiales.**

Se define los materiales en el rango lineal y no lineal.

### 3.15.1 Para la losa.

Material Property Data

General Data

Material Name: LOSA 280 Kg/cm2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 280 kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 116.67 kgf/cm<sup>2</sup>

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

**Figura 19.** Ingreso de propiedades lineales para la losa. Fuente: Elaboración propia+ ETABS 2018

**Nonlinear Material Data** [X]

**Material Name and Type**

Material Name: LOSA 280 Kg/cm<sup>2</sup>

Material Type: Concrete, Isotropic

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type: Concrete

Modify/Show Hysteresis Parameters...

**Drucker-Prager Parameters**

Friction Angle: 0 deg

Dilatational Angle: 0 deg

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	0,01	-0,003	cm/cm
LS	0,02	-0,006	cm/cm
CP	0,05	-0,015	cm/cm

Ignore Tension Acceptance Criteria

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric

User Defined

Convert to User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve: 3

Point Number	Strain	Stress (kgf/cm <sup>2</sup> )	Point ID
1	-0,006	-348,22	
2	-0,005	-348,24	-E
3	-0,00361	-306,44	
4	-0,002219	-280	-B
5	0	0	A
6	0,118845	33,28	
7	1,307297	0	

Add Row

Delete Rows

Order Rows

Show Plot...

OK      Cancel

**Figura 20.** ingreso de propiedades no lineales para la losa. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018



### 3.15.2. Para los muros.

Material Property Data

General Data

Material Name: MURO MADERA

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0,000045 kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 4,589E-08 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 125 kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0,1

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000099 1/C

Shear Modulus, G: 56,82 kgf/cm<sup>2</sup>

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

**Figura 21.** ingreso de propiedades no lineales para la losa. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type:

**Drucker-Prager Parameters**

Friction Angle:  deg

Dilatational Angle:  deg

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
<input checked="" type="checkbox"/> IO	<input type="text" value="0,01"/>	<input type="text" value="-0,005"/>	cm/cm
<input checked="" type="checkbox"/> LS	<input type="text" value="0,02"/>	<input type="text" value="-0,01"/>	cm/cm
<input checked="" type="checkbox"/> CP	<input type="text" value="0,05"/>	<input type="text" value="-0,02"/>	cm/cm

Ignore Tension Acceptance Criteria

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric

User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve:

Point Number	Strain	Stress (kgf/cm2)	Point ID
1	-0,081577	-10,2	
2	0	0	A
3	0,081577	10,2	

**Figura 22.** Ingreso de propiedades no lineales para muros. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

### 3.15.3. Para el techo.

Material Property Data

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

**Figura 23.** Ingreso de propiedades lineales para techo. Fuente: Elaboración propia+ ETABS 2018

**ET Nonlinear Material Data** ✕

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type:

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
<input checked="" type="checkbox"/> IO	<input type="text" value="0,01"/>	<input type="text" value="-0,005"/>	cm/cm
<input checked="" type="checkbox"/> LS	<input type="text" value="0,02"/>	<input type="text" value="-0,01"/>	cm/cm
<input checked="" type="checkbox"/> CP	<input type="text" value="0,05"/>	<input type="text" value="-0,02"/>	cm/cm

**Stress Strain Curve Definition Options**

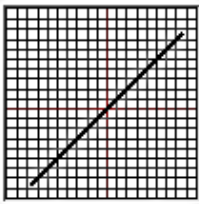
Parametric

User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve:

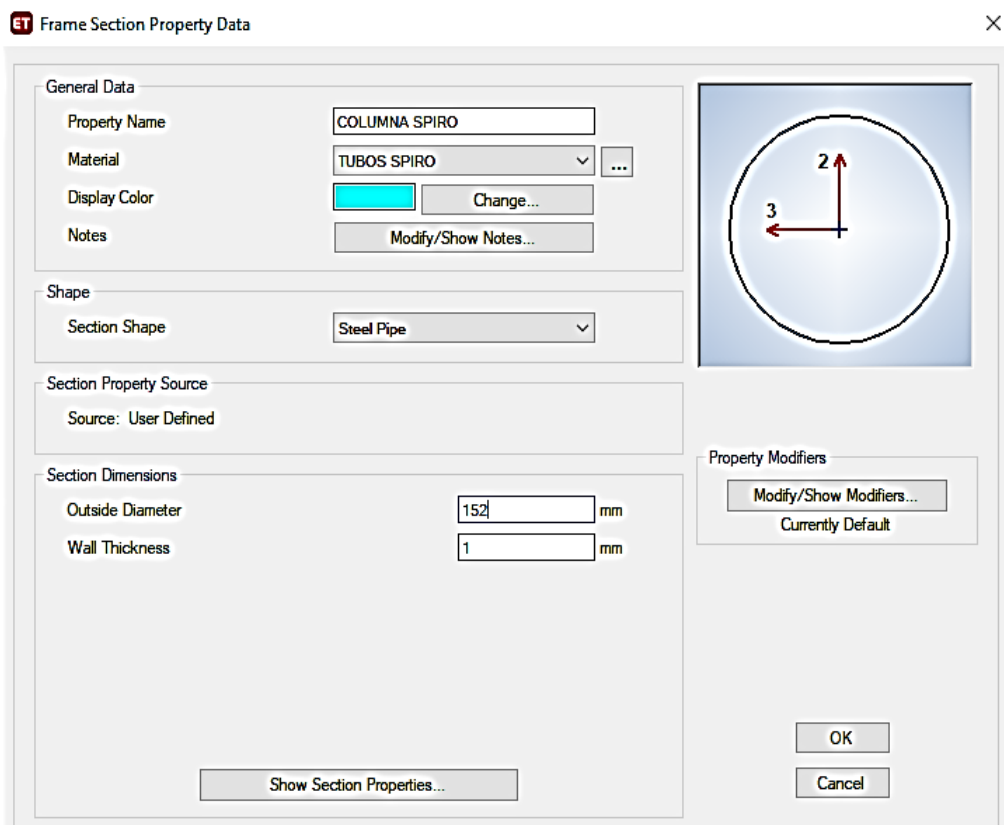
Point Number	Strain	Stress (kgf/cm <sup>2</sup> )	Point ID
1	-0,002069	-4218,42	
2	0	0	A
3	0,002069	4218,42	



**Figura 24.** ingreso de propiedades no lineales para techos. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

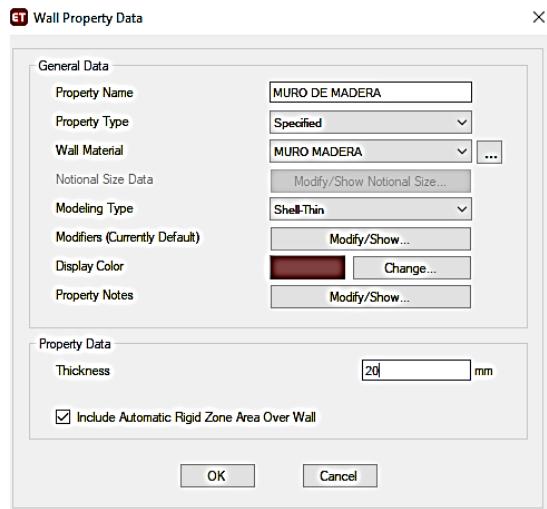
### 3.16. Asignación de los elementos estructurales a la vivienda en estudio

#### 3.16.1 Columnas y vigas



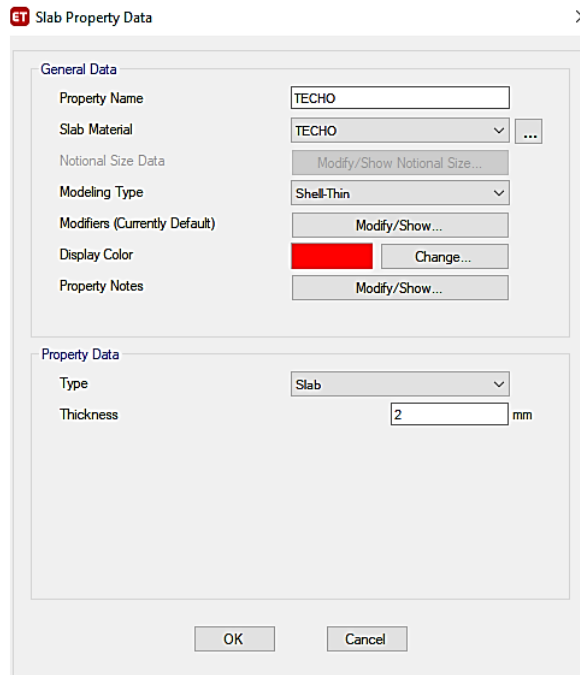
**Figura 25.** Asignación de columnas y vigas con tubos spiro . Fuente propia + ETABS 2018

### 3.16.2. Asignación de muros de madera



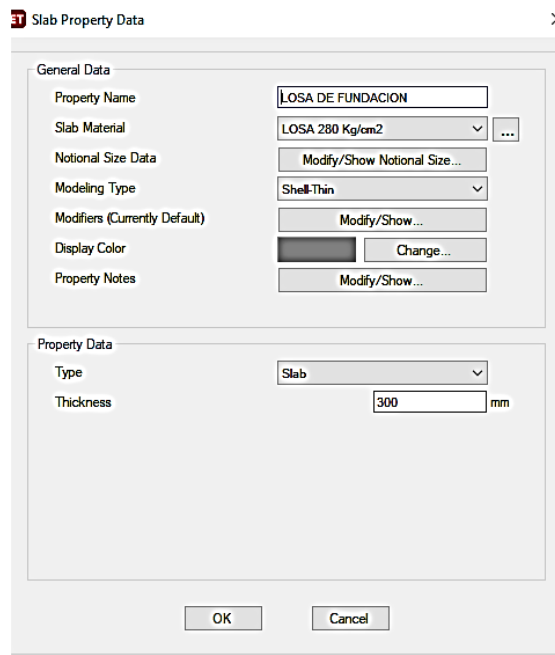
**Figura 26.** Asignación de muros. Fuente propia + ETABS 2018

### 3.16.3. Asignación del techo.



**Figura 27.** Asignación del techo. Fuente propia + ETABS 2018

### 3.16.4. Asignación de la losa de fundación aligerada.

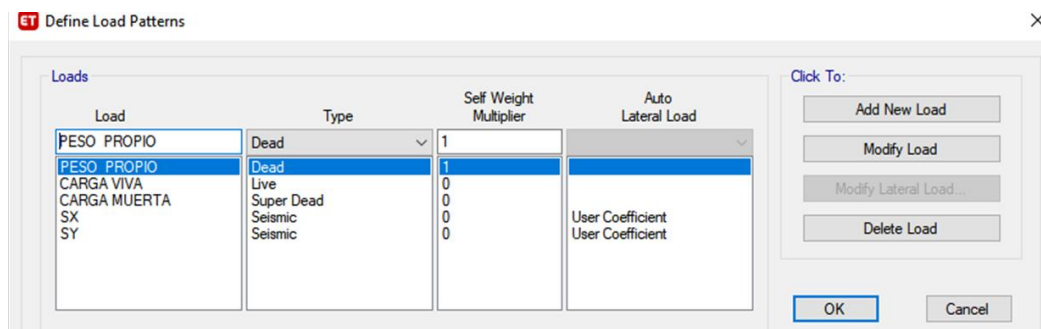


**Figura 28.** Asignación de losa de fundación aligerada. Fuente propia + ETABS 2018

### 3.17. Asignación de cargas.

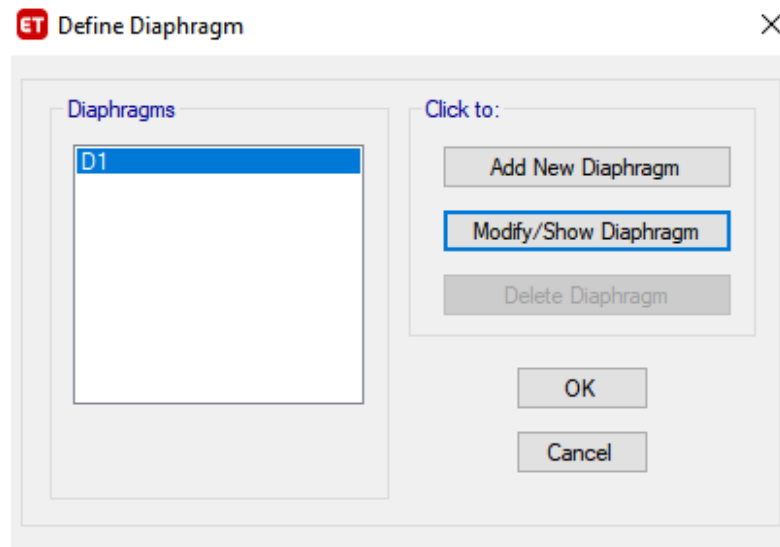
#### 3.17.1. Definición de patrones de cargas

Se definen las cargas: Carga vivas, cargas muertas, peso propio, Sx y Sy



**Figura 29.** Definición de patrones de cargas. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

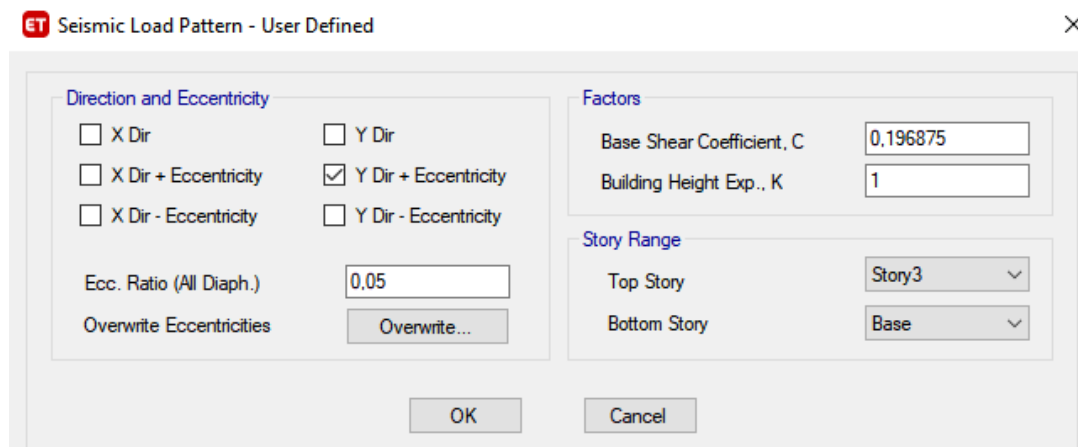
### 3.17.2. Definición de diagrama rígido para la vivienda en estudio.



**Figura 30.** Asignación de diagrama rígido. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

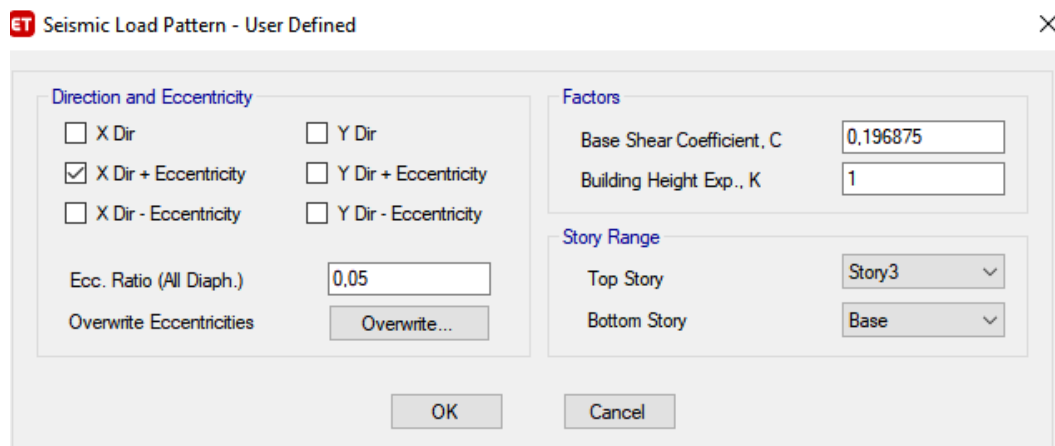
### 3.17.3. Definición de diagrama rígido para la vivienda en estudio.

Para el caso del análisis lineal, se definen la carga sísmica estática y dinámica para cada eje (ver figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36)

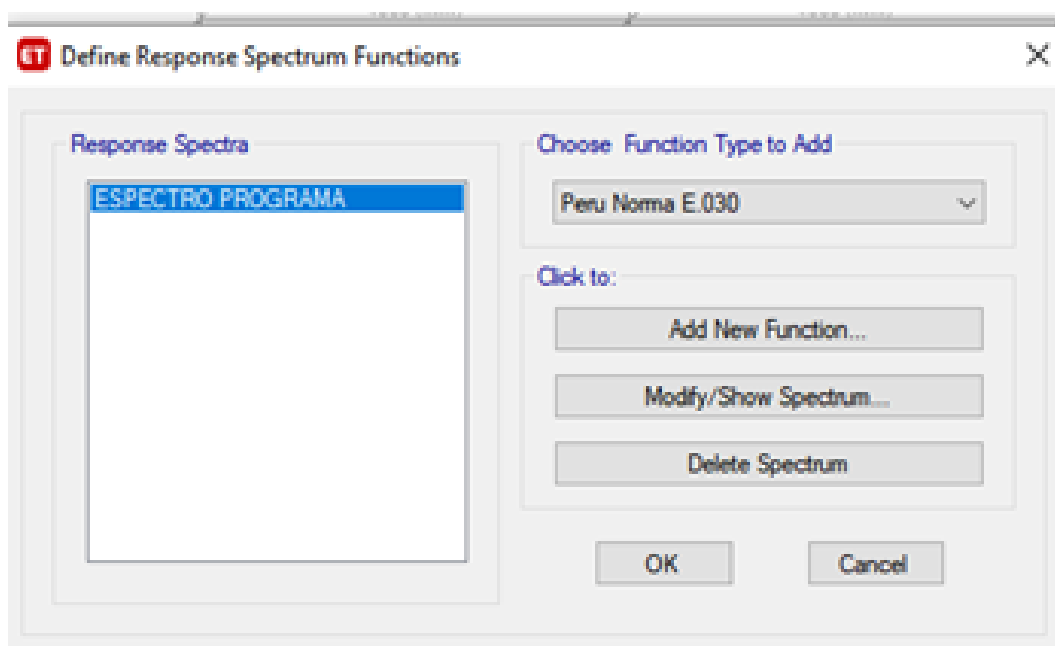


**Figura 31.** Ingreso del sismo estático en Y. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018



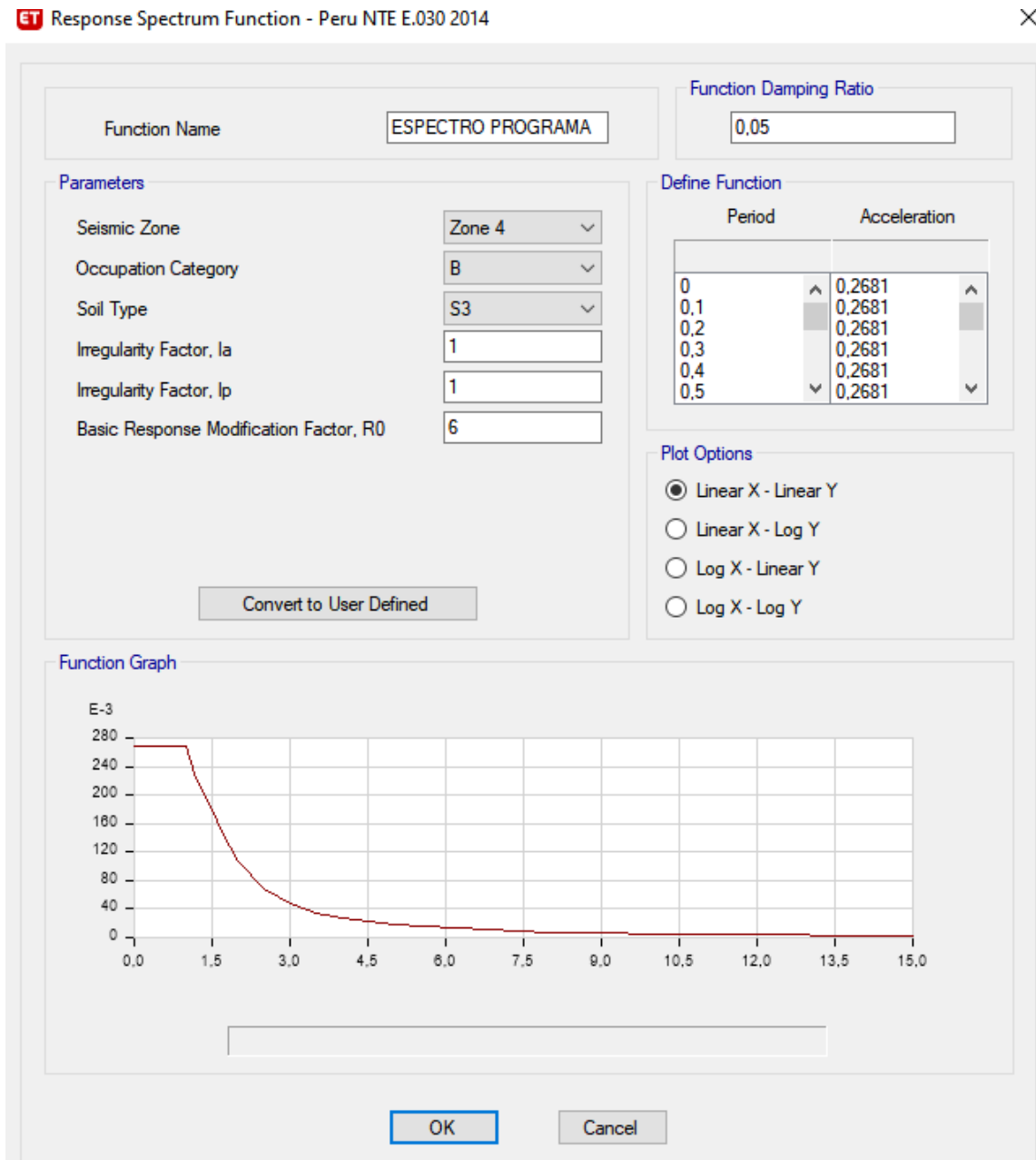


**Figura 32.** Ingreso del sismo estático en X. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018



**Figura 33.** Designación de la norma E-030 para el espectro de aceleraciones. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

Se ingresa la zona 4 y el tipo de suelo 3 con un factor R de 6



**Figura 34.** Espectro de aceleraciones Norma E-30. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

**ET** Load Case Data ×

**General**

Load Case Name: ESPECTRO-X Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO PROG	9806,65

Add  
Delete  
 Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK
Cancel

**Figura 35.** Ingreso de sísmico dinámico en x. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

**ET** Load Case Data ×

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO PROG...	9806,65

1  
Add  
Delete  
 Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: MASA

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

**Figura 36.** Ingreso de sísmico dinámico en y. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

### 3.17.4. Ingreso de los casos modales.

**Modal Case Data**

**General**

Modal Case Name: MASA [Design...]

Modal Case SubType: Eigen [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MASA

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings: Noniterative based on mass [Modify/Show...]

Note: Nonlinear case option for P-Delta does not apply when Preset P-Delta is noniterative based on mass.

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Target Mass Par. Ratio, %	Static Correction
Acceleration	UX	99	No
Acceleration	UY	99	No

[Add] [Delete]  Advanced

**Other Parameters**

Maximum Number of Modes: 21

Minimum Number of Modes: 3

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

**Figura 37.** Ingreso de la Masa. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

### 3.17.5. Asignación de la Masa para el análisis de la vivienda en estudio.

Mass Source Name: MASA

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
  - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0,05
  - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0,05

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
PESO PROPIO	1.2
CARGA MUERTA	1
PESO PROPIO	1.2

Mass Options

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

**Figura 38.** Ingreso de Mass Source. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

### 3.17.6. Asignación de las combinaciones de carga según norma E-60.

Las combinaciones de carga según norma E-60 adaptada para este análisis:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 0,9D + Sx
- 0,9D + Sy
- 0,9D – Sx
- 0,9D - Sy
- 1,2D + L + Sx
- 1,2D + L + Sy
- 1,2D + L – Sx
- 1,2D + L – Sy
- 0,9D + Espectro X
- 0,9D + Espectro Y
- 0,9D – Espectro X
- 0,9D – Espectro Y
- 1,2D + L + Espectro X

- 1,2D + L + Espectro Y
- 1,2D + L - Espectro X
- 1,2D + L – Espectro Y
- Envolvente

Donde:

D= Carga Muerta + Peso Propio

L= Carga Viva

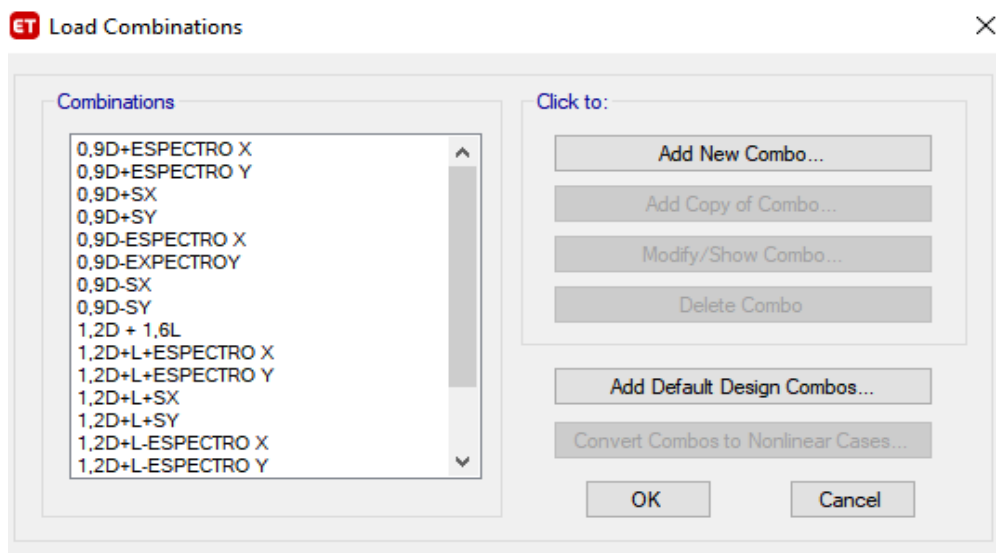
Sx= SISMO en el eje x

Sy= SISMO en el eje y

Espectro X= aceleración sísmica en el eje X

Espectro Y= aceleración sísmica en el eje y

Envolvente= Es la suma de todas las combinaciones



**Figura 39.** Ingreso de las combinaciones de fuerzas. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

## IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1. Estructuración.

Primordialmente el diseño de la estructura es para proteger la vida de las personas, por tal motivo es importante conocer la ubicación y la característica de los diferentes elementos estructurales como la losa, las vigas, columnas y muros siempre respetando la arquitectura distribuyendo adecuadamente los elementos estructurales, garantizando un comportamiento ideal dándole rigidez a los desplazamientos laterales de manera que la estructura resista.

Es importante para el diseño que se tiene que cumplir lo siguiente:

- Simplicidad y Simetría
- Hiperasticidad y monolitismo
- Uniformidad y continuidad de la estructura.
- Rigidez lateral
- Diafragma rígido Elementos no estructurales

### 4.2. Dimensionamiento.

Se basa en dar dimensiones a las estructuras respetando las condiciones arquitectónicas y con la norma E060 dando la importante que los elementos estructurales puedan obtener la rigidez que se necesita para los desplazamientos y que cumplan con lo permitido en la Norma E-030.

### 4.3. Dimensionamiento de la losa de fundación

Para dimensionar la losa de manera correcta se tomó los criterios de la norma E060.

Para el peralte de las losas aligeradas se dimensionó con los criterios siguientes:

$$h = \frac{LL}{25} \text{ Para } \frac{S}{C} < 300 \text{ a } 350 \frac{kgf}{m^2}$$



$$h = \frac{LL}{30} \text{ Para } \frac{S}{C} > 300 \text{ a } 350 \frac{kgf}{m^2}$$

Para una longitud de 8 m, S/C de 280 Kg/m<sup>2</sup>

$$h = \frac{8}{25} = 0.32$$

En este caso se usó h= 0,30 m, (dato ingresado en ETABS-18)

#### 4.4. Dimensionamiento de las vigas.

Para el dimensionamiento de la viga se considera al eje X como predominante, por estar sometido a esfuerzos de flexión; transmitiendo así las cargas a las columnas.

Para nuestro caso se considera una viga de perfil sección circular.

Evaluando nuestro perfil con respecto al momento máximo obtenemos.

$$W_f = M_f / \sigma_{adm}$$

M<sub>f</sub> (Momento resistente) = al momento máximo de flexión.

Calculando momento máximo de flexión:

Esfuerzo máximo de fluencia del acero = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Longitud de viga = 400cm

Carga de techo distribuida lineal = 10kg/cm

$$M_f = [(10kg/cm^2 * 400cm) / 2] * (200cm/2)$$

$$M_f = 200\ 000 \text{ kg cm.}$$

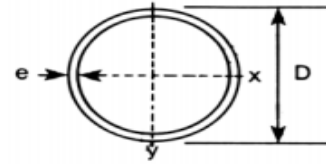
El momento resistente es:

$$W_f = 200\ 000 \text{ kgcm} / 4200 \text{ kg/cm}^2 = 47.62 \text{ cm}^3$$

Ubicando el momento en el eje X tenemos.

PERFILES SECCIÓN CIRCULAR

DIÁMETRO NOMINAL D, pulgada	DIMENSIONES mm		SECCIÓN A cm <sup>2</sup>	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTÁTICAS			
	D	e			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm
3	76.2	2.25	5.23	4.1	35.8	9.39	12.3	2.62
3 1/2	88.9	2.25	6.12	4.81	57.5	12.9	16.9	3.06
4 1/2	114	2.5	8.78	6.89	137	24	31.1	3.95
5	127	3	11.7	9.17	225	35.4	46.1	4.39
5 1/2	140	3.4	14.6	11.4	338	48.4	63.5	4.82
6	152	4	18.7	14.6	514	67.4	87.6	5.25
6 5/8	168	4.3	22.2	17.4	745	88.6	115.3	5.8
7 5/8	194	4.5	26.7	21	1200	124	161.6	6.69
8 5/8	219	5.5	36.9	29	2100	192	250.8	7.55
10 3/4	273	7	58.5	45.9	5180	379	495.4	9.41
12 3/4	324	9	89	69.9	11.04	682	893.3	11.1



**Figura 40.** Perfil sección circular. Fuente: catálogo general CONDUVEN.

Verificando esbeltez de las vigas diseñadas con tubos Spiro con diámetro de 6" tomando en cuenta el criterio de peralte de  $L/r < 300$ .

Donde:

$$L = 4 \text{ m}$$

$$r = 3'' = 0,0762$$

$L/r = 52,50 < 300$ , con este diámetro cumple con la condición

#### 4.5. Dimensionamiento de las columnas.

Usando el tubo spiro de  $\varnothing 6''$  ( $\varnothing = 0,152 \text{ m}$ ) y el criterio de la norma:

$$A = \frac{P_{servicio}}{0,45 f'c}$$

Donde:

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

$P = 1$ , Categoría de edificaciones según Norma E-030

$f'_{y} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  para aceros

$N = 1$ , numero de piso

$$A = \pi/4 * D^2 = \pi/4 * (0,152\text{m})^2 = 0,01814 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$P_{\text{servicio}} = 0.01814 * 0.45 * 4200 = 34,30 \text{ Kgf}$$

El área tributaria es  $4 \times 4 = 16 \text{ m}^2$ , que está distribuida en 4 columnas

El techo pesa  $5.8 \text{ Kg/m}^2$  (ver catálogo del anexo 4)<sup>32</sup>

$P_{\text{techo}} = 16 * 5.8 = 92.80 \text{ Kgf}$
---

El peso está distribuido en 4 columnas

$$P_{\text{servicio}} = 92.80/4 = 23.20 \text{ kg/f}$$

$23.20 \text{ Kg/f} < 34,30 \text{ Kgf}$ en la cual cumple satisfactoriamente.
--

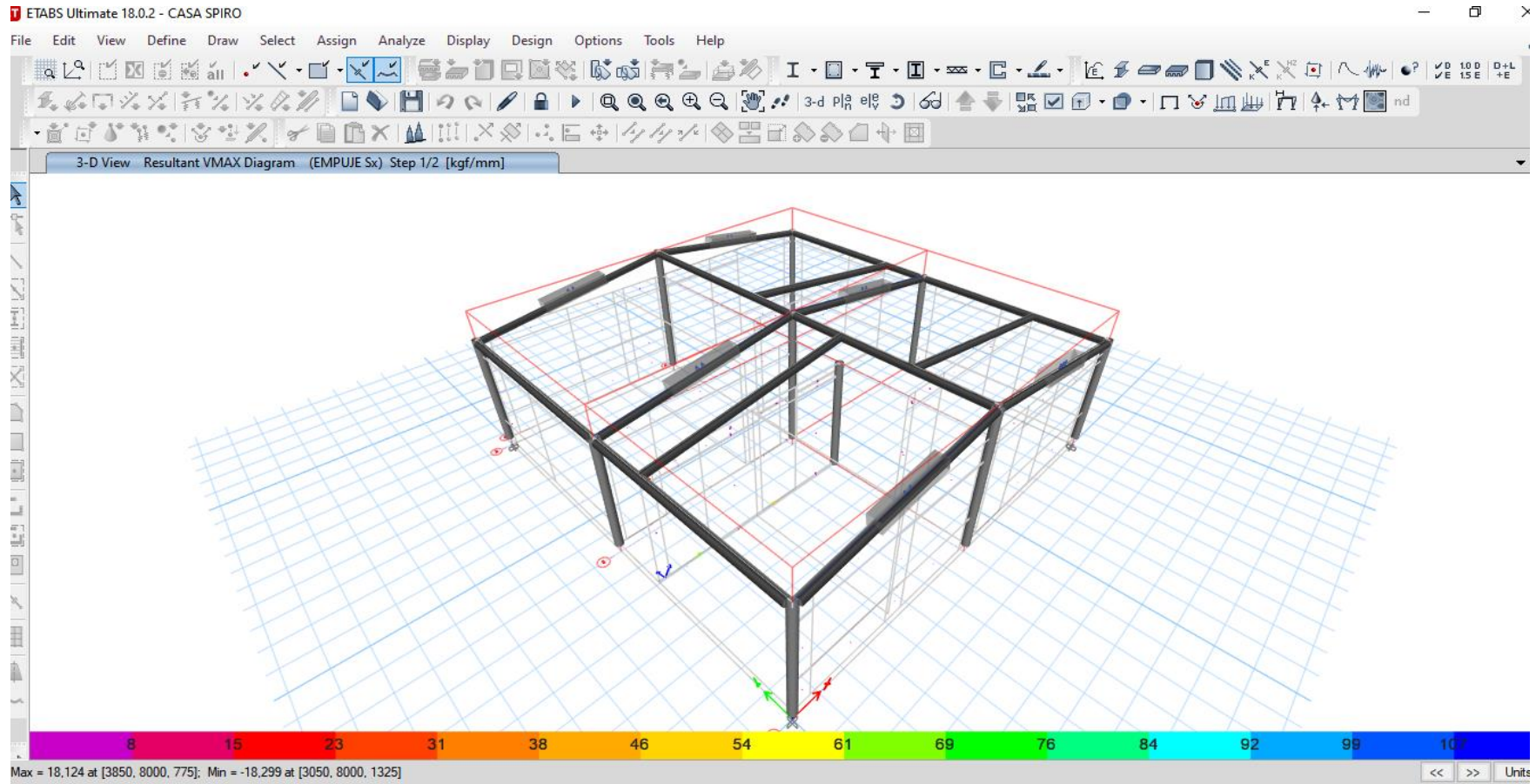
#### **4.6. Análisis Sísmico.**

Con el análisis sísmico permite conocer si la estructura en general cumple con todos los criterios de la Norma E0.30, que cumpla con todos los requisitos en deformaciones, esfuerzos laterales, que cumpla la rigidez en ambas direcciones con el análisis dinámico en la dirección X e Y.

#### **4.7. Modelo dinámico.**

Con el modelo dinámico se estudia que las derivas máximas estén dentro del rango correcto y así encontrar los esfuerzos laterales, usando diafragmas rígidos y aplicando 3 grados de libertad en el centro de masa permitiendo que las cargas horizontales se concentren y compartan esfuerzos con las verticales dando rigidez a la estructura. Se consideró el 100% de la carga viva y el 25% de la carga muerta, según la norma E030 al ser una edificación tipo "C".

Se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 41.** Modelamiento en ETABS 18. Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

Tabla N° 4 Radio modales de masas participativas de la estructura.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
MASA	1	-6883.383762	6.70552E-15	8.13359E-15	1	6.70552E-15	8.13359E-15	1	0.000638618	0.000226461	5.53915E-13	0.000638618	0.000226461	5.53915E-13
MASA	2	-22.72999381	7.79317E-07	9.71491E-05	2.78697E-11	7.79317E-07	9.71491E-05	1	0.093232099	0.000967711	0.016250097	0.093870716	0.001194172	0.016250097
MASA	3	-5.98191772	0.000539143	0.204382979	8.0762E-15	0.000539922	0.204480128	1	0.89604602	0.003062694	0.002565478	0.989916736	0.004256866	0.018815575
MASA	4	-5.523837595	0.241438006	0.000622573	1.59223E-14	0.241977928	0.205102701	1	0.001966436	0.98813357	0.000228275	0.991883172	0.992390436	0.019043849
MASA	5	2.464038024	6.80966E-06	0.011421561	7.23073E-18	0.241984738	0.216524263	1	0.002016916	1.55831E-06	0.000304596	0.993900088	0.992391995	0.019348446
MASA	6	-1.872342267	9.19579E-05	0.010884275	5.63386E-15	0.242076696	0.227408538	1	0.000261625	2.86565E-06	0.947502327	0.994161713	0.99239486	0.966850773
MASA	7	-1.563654336	0.690556993	0.000635353	6.51534E-16	0.932633689	0.228043891	1	5.29925E-06	0.007463229	0.000283222	0.994167013	0.999858089	0.967133996
MASA	8	-1.546309779	0.000691862	0.744241152	6.32946E-17	0.93332555	0.972285042	1	0.005775054	6.95595E-06	0.012538325	0.999942066	0.999865045	0.97967232
MASA	9	1.519456704	1.53811E-05	0.000254886	5.13284E-18	0.933340931	0.972539928	1	9.61383E-06	7.51841E-07	0.000297776	0.99995168	0.999865797	0.979970096
MASA	10	-1.233412609	0.035570384	2.8733E-05	9.3457E-18	0.968911315	0.972568661	1	3.69172E-08	5.92197E-05	0.017702256	0.999951717	0.999925017	0.997672353
MASA	11	-1.165629887	5.24552E-06	0.023642044	7.19693E-20	0.968916561	0.996210705	1	1.60777E-05	4.62166E-09	0.000560073	0.999967795	0.999925022	0.998232425
MASA	12	-1.125909663	0.027046495	1.62712E-05	4.41305E-19	0.995963056	0.996226976	1	6.91165E-09	1.48867E-05	1.04074E-05	0.999967802	0.999939908	0.998242833
MASA	13	1.081967559	0.001041406	1.25777E-07	2.31609E-19	0.997004462	0.996227102	1	1.99206E-09	2.1372E-05	1.4802E-06	0.999967804	0.99996128	0.998244313
MASA	14	0.912239614	0.001969928	0.000159116	1.97741E-18	0.998974389	0.996386218	1	1.77166E-06	2.84202E-05	0.000275657	0.999969575	0.9999897	0.99851997
MASA	15	0.889737633	0.0001428	1.65508E-06	2.14535E-18	0.999117189	0.996387873	1	1.75879E-08	1.96616E-06	9.47721E-06	0.999969593	0.999991667	0.998529447
MASA	16	0.87780953	0.000247165	0.000781816	6.64687E-20	0.999364354	0.997169689	1	8.10497E-06	3.32005E-06	0.000125381	0.999977698	0.999994987	0.998654828
MASA	17	0.844618677	1.01434E-10	0.001558319	1.72802E-18	0.999364354	0.998728008	1	1.50835E-05	1.29106E-12	0.000648708	0.999992782	0.999994987	0.999303536
MASA	18	0.715569152	0.000400374	9.38283E-11	1.00451E-20	0.999764727	0.998728008	1	6.99169E-13	3.86281E-06	0.000379667	0.999992782	0.999998849	0.999683203
MASA	19	0.681937757	3.84817E-07	0.000525423	6.90946E-20	0.999765112	0.999253431	1	3.66047E-06	3.47351E-09	0.000115577	0.999996442	0.999998853	0.99979878
MASA	20	0.523961953	1.98814E-06	0.000357384	1.301E-18	0.9997671	0.999610815	1	1.85391E-06	1.33638E-08	7.84904E-05	0.999998296	0.999998866	0.999877271
MASA	21	0.46127453	4.28898E-07	0.000226152	2.15119E-19	0.999767529	0.999836967	1	1.05542E-06	2.59498E-09	3.63249E-05	0.999999351	0.999998869	0.999913596

Fuente: tabla generada por ETBS 18.

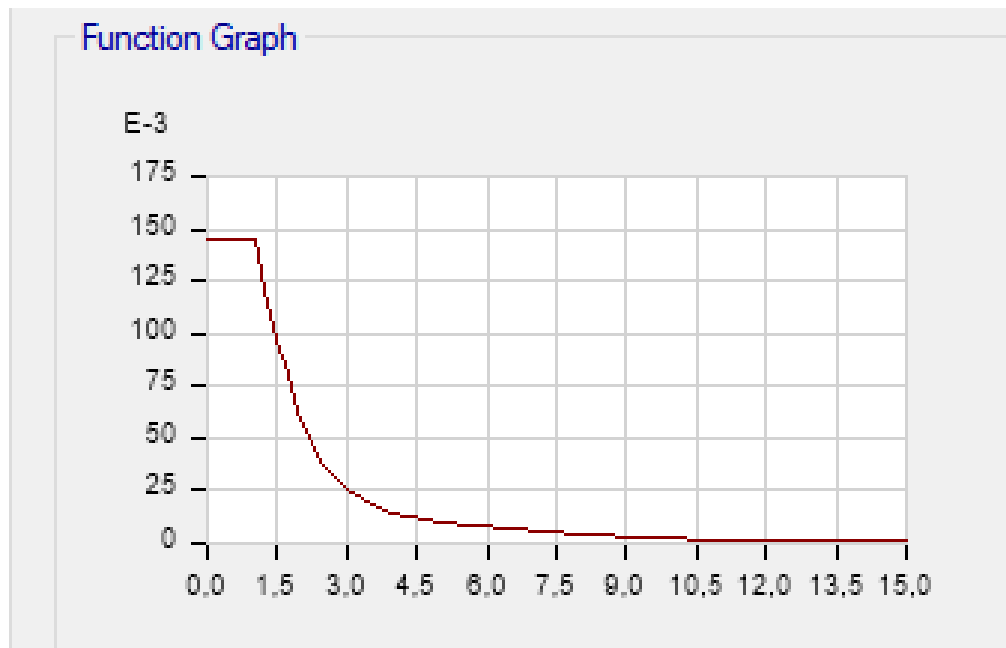
#### 4.7.1. Modos de vibración.

Según la Norma E-030 los modos de vibración se determinaron por el procedimiento de análisis con el software ETABS 18 tomando en cuenta las características de rigidez y la distribución de la masa. En cada dirección se consideraron los modos de vibración en donde la suma de las masas efectivas resultó el 90% de la masa tota, tomando en cuenta los tres primeros modos más resaltantes en la dirección del análisis.

En la tabla N° 4 se observó que de los 21 modos desde el modal 10 al modal 21 llegan el 90% superando los límites establecidos por la norma E030.

También se observa de la misma tabla que el periodo fundamental de vibración se encuentran en la frecuencia  $T_x = -1.56$  y  $T_y = -1.54$

#### 4.7.2. Espectro de diseño.



**Figura N°42.** Espectro Pseudoaceleraciones. Fuente: Elaboración propia + ETABS

Según la norma E030 indica que para los muros estructurales debe cumplir con el 80% de absorción en la base. Se ingresaron los datos aplicando los criterios de esta norma.

Se definió dos casos de carga, sismo dinámico en el eje X y Y. Se ingresaron las cargas para realizar el análisis y comprobación si cumple con los criterios establecidos en la norma.

Una vez que se obtuvieron los modos de vibración, se determinó la cortante total en la base de la estructura y la cortante que absorbe la placa.

#### 4.7.3. Fuerza cortante mínima.

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante no tiene que ser menor que el 80% para estructura regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

**Tabla N° 5.** Cortante en la base eje X.

Load Case/Combo	Fx
	Kgf
Empuje Dinámico X Max	448.23

Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018.

**Tabla N° 6.** Cortante en la base eje Y.

Load Case/Combo	Fy
	Kgf
Empuje Dinámico Y Max	641.67

Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018.

**Tabla N° 7.** Cortante en vigas eje X.

PIER	Load Case/Combo	Location	Vx (Kgf)
PX	Empuje dinamico X Max	Bottom	424.54

Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018.

**Tabla N° 8.** Cortante en vigas eje Y.

PIER	Load Case/Combo	Location	V2 (Kgf)
PY	Empuje dinamico Y Max	Bottom	527.07

Fuente: Elaboración propia + ETABS 2018

$$\frac{V_{mx}}{V_x} * 100 = \% \text{ Que absorve los muros en el X}$$

$$\frac{V_{my}}{V_y} * 100 = \% \text{ Que absorve los muros en el Y}$$

Donde:

Cortante en vigas eje X =  $V_{mx}$ = 424.54 Kgf

Cortante en las vigas eje Y =  $V_{my}$ = 527.07 Kgf

Cortante en la base eje X =  $V_x$ = 448.23

Cortante en la base eje Y=  $V_y$ = 641.67 Kgf

Sustituyendo los valores de las cortantes obtenidas en X y Y:



$$\frac{424.54}{448.23} * 100 = 94.71\%$$

$$\frac{527.07}{641.67} * 100 = 82.14\%$$

Se confirma que con R= 6 cumple con la Norma E-030

#### 4.7.4. Verificación de Cortante Dinámica

Fuerza Cortante Basal Estático, dicha fuerza se calcula la con siguiente ecuación, según nuestra norma E-030.

$$V_{Estático} = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Debe cumplirse que:  $\frac{C}{R} > 0.125$

Donde:

P: Peso de la estructura

Según la Norma E-30

$$Si T < T_p \rightarrow C = 2.5$$

$$Si T_p < T < T_l \rightarrow C = 2.5 * (T_p/T)$$

$$Si T > T_l \rightarrow C = 2.5 * (T_p * T_l / T^2)$$

$$T_p = 0.60$$

$$T_l = 2.00$$

$$T_x = 0.389$$

$$T_y = 0.317$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

$$\text{Coeficiente Base } C = \frac{ZUC_{xy}S}{R_{xy}}$$

$$C_b C_x = C_b C_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.5 * 1.05}{6} = 0.196875$$

$$\text{Si } T < 0.5s \rightarrow K = 1$$

$$\text{Si } T > 0.5s \rightarrow K = 0.75 + 0.5T$$

$$T_x = 0.389 \rightarrow K = 1$$

$$T_y = 0.317 \rightarrow K = 1$$

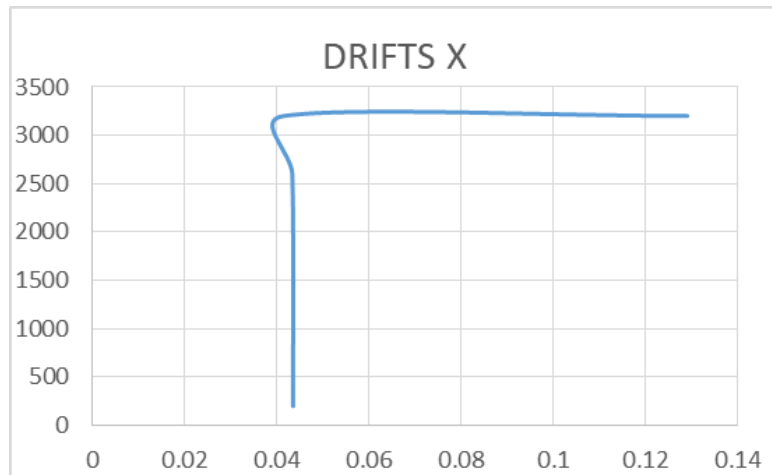
Ya estos patrones ya fueron ingresados (Ver figuras del 31 al 34)

#### 4.7.5. Derivas

La norma E030 indica por ser una vivienda de albañilería a nivel máximo de deriva permitido es de 0.005%, en la cual se debe cumplir debido que es fundamental para evitar daños de todos los elementos estructurales ante un sismo severo es importante.

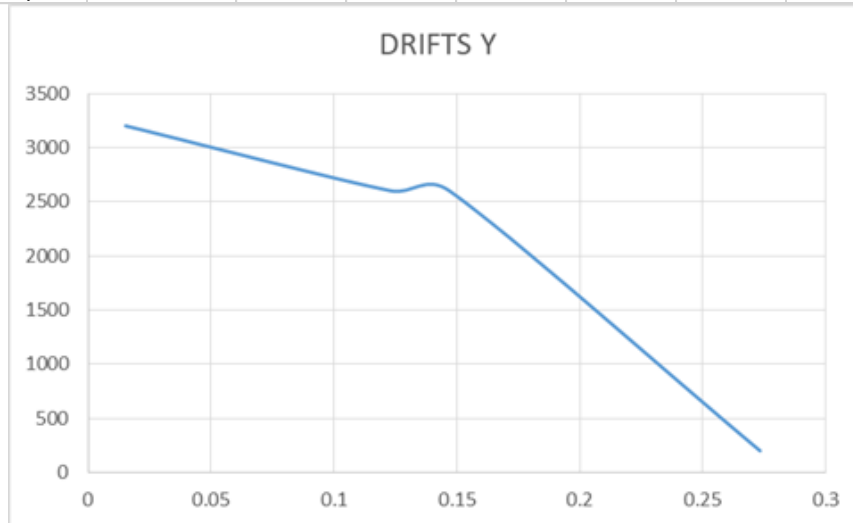
**TABLE: Story Drifts**

Story	Case Type	Directi	Drift	Label	X	Y	Z
Story3	NonStatic	X	0.129088	28	4080	8000	3200
Story3	NonStatic	X	0.041486	2	4000	0	3200
Story2	NonStatic	X	0.0434	1	0	0	2600
Story1	NonStatic	X	0.043573	1	0	0	200



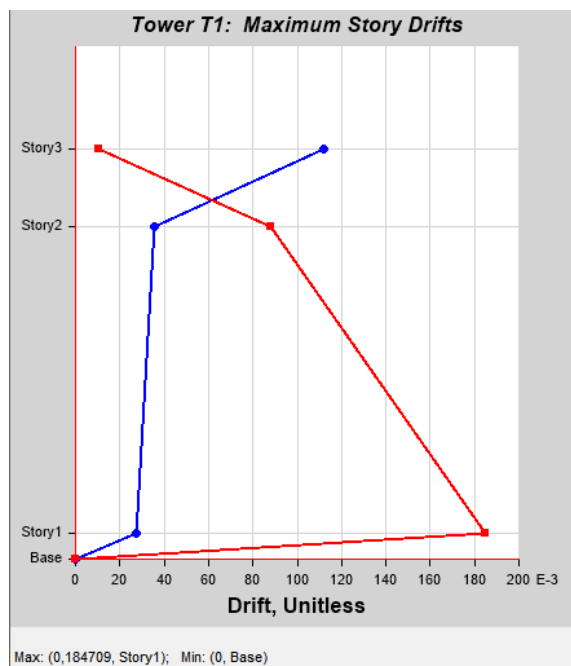
**Figura N°43.** Grafico: Máximas derivas en eje X. Fuente: Elaboración propia + ETABS 18

Story	Case Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story3	NonStatic	Y	0.015215	28	4080	8000	3200
Story2	NonStatic	Y	0.123233	144	4980	1450	2600
Story2	NonStatic	Y	0.14697	29	2025	50	2600
Story1	NonStatic	Y	0.273363	3	8000	0	200

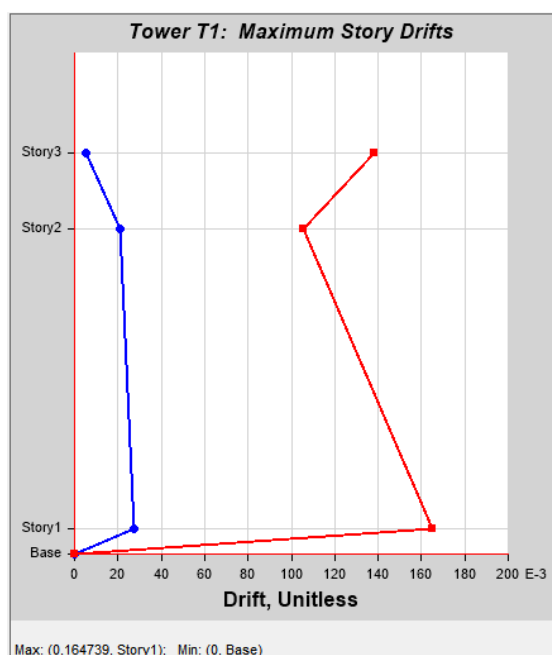


**Figura N°44.** Gráfico: Máximas derivas en eje Y. Fuente: Elaboración propia + ETABS 18

Se puede apreciar en los gráficos que, según la norma técnica peruana sismorresistente E030, ambos ejes cumplen con la norma es decir no superan con lo permisible ya que para ambas direcciones tanto en  $X = 0.129 \text{ mm}$  e  $Y = 0.27 \text{ mm}$ , ambos por debajo de  $15 \text{ mm}$ . ( $\lambda_i = 0.005 \cdot 3000 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$ ).



**Figura N°45.** Gráfico: Máximas derivas en eje X. Fuente: Elaboración propia + ETABS 18



**Figura N°46.** Gráfico: Máximas derivas en eje X. Fuente: Elaboración propia + ETABS 18

En las gráficas de la figura 44 y figura 45, se observa con más detalles que en ambas direcciones no superan el 0.005% cumpliendo con lo establecido.

#### 4.8. Modo estático (Análisis estático no lineal)

Del análisis estático no lineal se determinaron los desplazamientos y cortantes máximos a los que puede ser sometida las estructuras de la vivienda en estudio, ver tabla 9.

Las columnas han ido variando las cargas axiales que reciben, sin embargo, no afecta de manera considerable en la respuesta global de la vivienda.

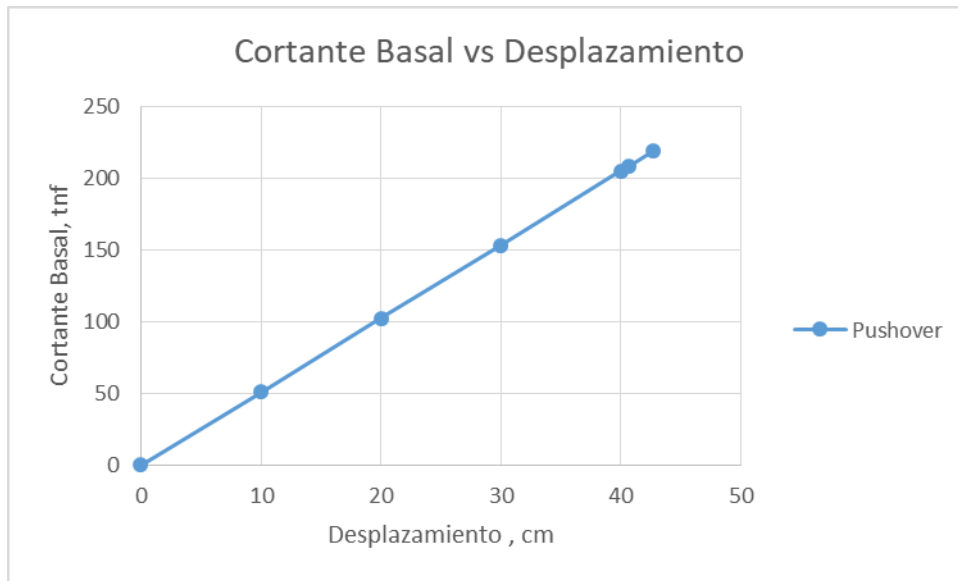
##### 4.8.1 Datos resultantes.

Tabla N° 9. Resultado del análisis estático no lineal.

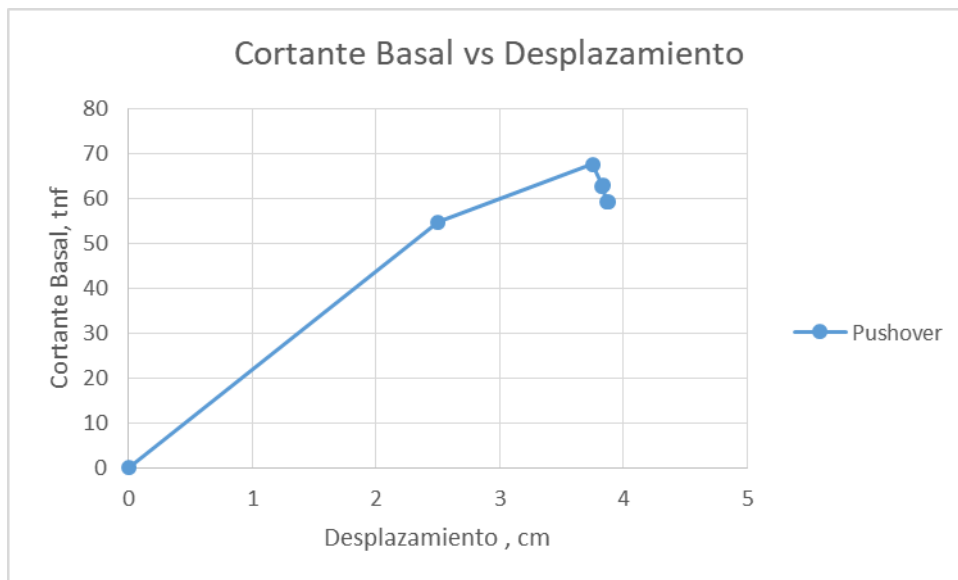
Resultados Curvas PUSH-OVER				
Paso	Desplazamiento Maximo		Fuerza Maxima	
	X (cm)	Y (cm)	X (ton)	Y (ton)
0	0	0	0	0
1	10	2.5	51.0533	54.7263
2	20	3.75	101.9775	67.4843
3	30	3.8281	153.0487	62.7277
4	40	3.8354	204.9489	62.8464
5	40.624	3.8632	208.0073	59.0808
6	42.6476	3.8758	218.5536	59.2632

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

En las figuras 46 y 47 se muestran los gráficos obtenidos del análisis.



**Figura N° 47.** Curva de capacidad global de la vivienda EJE X. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18



**Figura N° 48.** Curva de capacidad global de la vivienda EJE Y. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

#### 4.8.2. Comparación con la norma E030

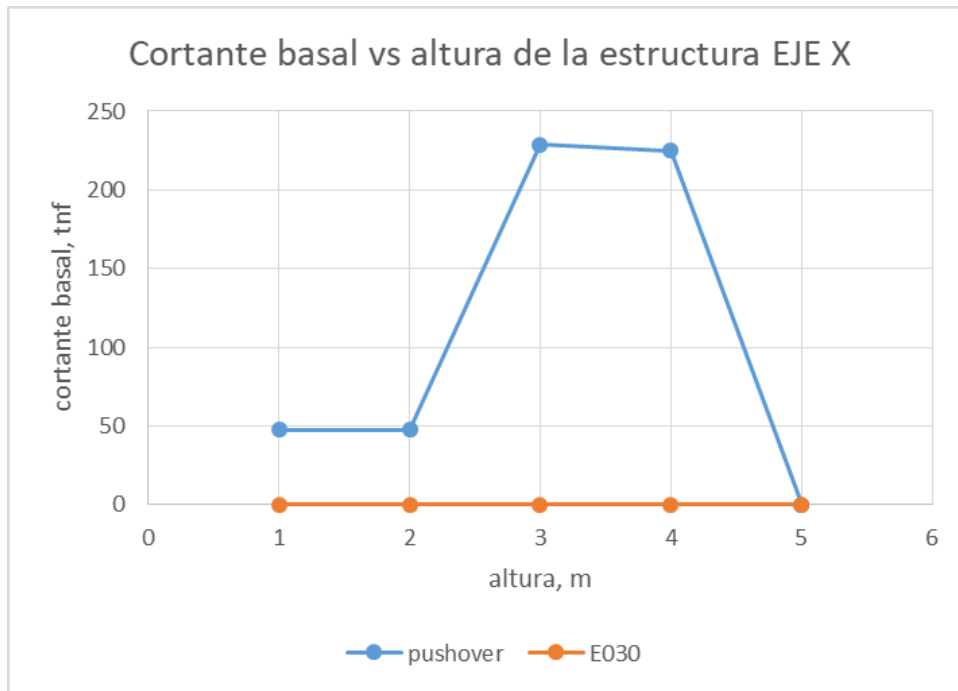
Una vez que se obtuvo las curvas de capacidad de la estructura para cada eje, se procedió a compararlas con las fuerzas de la norma resultantes del análisis dinámico convencional, los cuales se muestran en la tabla 10.

**Tabla N° 10.** Comparación de los resultados del análisis dinámico lineal con el análisis no lineal

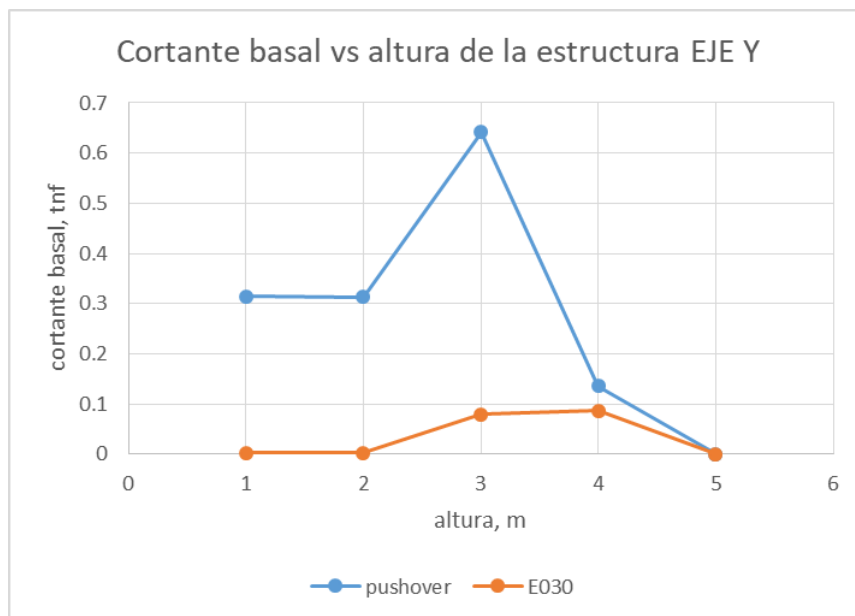
Comparacion de resultados Analisis Lineal y Analisis no Lineal				
Altura (m)	Analisis Lineal		Analisis no Lineal	
	Vx (tnf)	Vy (tnf)	Vx (tnf)	Vy (tnf)
3	0.0028	0.009	47.5989	0.3144
3	0.0031	0.01	47.5989	0.3138
2.4	0.079	0.0144	228.5891	0.6418
2.4	0.0869	0.0159	224.7232	0.1357
0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

Las figuras 48 y 49 representan las gráficas de comparación de la capacidad que resisten la estructura según la norma E030 según los métodos convencionales lineales. Se observa que los resultados del análisis no lineal son muy superiores debido a que consideran un cortante último donde la estructura falla, mientras que el análisis lineal dinámico se muestra muy por debajo de la curva de capacidad.



**Figura N° 49.** Comparación de la curva de capacidad vs el cortante de diseño de la norma E030.EJE X. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18



**Figura N° 50.** Comparación de la curva de capacidad vs el cortante de diseño de la norma E030.EJE Y. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18



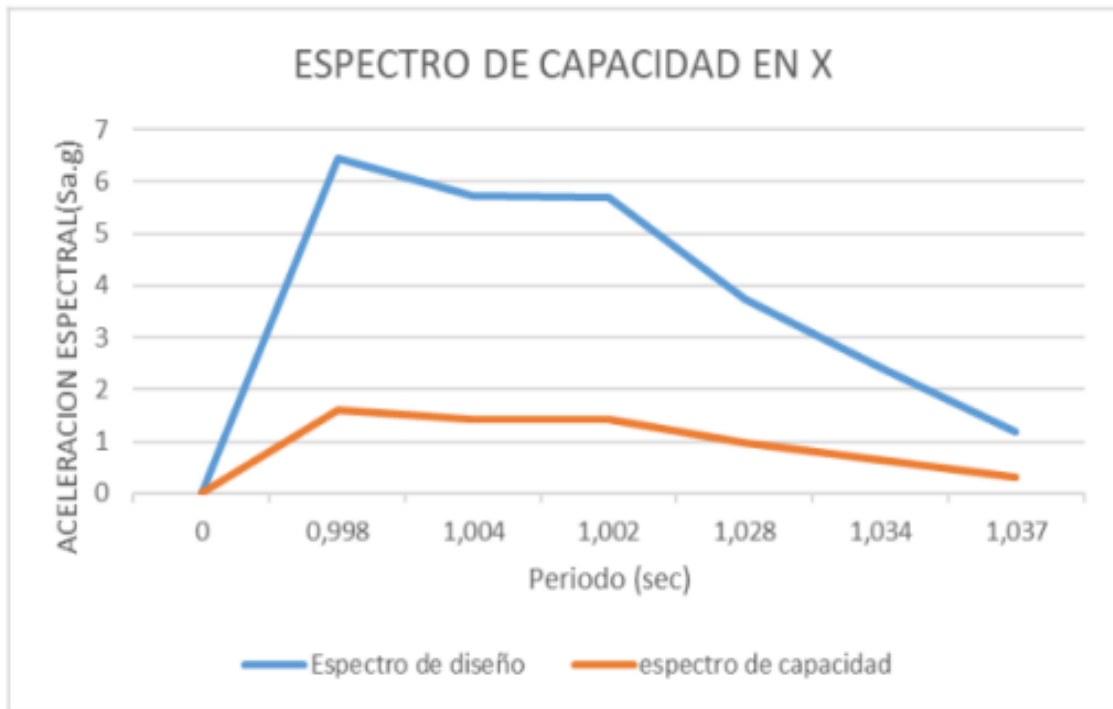
### 4.8.3 Espectro de capacidad de la estructura

Con el análisis de fuerzas estáticas realizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla N° 11.** Espectro de capacidad en X

Periodo	Sa de diseño	Sa de capacidad
Sec	g	g
0	0	0
0.998	6.447432	1.5962
1.004	5.734092	1.4361
1.002	5.684254	1.4175
1.028	3.734095	0.9805
1.034	2.424054	0.6442
1.037	1.192377	0.3188

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

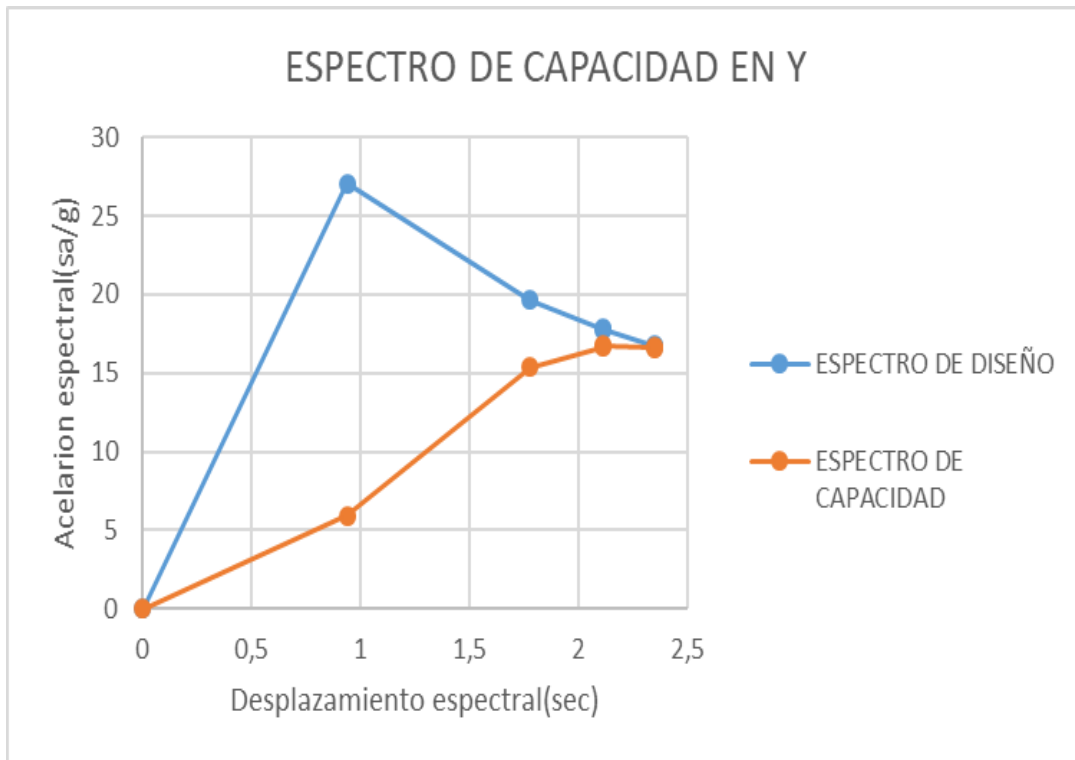


**Figura N° 51.** Espectro de capacidad en la dirección "X". Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

**Tabla N° 12.** Espectro de capacidad en Y

Periodo	Sa de diseño	Sa de capacidad
Sec	g	g
0	0	0
0.939	27.039235	5.92
1.776	19.62329	15.37
2.109	17.773563	16.63
2.109	17.807227	16.77
2.345	16.701791	16.62
2.346	16.753998	16.69

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

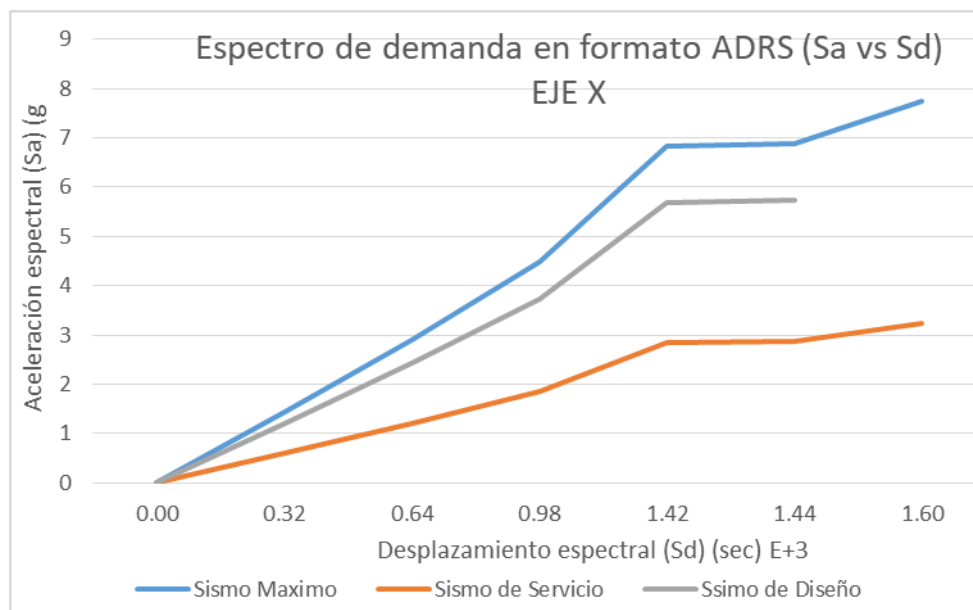


**Figura N° 52.** Espectro de capacidad en la dirección "Y". Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

**Tabla N° 13.** Valores del espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE X.

	Sismo de Diseño	Sismo de Servicio	Sismo Maximo
	SD	0.5xSD	1.2xSD
<b>Sd</b>	<b>Sa</b>	<b>Sa</b>	<b>Sa</b>
Sec * E <sup>+3</sup>	g	g	g
0.00	0	0	0
0.32	1.192377	0.5961885	1.4308524
0.64	2.424054	1.212027	2.9088648
0.98	3.734095	1.8670475	4.480914
1.42	5.684254	2.842127	6.8211048
1.44	5.734092	2.867046	6.8809104
1.60	6.447432	3.223716	7.7369184

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

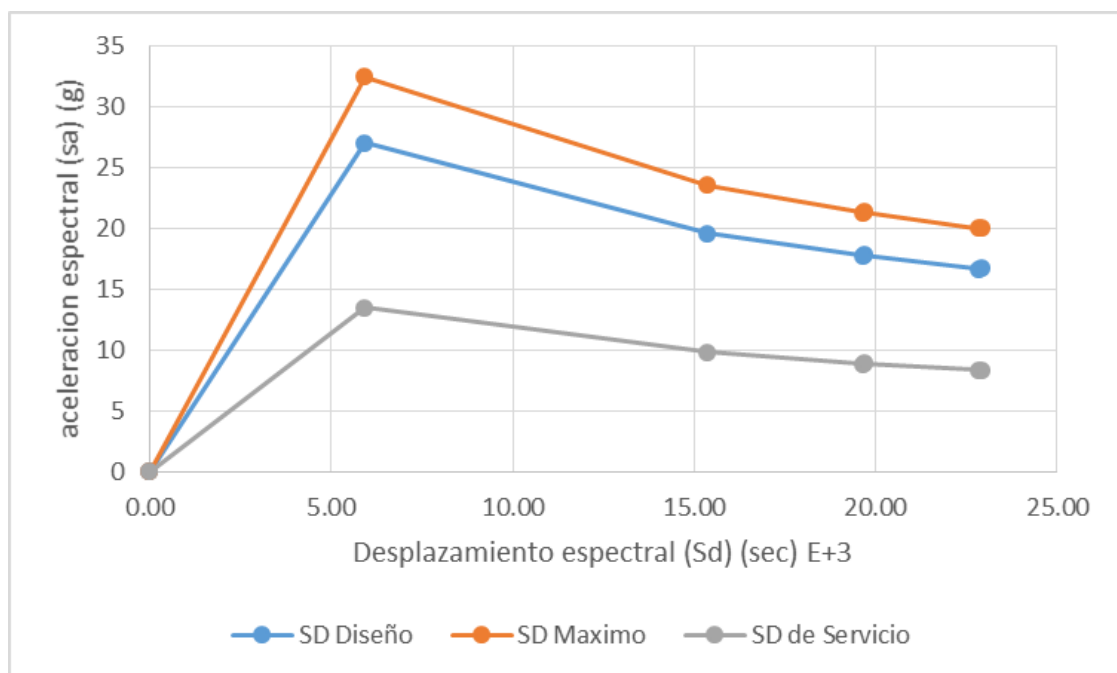


**Figura N° 53.** Espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE X. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

**Tabla N° 14.** Valores del espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE Y.

		Sismo de Diseño	Sismo de Servicio	Sismo Máximo
		SD	0.5xSD	1.2xSD
Period	Sd	Sa	Sa	Sa
Sec	Sec * E <sup>+3</sup>	g	g	g
0	0.00	0	0	0
0.939	5.92	27.039235	13.5196175	32.447082
1.776	15.37	19.62329	9.811645	23.547948
2.109	19.63	17.773563	8.8867815	21.3282756
2.109	19.67	17.807227	8.9036135	21.3686724
2.345	22.82	16.701791	8.3508955	20.0421492
2.346	22.90	16.753998	8.376999	20.1047976

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

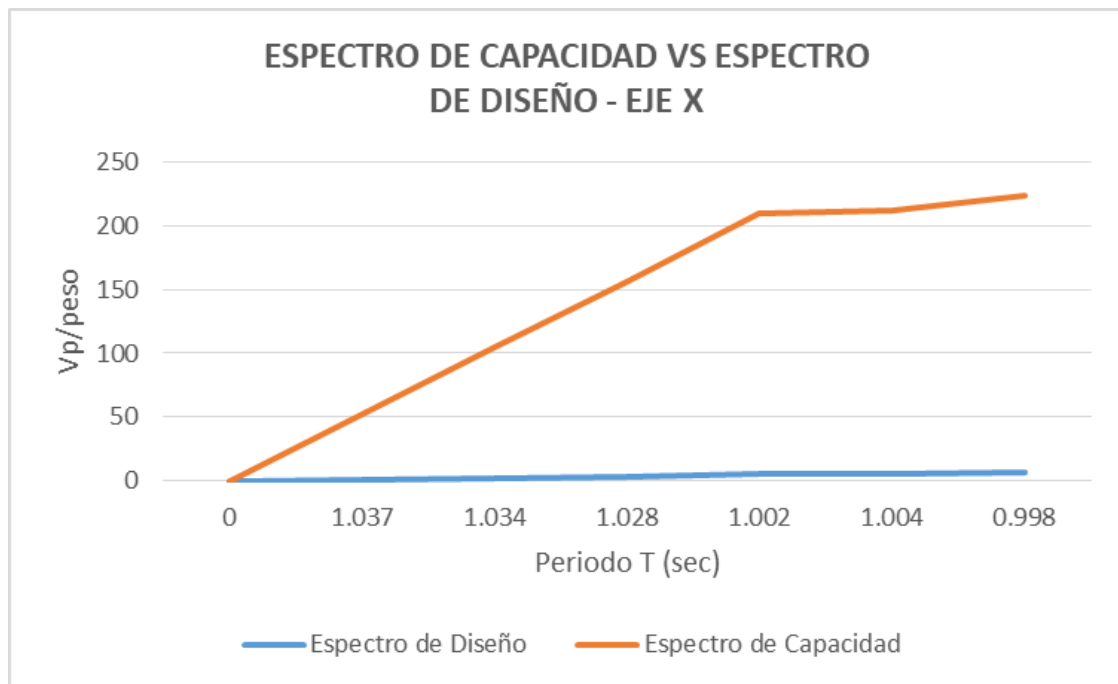


**Figura N° 54.** Espectro de demanda sísmica (Sa vs Sd) EJE Y. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

**Tabla N° 15.** Valores del espectro de capacidad (Espectro de diseño vs espectro de capacidad) EJE X.

	Espectro de Diseño	Espectro Capacidad
	SD	SD
Period	Sa	Sa
sec	g	g
0	0	0
1.037	1.192377	52.09520408
1.034	2.424054	104.0586735
1.028	3.734095	156.1721429
1.002	5.684254	209.1315306
1.004	5.734092	212.2523469
0.998	6.447432	223.0138776

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

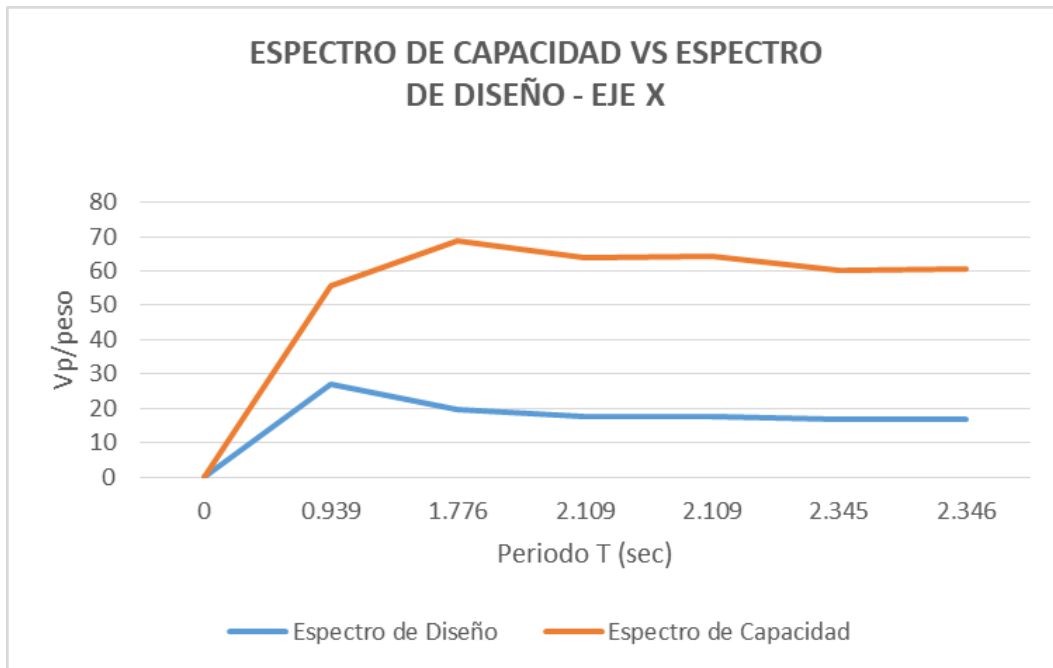


**Figura N° 55.** Comparación del espectro de capacidad y el espectro de diseño en el eje X. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

**Tabla N° 16.** Valores del espectro de capacidad (Espectro de diseño vs espectro de capacidad) EJE Y.

	Espectro de Diseño	Espectro Capacidad
	SD	SD
Periodo	Sa	Sa
sec	g	g
0	0	0
0.939	27.039235	55.84316327
1.776	19.62329	68.86153061
2.109	17.773563	64.00785714
2.109	17.807227	64.12897959
2.345	16.701791	60.28653061
2.346	16.753998	60.47265306

Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18



**Figura N° 56.** Comparación del espectro de capacidad y el espectro de diseño en el eje Y. Fuente: Elaboración Propia+ Excel + Resultados de ETABS 18

## 4.9. Factibilidad Económica

### 4.9.1. Cómputos Métricos:

En la siguiente tabla se presenta los cómputos métricos de cada elemento estructural de la vivienda en estudio.

**Tabla N° 17.** Cómputos métricos.

DISEÑO CASA TRONCO				HOJA DE COMPUTOS MÉTRICOS									
				PROYECTO:									Fecha:
N° Partida	DESCRIPCION	Unid.	Cant.	MEDICIONES PARCIALES			TOTAL PARCIAL					TOTAL GENERAL	
				LARGO	ANCHO	ALTO	M	M2	M3	Kg	PZA		
1	CONSTRUCCION DE LOSA DE FUNDACION ALIGERADA	m3		8	8	0.3			19.2			19.20	
2	SUMINISTRO E INSTALACION COLUMNAS Y VIGAS TUBOS SPIRO	m	6.00				2.4					14.40	
		m	4.00				3					12.00	
3	SUMNISTRO EN INSTALACION DE TABLAS PARA PAREDES	m2	4.00	8		2.4		76.8				76.80	
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA EXTERIOR	pza	2.00								2.00	2.00	
5	SUMNISTRO E INSTALACION DE PUERTA INTERIOR	pza	5.00								5.00	5.00	
6	SUMNISTRO E INSTALACION DE VENTANAS	pza	8.00								8.00	8.00	
7	SUMNISTRO E INSTALACION DE TECHO	m2	1.00	8	8			64				64.00	
8	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIAS SANITARIAS	m	1.00				4					4	
9	SUMNISTRO E INSTALACION GAFITERIA DE AGUA POTABLE	m	1.00				10					10.00	
10	SIMNISTRO EN INSTALACION DE ILUMINARIAS Y TOMAS CORRIENTES	s/g	1.00									1.00	

Fuente: Elaboración Propia + Excel

### 4.9.2. Análisis de Precios Unitario:

En las tablas siguientes se presenta los análisis de precios unitarios en donde se calcula los costos de materiales, depreciación de equipos, mano de obras de fabricación e instalación, gastos administrativos y la utilidad de cada elemento estructural de la vivienda en estudio.

-Análisis de Precios Unitario de la Losa aligerada de fundación

**Tabla N° 18.** APU Losa aligerada de fundación

**Losa aligerada**

Concreto f'c=280 kg/cm² (28 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia plástica, preparado en obra, y vaciado con medios manuales para formación de platea de cimentación.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>1.00</b>		<b>Materiales</b>			
	m³	Agua.	0.20	4.32	0.88
	m³	Arena cribada.	0.47	39.74	18.60
	m³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12,5 mm.	0.53	54.06	28.65
	m	Tubo spiro diametro 6"	0.24	13.00	3.12
	kg	Cemento gris en sacos.	609.59	0.43	262.12
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>312.49</b>
<b>2.00</b>		<b>Equipos</b>			
	h	Mezcladora de concreto.	0.0050	10,000.00	50.00
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>50.00</b>
<b>3.00</b>		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario especializado en vaciado de concreto.	1.00	22.56	22.56
	h	Oficial especializado en vaciado de concreto.	1.00	15.62	15.62
	h	Peón de construcción.	1.00	14.43	14.43
	h	Peón especializado de construcción.	1.00	14.67	14.67
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>67.28</b>
<b>4.00</b>		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.00	429.77	8.60
<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>					<b>438.37</b>

Fuente: Elaboracion Propia + Excel

**Tabla N° 19.** APU Columnas y Vigas con tubos spiro.

**Columnas y Vigas en tubos spiro galvanizado**

Acero A 36, para columnas y vigas formada con tubos galvanizados enguillados del tipo spiro

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
	m	Ducto circular de pared simple helicoidal de acero galvanizado, de 150 mm de diámetro y 1 mm de espesor, suministrado en tramos de 3	3.000	46.38	139.14
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>139.14</b>
<b>2</b>		<b>Equipos</b>			
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>0.00</b>
<b>3</b>		<b>Mano de obra</b>			
	h	Oficial en estructura metálica.	1.000	15.62	15.62
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>15.62</b>
<b>4</b>		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	154.76	3.10
<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>					<b>157.86</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel



**Tabla N° 20. APU de las paredes de madera.**

**Muros de madera**

Formación de paredes de madera con listones de 100x40 mm, fijación mediante atornillado a los tubos spiro de acero galvanizado. Incluye tornillería.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
	m	Listón de 100x40 mm de sección, de madera de pino tratada en autoclave, con clase de uso 4.	1.200	16.50	19.80
	Ud	Tornillo autotaladrante de acero galvanizado, de 4 mm de diámetro y 25 mm de longitud, para fijación de elementos metálicos sobre soporte de madera.	6.000	0.08	0.48
	Ud	Tornillo autoperforante 3,5x25 mm.	18.000	0.02	0.36
	kg	Pasta de juntas.	0.500	3.46	1.73
	m	Cinta microperforada de papel.	0.321	0.11	0.04
		<b>Subtotal materiales:</b>			<b>22.41</b>
<b>2</b>		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario en mamparas y sistemas de placas.	0.265	22.27	5.90
	h	Oficial en mamparas y sistemas de placas.	0.265	15.00	3.98
		<b>Subtotal mano de obra:</b>			<b>9.88</b>
<b>3</b>		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	32.29	0.65
		<b>Costos directos (1+2+3):</b>			<b>32.94</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel

**Tabla N° 21. APU de las puertas exterior.**

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Block de puerta exterior de acceso, acorazada normalizada, de madera.</b>					
Block de puerta exterior de acceso, acorazada normalizada, de madera, de una hoja, de 85x203x7 cm, compuesto por alma formada por una plancha plegada de acero electrogalvanizado, soldada en ambas caras a planchas de acero de 0,8 mm de espesor y reforzada por perfiles omega verticales, de acero, acabado con tablero liso en ambas caras de madera de pino país, bastidor de tubo de acero y marco de acero galvanizado, con cerradura de seguridad con tres puntos frontales de cierre (10 pestillos).					
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
	Ud	Premarco de acero galvanizado pintado con polvo de poliéster de 160 mm de espesor, con 8 garras de acero antipalanca, para puerta acorazada de una hoja.	1.000	189.17	189.17
	Ud	Block de puerta exterior de acceso, acorazada normalizada, de madera, de una hoja, de 85x203x7 cm, compuesto por alma formada por una plancha plegada de acero electrogalvanizado, soldada en ambas caras a planchas de acero de 0,8 mm de espesor y reforzada por perfiles omega verticales, de acero, acabado con tablero liso en ambas caras de madera de pino país, bastidor de tubo de acero y marco de acero galvanizado, con cerradura de seguridad con tres puntos frontales de cierre (10 pestillos), con tapacantos en ambas caras, bisagras fabricadas con perfil de acero, perno y esfera de acero inoxidable con rodamientos, mirilla, perilla y tirador, burlete automático al suelo, cortavientos oculto en la parte inferior de la puerta y herrajería de seguridad restantes.	1.000	2285.82	2285.82
	Ud	Aerosol de 750 ml de espuma adhesiva autoexpansiva, elástica, de poliuretano monocompente, de 25 kg/m³ de densidad, conductividad térmica 0,0345 W/(mK), 135% de expansión, elongación hasta rotura 45% y 7 N/cm² de resistencia a tracción, estable de -40°C a 90°C; para aplicar con pistola.	0.100	26.39	2.64
		<b>Subtotal materiales:</b>			<b>2477.63</b>
<b>2</b>		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario carpintero.	1.000	21.98	21.98
	h	Oficial carpintero.	1.000	15.10	15.10
		<b>Subtotal mano de obra:</b>			<b>37.08</b>
<b>3</b>		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	2322.90	46.46
		<b>Costos directos (1+2+3):</b>			<b>2369.36</b>

Fuente: Elaboracion Propia + Excel

**Tabla N° 22. APU de las puertas de acceso interior.**

<b>Puerta interior de acceso, de madera.</b>					
Puerta interior de entrada de 210x90x4,5 cm, hoja de tablero de MDF de 3 mm de espesor, con chapa de madera de pino, relleno interior con parrilla tipo honey comb (panel de abeja) y bastidores de madera de pino con refuerzo para instalar la cerradura, barnizada en taller; marco de madera maciza del mismo material y acabado que la hoja.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		Materiales			
	Ud	Marco de madera maciza para puerta de una hoja, de 210x90x4,5 cm, con elementos de fijación.	1.000	54,46	54,46
	Ud	Hoja de puerta de acceso lisa de tablero de MDF de 3 mm de espesor, con chapa de madera de pino, barnizada en taller, de 210x90x4,5 cm, relleno interior con parrilla tipo honey comb (panel de abeja) y bastidores de madera de pino con refuerzo para instalar la cerradura.	1.000	182,31	182,31
	Ud	Bisagra de seguridad de 140x70 mm, de latón, color negro, acabado brillante, para puertas de acceso.	4.000	18,37	73,48
	Ud	Tornillo de latón 21/35 mm.	24.000	0,21	5,04
	Ud	Cerradura de embutir, frente, accesorios y tornillos de atado, para puertas de acceso.	1.000	63,85	63,85
	Ud	Juego de manija y escudo largo de latón, color negro, acabado brillante, serie básica, para puertas de acceso.	1.000	37,12	37,12
	Ud	Tirador exterior con escudo, de latón, color negro, acabado brillante, serie básica, para puertas de acceso.	1.000	26,97	26,97
	Ud	Mirilla óptica gran angular de 14 mm de diámetro y 35 a 60 mm de longitud, con tapa incorporada, de latón, color negro, acabado brillante, serie básica, para puertas de acceso.	1.000	3,41	3,41
		Subtotal materiales:			<b>446,64</b>
2		Mano de obra			
	h	Operario carpintero.	1.000	21,98	21,98
	h	Oficial carpintero.	1.000	15,10	15,10
		Subtotal mano de obra:			<b>37,08</b>
3		Herramientas			
	%	Herramientas	2.000	483,72	9,67
		<b>Costos directos (1+2+3):</b>			<b>493,39</b>

Fuente: Elaboracion Propia + Excel

**Tabla N° 23. APU de las ventanas.**

<b>Carpintería exterior de aluminio.</b>					
Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 120x120 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de persianas de					
	Ud	Descripción	Rend.	Precio unitario	Precio Total
	m	Premarco de aluminio de 30x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	4.800	11,53	55,34
	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco de ventana, gama básica, incluso junta central de estanqueidad, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4.800	16,36	78,53
	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja de ventana, gama básica, incluso juntas de estanqueidad de la hoja y junta exterior del acristalamiento, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	6.900	21,33	147,18
	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama básica, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	6.180	6,68	41,28
	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de inversora, gama básica, incluso junta central de estanqueidad, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	1.090	16,90	18,42
	Ud	Cartucho de fragua de silicona neutra.	0,168	13,41	2,25
	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herramienta de ventana practicable de apertura hacia el interior de dos hojas.	1,000	63,93	63,93
	m²	Persiana de persianas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso compacto incorporado (monoblock).	1,584	70,31	111,37
	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	2,400	24,21	58,10
	h	Operario carpintero metálico.	6,067	16,51	100,17
	h	Oficial carpintero metálico.	6,124	13,34	81,69
				PU	758,26

Fuente: Elaboración Propia + Excel.

**Tabla N° 24. APU del techo.**

<b>Techo plano, no ventilado, Deck. Impermeabilización con láminas asfálticas.</b>					
Techo plano no transitable, no ventilado, Deck con fijación mecánica, tipo convencional, pendiente del 1% al 15%. ; FUJACIONES MECÁNICAS: tornillos de acero de 6 mm de diámetro y 65 mm de longitud y arandela de reparto de 40x40 mm (3 ud/m²) sagües.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		<b>Materiales</b>			
	m²	Lámina de betún modificado con elastómero SBS, de 4 mm de espesor, masa nominal 5 kg/m², con armadura de fieltro de poliéster reforzado y estabilizado de 150 g/m², con autoprotección mineral de color gris.	1.100	30.30	33.33
	Ud	Tornillo de acero de 6 mm de diámetro y 65 mm de longitud, con tratamiento anticorrosión, tarugo y arandela de reparto de 40x40 mm.	3.000	0.79	2.37
			Subtotal materiales:		<b>35.70</b>
2		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario aplicador de láminas impermeabilizantes.	1.000	21.66	21.66
	h	Oficial aplicador de láminas impermeabilizantes.	1.000	15.00	15.00
			Subtotal mano de obra:		<b>108.06</b>
3		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	108.06	2.16
				PU	<b>145.92</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel

**Tabla N° 25. APU de instalación de tuberías sanitarias**

<b>Tubería para instalación interior.</b>					
Tubería para instalación sanitaria , formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		<b>Materiales</b>			
	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior.	1.000	6.78	6.78
	m	Tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos, según ISO 15875-2, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1.000	149.08	149.08
			Subtotal materiales:		<b>155.86</b>
2		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario plomero.	1.000	22.27	22.27
	h	Oficial plomero.	1.000	14.97	14.97
			Subtotal mano de obra:		<b>37.24</b>
3		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	193.10	3.86
			<b>Costos directos (1+2+3):</b>		<b>196.96</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel

**Tabla N° 26. APU de instalación de tuberías de agua potable.**

<b>Tubería para instalación interior.</b>					
Tubería para instalación interior de plomería, colocada superficialmente, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		<b>Materiales</b>			
	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior.	1.000	1.20	1.20
	m	Tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 2,9 mm de espesor, suministrado en rollos, según ISO 15875-2, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1.000	26.51	26.51
			Subtotal materiales:		<b>27.71</b>
2		<b>Mano de obra</b>			
	h	Operario plomero.	1.000	22.27	22.27
	h	Oficial plomero.	1.000	14.97	14.97
			Subtotal mano de obra:		<b>37.24</b>
3		<b>Herramientas</b>			
	%	Herramientas	2.000	64.95	1.30
			<b>Costos directos (1+2+3):</b>		<b>66.25</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel

Tabla N° 27. APU de instalaciones eléctricas.

Red de distribución interior en vivienda unifamiliar.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		Material			
	Ud	Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 2 filas de 24 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010.	1.000	132.43	132.43
	Ud	Interruptor general automático (IGA), de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 40 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	1.000	199.13	199.13
	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/300mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje.	1.000	431.99	431.99
	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/30mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje.	2.000	443.63	887.26
	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	1.000	58.85	58.85
	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	3.000	59.90	179.70
	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 20 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	1.000	64.33	64.33
	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	1.000	66.63	66.63
	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de albañilería (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP54S, no propagador de la llama.	124.500	1.24	154.38
	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de albañilería (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP54S, no propagador de la llama.	149.400	1.38	206.17
	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 25 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de albañilería (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP54S, no propagador de la llama.	8.300	1.84	15.27
	m	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549.	8.300	4.18	34.69
	Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	7.000	8.48	59.36
	Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	3.000	10.84	32.52
	Ud	Caja universal, con enlace por los 2 lados, para empotrar.	40.000	0.80	32.00
	Ud	Caja universal, con enlace por los 4 lados, para empotrar.	17.000	1.00	17.00
	Ud	Caja de empotrar para toma de 25 A (especial para toma de corriente en cocinas).	1.000	9.51	9.51
	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C1, iluminación.	450.000	1.22	549.00
	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C2, tomas de corriente de uso general y frigorífico.	360.000	2.01	723.60
	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C3, cocina y horno.	30.000	4.74	142.20
	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C4, lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.	54.000	3.17	171.18
mt35cun 040fb	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C5, tomas de corriente de los cuartos de baño y de cocina.	63.000	2.01	126.63

	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V), para circuito C12, adicional del tipo C5, tomas de corriente de los cuartos de baño y de cocina.	63.000	2.01	126.63
	Ud	Interruptor unipolar, gama básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	7.000	27.63	193.41
	Ud	Doble interruptor, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	2.000	42.51	85.02
	Ud	Interruptor bipolar, gama básica, con tecla bipolar y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	50.13	50.13
	Ud	Conmutador, serie básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	12.000	29.43	353.16
	Ud	Conmutador de cruce, gama básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	2.000	54.13	108.26
	Ud	Pulsador, gama básica, con tecla con símbolo de timbre y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	31.13	31.13
	Ud	Zumbador 230 V, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	98.01	98.01
	Ud	Base de tomacorriente de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	26.000	29.43	765.18
	Ud	Base de tomacorriente de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa de color blanco.	3.000	16.12	48.36
	Ud	Marco horizontal de 3 elementos, gama básica, de color blanco.	1.000	31.38	31.38
	Ud	Base de tomacorriente de 25 A 2P+T y 250 V para cocina, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	55.61	55.61
	Ud	Base de tomacorriente de 16 A 2P+T monobloc estanca, para instalación en superficie (IP55), color gris.	3.000	45.82	137.46
	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	4.000	7.01	28.04
			Subtotal materiales:		<b>6405.61</b>
2		Mano de obra			
	h	Operario electricista.	1.000	22.27	22.27
	h	Oficial electricista.	1.000	14.97	14.97
			Subtotal mano de obra:		<b>37.24</b>
3		Herramientas			
	%	Herramientas	2.000	6442.85	128.86
			<b>Costos directos</b>		<b>6571.71</b>

#### 4.9.3. Presupuesto.

Una vez que se realizó los cálculos métricos según el diseño de la vivienda en estudio, se realizó los análisis de precios de cada elemento estructural y de los accesorios, como electricidad, tuberías de agua, ventanas y puertas.

Con los cálculos métricos, que son las cantidades de cada elemento que contiene la vivienda en estudio, se procedió a elaborar un presupuesto del costo de dicha vivienda. En la Tabla 20 se presenta el presupuesto del costo de la vivienda.

**Tabla N° 28. Presupuesto**

<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>					
<b>OBRA: Diseño sostenible de vivienda antisísmica de tubos galvanizados de costura espiral para la ciudad de San Vicente de Cañete, 2021</b>					
<b>Tesis de Grado Universida Cesar Vallejo</b>					
<b>PARTIDA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>P/T</b>
1	CONSTRUCCION DE LOSA DE FUNDACION ALIGERADA	m3	30.00	438.37	13,151.10
2	SUMINISTRO E INSTALACION COLUMNAS Y VIGAS TUBOS SPIRO PIEZAS DE 3 m	pza	12.00	157.86	1,894.32
3	SUMNISTRO EN INSTALACION DE TABLAS PARA PAREDES	m	76.80	32.94	2,529.79
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA EXTERIOR	pza	2.00	2,369.36	4,738.72
5	SUMNISTRO E INSTALACION DE PUERTA INTERIOR	pza	5.00	493.39	2,466.95
6	SUMNISTRO E INSTALACION DE VENTANAS	pza	8.00	758.26	6,066.08
7	SUMNISTRO E INSTALACION DE TECHO	m2	64.00	145.92	9,338.88
8	SUMINISRO E INSTALACION TUBERIAS SANITARIAS	m	4.00	196.96	787.84
9	SUMNISTRO E INSTALACION GAFITERIA DE AGUA POTABLE	m	10.00	66.25	662.50
10	SIMNISTRO EN INSTALACION DE ILUMINARIAS Y TOMAS CORRIENTES	s/g	1.00	6,571.71	6,571.71
				<b>Total</b>	<b>48,207.89</b>

Fuente: Elaboración Propia + Excel

#### **4.9.4 Análisis de factibilidad económica.**

La vivienda en estudio no es del tipo prefabricada, ya que las casas prefabricadas no contemplan la losa de fundación, ni las instalaciones eléctricas, ni las instalaciones de tuberías de agua potables y sanitarias. La mayoría de las ofertas de las casas de madera prefabricadas por las razones anteriores son ofertas engañosas y de baja calidad de los elementos estructurales, la mayoría de ellas no están diseñadas para soportar sismos ya que no contienen elementos estructurales antisísmicos, ni tienen losa de fundación, se instala directamente en los terrenos parcelados.

Según Geonova (<https://www.geonovaperu.com/cuanto-cuesta-construir-una-casa-en-peru>) ofrece a todo costo que incluye Casco Estructural, Tarrajeo interior y fachada, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas, Ensayos de concreto, Controles de calidad, Supervisión profesional, Garantía 5 años, Responsabilidad legal, Informes diarios, Penalidad por demora, Diseño Antisísmico, Materiales (todo costo) a un precio de 1,190.00 Soles/m<sup>2</sup>, no están incluyendo la losa de fundación.

Tomando en cuenta esta consideración el valor de la vivienda en estudio sería de:

$$64 \text{ m}^2 * 1,190.00 = 76,160.00 \text{ soles}$$

Valor superior al costo calculado en este proyecto.

Si bien es cierto, según el Comercio en su Redacción ContentLab del Miércoles 24 de julio del 2019 (<https://elcomercio.pe/especial/construyebien/noticias/casa-adobe-alternativa-construccion-sismorresistente-noticia-1994461>) que las casas construidas con adobe son más económicas también es cierto que tienen cierto limitante que la estructura de la vivienda son los muros y deben tener 40 cm de espesor, en la cual genera una reducción de los metros cuadrados útiles y generalmente no lleva columnas. Por otro lado, no existe en el Perú una empresa que se dedique a la fabricación de materiales estructurales para construir con adobe. La mayoría de las viviendas hechas en adobe son autoconstruidas, que generalmente no hay asesoramiento técnico, algunas no cumplen con las normas peruanas.

Según el informe del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) en su reporte difundido en Lima informan que un 47% de las casas del total en Perú fueron construidas con barro, piedra y madera, materiales que estas casas la hacen vulnerables ante los sismos. En Perú se contaron 7,8 millones de viviendas particulares que habitan un aproximado de 30,5 millones de habitantes, según el informe del INEI, de las cuales más de 22,9 millones de peruanos viven en el área urbana y 7,6 millones residen en la zona rural.

En ese informe indica que, sólo 16,1 millones de habitantes viven en casas con paredes de ladrillo y 14,4 millones de peruanos viven en viviendas construidas con adobe.

Precisamente en Perú ocurrieron 217 sismos en 2013, en los cuales la mayoría se registraron en la costa centro y sur del país, precisamente la zona donde se sufrió el último terremoto devastador del país en Ica en el 2007 y que dejó cerca de 600 muertos. (<https://rpp.pe/economia/economia/inei-casi-la-mitad-de-casas-en-peru-son-de-barro-piedra-y-madera-noticia-696878>)

Por tales motivos en la presente tesis se ha diseñado un modelo de vivienda unifamiliar que sea sustentable y segura. Se elaboró un presupuesto en la cual se observa que este modelo de vivienda es óptima con respecto a las viviendas construidas tradicionalmente, comparando el costo con las viviendas de adobe la hacen optima debido que las viviendas de adobe tienen varios elementos estructurales que se deben pasar por un procedimiento de tratamientos de la materia prima que las limitan al tipo de terreno y no son tan segura para los sismos en cambio el modelo de vivienda diseñado para el estudio se puede construir en cualquier zona del Perú.

#### **4.9.5 Habitabilidad de la vivienda.**

Las condiciones que debe cumplir una vivienda para ser habitable según Nuñez(2018) son:

- Garantizar la seguridad física de los habitantes.
- Proporcionar espacios suficientes para la comodidad del habitante.
- Debe brindar protección contra la humedad, frio, calor, viento, lluvia y otros riesgos.

El proceso constructivo de la colocación de las vigas, columnas, cerchas y correas en acero galvanizado se realizan de la misma manera tradicional que las usadas para construcciones en Draywall, donde luego son colocadas las planchas de madera, por lo que al estar sujetas del tubo en espiral, el aire tiene poco espacio para circular dentro del área de la vivienda lo que le permite su funcionamiento del mismo modo que una vivienda de draywall. Las juntas y accesorios realizados en material galvanizado permiten la perfecta unión de sus componentes sin dejar espacios vacíos y la forma en que se sujeta la madera al tubo, cubre perfectamente las áreas de diseño.

Prueba de lo antes mencionado se puede apreciar en el estudio “Resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento” (Suárez et al, 2014) en donde fueron evaluados diferentes productos de acero galvanizado con o sin recubrimiento para las condiciones de un clima tropical húmedo, efectuados en



cámaras climáticas y ensayos naturales, y el uso del recubrimiento bien sea con fines decorativos o como protección adicional.

Las conclusiones arrojadas sobre el ensayo de niebla salina neutra en las muestras de acero galvanizado, mostraron que un 95% no presentaron afectaciones. Ninguna de las muestras de acero galvanizado con y sin recubrimiento evaluadas, presentaron afectaciones durante los ensayos climáticos de envejecimiento acelerado, y humedad y temperatura con condensación constante. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio, se infiere que para climas tropicales húmedos y/o ambientes marinos costeros expuestos al exterior es válido el empleo de aceros galvanizados con clasificación G90 o superior

En todo caso, los investigadores recomiendan que para garantizar la eficiencia y rentabilidad del acero galvanizado se debe pintar con la debida preparación de la superficie en la aplicación del recubrimiento para de esta manera, prolongar la durabilidad del mismo

En definitiva, los ductos en espiral de acero galvanizado son resistentes a la corrosión, soportan condiciones climáticas adversas y son más resistentes y livianas que muchas otras tuberías y se puede añadir una capa de pintura protectora opcionalmente, solo si se desea un aspecto decorativo o añadir mas vida útil a los tubos.

## V. DISCUSIONES

Desena (2016), caracterizó el movimiento del suelo por medio de vibraciones aleatorias a partir de espectros de amplitudes de Fourier utilizando el software MATLAB y obtuvo que su resultado de 3.048 g se encontraba dentro del rango de los valores de aceleración espectral horizontal de la Asociación Francesa de Ingeniería Sísmica (AFPS): 1.865 g y 3.405 g, cumpliendo de esta manera con las normativas europeas, lo cual quedaba demostrado el uso de sistemas computarizados para demostrar los espectros de amplitud sin tener que usar maquinas aceleradoras de simuladoras de sismos.

Antes de poder calcular los valores de las curvas de espectros de la estructura, se alimentó al ETABS con las medidas arrojadas por el AUTOCAD en el diseño y las exigencias de la Norma E030, para estimar si las cargas derivadas de la estructura podían soportar las vibraciones simuladas. Los resultados de las cargas fueron:

Techo: El techo pesa 5.8 Kg/m<sup>2</sup> (ver catálogo del anexo 4) y le área tributaria es de 16 m<sup>2</sup> lo que da un total de 92.80 Kgf para la superficie tributaria del techo.

Vigas y columnas: Para el dimensionamiento de las vigas y columnas con tubos engatillados en espiral de radio de 3" se tomó como criterio de peralte para estructuras redondas de  $L/r < 300$  para una longitud de 4 m dando un valor de 52,50 cm por debajo de 300 cm y para las columnas usando el criterio de la norma E030 de factor del peso de servicio con un valor de 92.80 Kgf se determinó que el peso que debe soportar cada columna de tubos espiro es de 23.34 Kgf por debajo del valor establecido por la norma que es de  $P_{servicio} = 34.30 \text{ Kg/f}$

Losa: Para la losa de fundación aligerada con tubos engatillados en espiral de diámetro 6" y usando el concreto de calidad de 280 Kg/cm<sup>2</sup> con un peralte entre 300 a 350 Kg/m<sup>2</sup> se determinó que la altura de la losa resulto de 30 cms.

Seguidamente, en el análisis estático se calcularon las cargas laterales de los ejes X y Y en las vigas, las cuales arrojaron los siguientes valores:

- La fuerza cortante en X dio 448.23 Kg y la fuerza máxima cortante en X según resultado del ETABS fue de 424.54 Kg, resultando ser que el 94.71% del área estructural soportó la simulación del sismo y se encuentra por encima del 80% permitido por la norma en el eje X. Eso quiere decir que la vivienda se vio comprometida en un 5.29% solamente.
- La fuerza cortante en Y dio 641.67 Kg/f y la fuerza máxima cortante en Y según resultado del ETABS fue de 641.67 Kg, resultando ser que el 82.14% del área estructural soportó la simulación del sismo y se encuentra por encima del 80% permitido por la norma en el eje Y. Eso quiere decir que la vivienda se vio comprometida en un 17.86% solamente.

Con estos valores queda confirmado que el valor del factor  $R=6$  para la zona de estudio cumple con la Norma E030 en las vigas.

Con respecto al análisis dinámico se hizo el análisis lineal y el análisis no lineal en ambas direcciones

- En el eje X el análisis no lineal en las columnas de 2.4 m. arrojó un valor de 228.58 Tn/f y el análisis lineal calculado según los valores de la norma E030 fue de 0.079 Tn/f, eso quiere decir que el resultado no lineal fue muy superior al arrojado por el análisis lineal.
- En el eje Y el análisis no lineal en las columnas de 2.4 m. arrojó un valor de 0.6418 Tn/f y el análisis lineal calculado según los valores de la norma E030 fue de 0.0144 Tn/f, eso quiere decir que el resultado no lineal fue muy superior al arrojado por el análisis lineal.

Con respecto a los resultados utilizando el ETABS, la curva del espectro de capacidad está por debajo del espectro de diseño superando la norma E030 (Figura 50 para el eje x y Figura 51 para el eje Y) lo cual hace comprender que la estructura resiste. En consecuencia cumpliendo con el objetivo general de diseñar una vivienda con estructura sismo resistente en San Vicente de Cañete, de acuerdo al

trabajo realizado por Alegre y Cochachin (2019) y usando la premisa de ese trabajo se diseñó una estructura con tubos galvanizados engatillados en espiral, que aportan una resistencia lateral que hace que los desplazamientos sean mínimos en ambas direcciones, es decir, que no sean mayores de 15 mm, teniendo un diseño más eficiente distribuyendo los elementos estructurales considerando la rigidez lateral y que no cause efectos de torsión críticos en la edificación.

Con respecto al modelamiento y sismorresistencia, la investigación se guía por los estudios realizados en la india (Vengala, J., Mohanthy, S. & Raghunath, S., 2015; Vengala y Seshagiri, 2020) en escalas de modelos de viviendas con sistema de alojamiento de bambú sometidas a cargas dinámicas laterales sobre una mesa de choque muy rígida en su propio plano. Los movimientos laterales de la mesa se caracterizaron mediante pruebas de vibración libre y se aplicaron golpes de péndulos en ángulos de 20 a 40 grados y energías de impacto desde 378 Nm a 1468 Nm, acumulando durante el lapso, un total de 13236 Nm. Los resultados observados visiblemente consistieron en pequeñas grietas sobre la superficie de la pared dando por cumplido el objetivo propuesto por el autor, de que el modelo podía resistir la aplicación de fuerzas dinámicas de menor a mayor intensidad con niveles mínimos de daño por lo que concluyeron que este tipo de construcción con bambú es capaz de resistir niveles elevados de fuerzas laterales sin perder estabilidad.

La vivienda diseñada para la presente tesis se diseñó de la misma forma, pero en vez de bambú se usaron en la estructura los tubos espiro y en vez de usar una mesa de prueba se simuló los movimientos de la mesa a través del software ETABS 18, cuyos resultados obtenidos en ambos ejes cumplen con la norma, es decir no superan lo permisible ya que para ambas direcciones tanto en  $X = 0.129$  mm e  $Y = 0.27$  mm, ambos por debajo de 15 mm. ( $\Delta_i = 0.005 * 3000 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$ ) por lo tanto la simulación cumple con las normas peruanas.

Con respecto a la vulnerabilidad, los resultados de Sáenz (2019), indicaron que la estructuración tiene que ser lo más simple, es decir que se debe obtener una configuración que sea simple, lo más simétrica posible, con alta hiperestaticidad, que tenga uniformidad, que tenga la rigidez lateral necesaria, y con resistencia. Por tales razones, en esta investigación se hicieron los estudios de análisis tanto

dinámico como estático usando  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para que las derivas permisibles soporten el 0,005% indicado por la norma E-030 y en la cual se cumplieron en ambas direcciones, como se muestra en la figura 42 y 43, en donde las máximas derivas de los ejes, para el eje  $X = 0.129 \text{ mm}$  y para el  $Y = 0.27 \text{ mm}$ , ambos se encuentran por debajo de 15 mm. ( $\Delta_i = 0.005 * 3000 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$ ), lo cual significa que el objetivo está completo, ya que cumple con las normas peruanas, por lo tanto que este tipo de vivienda está adaptada para la zona 4 de San Vicente de Cañete.

Para Quesada (2018) la sustentabilidad se logra mediante la mejora de la calidad de vida y las relaciones entre los habitantes de una región, las comunidades y los entornos naturales. Lo principal de una edificación sustentable es asegurar el bienestar humano a largo plazo y garantizar el mantenimiento de la edificación con buenos niveles de confort del ambiente interior, minimizando los impactos negativos externos para tratar de mantener el bienestar de sus habitantes. Considerando estas razones, el desarrollo de un método de evaluación debe adaptarse al contexto de implantación, sin olvidar que la función principal de los métodos es realizar una evaluación profunda de las características de la edificación y su interacción con el medio ambiente, para alcanzar los objetivos y criterios de evaluaciones que sean verificables.

El estudio realizado en la presente tesis tomó en cuenta los métodos de evaluación de la vivienda considerando la influencia de las situaciones regionales y las condiciones ambientales, los costos de renta, de los materiales, de los tipos de sistema de construcción, entre otras razones. Estas diferencias se agruparon en la planificación ambiental, en donde se localizó un sector fuera del alcance de los ríos y derrumbes, ya que el diseño de la vivienda se centra en el estudio sísmológico., también se consideró el tipo de sistema de construcción favoreciendo el uso de la madera para los muros y el hormigón para la losa aligerada de fundación, con el propósito principal que la vivienda fuera lo más óptima posible, para obtener un préstamo o ayuda económica para su construcción, la cual de acuerdo al presupuesto elaborado asciende al orden de los S/.48,207.89. Tal diseño de la vivienda se realizó con las leyes y normas de la municipalidad de San Vicente de Cañete. La vivienda fue diseñada bajo los estándares de la calidad de vida y

estudiando el crecimiento de mercado de la construcción en la región. Estos puntos son importantes para el diseño de métodos de la evaluación ya que estos deben informar sobre la realidad de la situación regional y observar las necesidades y aspiraciones sociales y culturales ya que en la región ni en el mundo no existen parcelas idénticas de tierra.

## VI. CONCLUSIONES

En la elaboración para el diseño de la vivienda unifamiliar se usó el software AutoCAD para la distribución de espacios y para los parámetros exigidos por las normas E.020, E.030, E.050, E.060 y E070, para el análisis sísmico estructural se usó el software ETABS 18. Se debe mencionar que tanto los resultados como el método de evaluación son específicos para el diseño presentado y la zona elegida en esta investigación. Por este motivo la investigación concluye que:

Con respecto a la primera hipótesis sobre la factibilidad de realizar el diseño sostenible de una vivienda antisísmica de tubos galvanizados para la ciudad de San Vicente de Cañete, se observa que desde varios puntos de vista realizar este diseño es:

- Factible técnicamente debido a que en el área se cuenta con mano de obra calificada para desarrollar este tipo de vivienda, desde la implementación de su diseño a través de software como el ETABS que garantice su resistencia, hasta su construcción final.
- Factible ambientalmente, porque su desarrollo no contribuye al deterioro del ambiente ni genera consumos altos de energía, sino más bien, con la implementación de este tipo de vivienda se evitaría la gran cantidad de escombros propios de los derrumbes tras un sismo.
- Factible socialmente, porque el diseño de la vivienda garantiza que las personas puedan contar con una vivienda segura que no represente peligros para sus habitantes tanto en la salud como en su poder adquisitivo.
- Factible económico, porque si bien es cierto que las viviendas con estructuras de concreto y con albañilería confinada son muchas más seguras, son más costosas en comparación con las viviendas construida con tubo espiro y con la misma seguridad que exige las normas peruanas. Y, por otro lado, existen materiales como el bambú, la caña, el adobe, que son más económicas pero no proveen de la misma capacidad de resistencia sísmica que los tubos, por lo que de acuerdo al estudio realizado, tomando en cuenta los beneficios y mejoras que se derivan de su construcción, el presupuesto de S/.48,207.89 es factible económicamente.

Con respecto a la segunda hipótesis sobre si el análisis estático y dinámico permiten determinar las cargas actuantes que afectan al diseño de la edificación propuesta, los resultados arrojados en el análisis estático y dinámico del ETABS permitieron determinar los valores de 92.80Kgf para el diseño del área de techo tributaria, quedando el valor de la carga de cada columna en 23.34 Kgf, por debajo del valor del peso por norma de  $P_{servicio} = 34.30 \text{ kgf}$  que podría llegar a soportar cada columna. Determinando esta carga y tomando en cuenta tubos de diámetro 6" y concreto de calidad de 280 Kg/cm<sup>2</sup> con un peralte entre 300 a 350 Kgf/m<sup>2</sup> se determinó que la altura de la losa debía ser de 30 cms para resistir las cargas actuantes. Estos datos fueron calculados por el ETABS durante la ejecución de los análisis estático de resultados 94.71% en X y 82.14% en Y, quedando la vivienda comprometida en 5.29% y 17.86% por debajo del 20% que acepta la norma E030 para viviendas. Del mismo modo, los valores del análisis dinámico, en el eje X, demostraron que el resultado no lineal de 228.58 Tnf fue muy superior al arrojado por el análisis lineal según la norma E030 de 0.079 Kgf y el análisis dinámico en el eje Y, determinaron que el resultado no lineal de 0.6418 Tnf fue superior al arrojado por el análisis lineal de 0.0144 Tnf. Por lo cual se concluye que el análisis estático y dinámico realizado en el ETABS permite determinar las cargas actuantes que afectan el diseño de la edificación propuesta.

Con respecto a la tercera hipótesis sobre si el programa ETABS permite modelar y determinar la sismo resistencia de la vivienda diseñada, según la norma E030, indica que en lo que respecta a la sismo resistencia, se puede observar de las tablas de espectros con los valores de espectros de capacidad en el eje X y Y (Tabla 11 y 12) dieron curvas de espectro de diseño por encima de las curvas de espectro de capacidad (Figura 50 y 51), situando a los espectros de demanda sísmica por diseño, por encima de los de servicio frente a un sismo máximo (Figura 52, Tabla 14), lo cual establece que las condiciones de diseño presentan mayor sismo resistencia que la norma E030.

Con respecto a la hipótesis 4 sobre si la vulnerabilidad se mejora con el modelo sismo-resistente de la edificación propuesta para la ciudad de Cañete, se concluye que la estructura cumple con el análisis sísmico bajo la norma E.030, donde se



obtuvo con el ETABS desplazamientos máximos en el eje X de 0.129 mm y en Y de 0.27 mm ambos valores están por debajo de 15 mm cumpliendo con la norma de 0.005% ( $\Delta_i = 0.005 \cdot 3000 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$ ). Se concluye que la estructura de la vivienda diseñada con tubos espiro es regular debido a la rigidez perpendicular en el eje X y en el eje Y y a la simetría que la vivienda presenta. Igualmente, a través del ETABS se pudo calcular durante la ejecución del análisis estático los resultados 94.71% en X y 82.14% en Y, quedando la vivienda comprometida en 5.29% y 17.86% por debajo del 20% que acepta la norma E030 para viviendas, pero en caso de haber resultado comprometida en un grado mayor, se hubiera tenido que mejorar el diseño para que pudiera resistir los movimientos sísmicos. por lo que se puede concluir que mediante el ETABS es posible mejorar el modelo sismo resistente de una edificación

## VII. RECOMENDACIONES.

Para usar los criterios técnicos de esta tesis en un proyecto real, se recomienda realizar un estudio topográfico con estación total del terreno, así como un estudio de mecánica de suelos del lugar donde se pretende construir la vivienda de las características del presente proyecto.

Debido a las estadísticas presentadas por el INEI de derrumbes y grietas, se recomienda a las instituciones exigir el proyecto de construcción de la vivienda en donde se presente el estudio sísmico realizado y certificado por un profesional.

Para realizar el diseño de la vivienda, se recomienda que toda la estructura sea simétrica. De esta manera se evita un complicado análisis y se obtienen resultados regulares y óptimos que permiten que la estructura se comporte de mejor manera ante un evento sísmico.

Se recomienda usar este tipo de construcción en regiones de desarrollo económico y social debido que presenta un comportamiento dentro de las normas ya que la estructura de la vivienda diseñada según la modelación por ETABS, soportó las cargas impuestas (Gravitacionales y sísmicas) representando de esta manera una alternativa viable en muchos aspectos (económicos, espaciales, etc.).

Es muy importante que se garantice desde la etapa de diseño hasta la etapa de construcción, el cumplimiento de manera rigurosa de las Normas E030 a fin de que la vivienda se comporte adecuadamente ante un movimiento sísmico.

El documento técnico presentado en esta tesis, se recomienda usarse por las autoridades locales en donde se va a realizar el proyecto en las regiones de la ciudad de San Vicente de Cañete para una mejor Gestión del Riesgo ante la ocurrencia de sismos y efectos secundarios.

Se recomienda utilizar en futuros proyectos el uso de sistema BIM junto al ETABS para obtener una mayor eficiencia del diseño estructural y lograr una mayor confiabilidad en el diseño.

## REFERENCIAS

1. Aguilar, C, (2018) Estudio de estructuras de albañilería confinada con perfiles de acero en Chile Tesis de Grado Universidad de Chile Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159577>
2. Alegre, L. y Cochamchin, R. (2019). *Diseño estructural sísmoresistente de un edificio multifamiliar de 06 pisos, Independencia Huaraz 2018*. Tesis de Grado Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41230/Alegre\\_TM-Cochachin\\_GRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41230/Alegre_TM-Cochachin_GRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
3. Arévalo, A. (2020) *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres*. Tesis de Grado Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArvaloC\\_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArvaloC_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
4. Arias, M., Arias, E., Arias, J. y Ortiz, M. (2017). La interrelación entre cambio climático, demografía y vivienda sustentable y su influencia en el medio ambiente. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible 10 (29)*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6503042>
5. Arriagada, R. (2019). Improved building sustainability in seismic zones. *Journal of Construction. 18 (1)* Recuperado de <http://revistahistoria.uc.cl/index.php/RDLC/article/view/2021>
6. Balta, J. y Meza. J. (2015). *Sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma geomática para la elaboración de mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral*. Tesis de Grado Universidad Ricardo Palma. Recuperado de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2233/balta\\_jj-meza\\_jf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2233/balta_jj-meza_jf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

7. Barbosa, R., Álvarez, J. y Carrillo, J. (2018). Aceleraciones de piso para diseño de elementos no estructurales y estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica en edificios. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(33), 99-119. <https://dx.doi.org/10.22395/rium.v17n33a5>
8. Benedetti, Franco, Zúñiga, Fernando, & Opazo, Alexander. (2017). Efecto de la variabilidad de la rigidez del sitio de fundación en el desempeño sísmico. *Obras y proyectos*, (22), 31-41. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132017000200031>
9. Bohórquez, J. y Ruiz S. Factores de carga óptimos para el diseño sísmico de edificios *Revista de Ingeniería Sísmica* No. 98, 25-44 (2018) Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n98/0185-092X-ris-98-25.pdf>
10. Castro, M. (2020). Principios de la sustentabilidad del medio ambiente. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/principios-sustentabilidad-medio-ambiente/>
11. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres. CENEPRED (2017). Escenario de riesgo por sismo y tsunami para Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao. Recuperado de <https://dimse.cenepred.gob.pe/er/sismos/ESCENARIO-SISMO-TSUNAMI-LIMA-CALLAO.pdf>
12. Desena, D. (2016). Metodología para la obtención de espectros sísmicos de piso. Trabajo de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/44799/1/Tesis\\_master\\_Dariel\\_Desena\\_Galarza.pdf](http://oa.upm.es/44799/1/Tesis_master_Dariel_Desena_Galarza.pdf)
13. Echeverry, C. (2017). Diseño estructural sismo resistente del edificio de docentes de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Múnich, *GRIN Verlag*, <https://www.grin.com/document/376730>
14. Esteves, M. & Cuitiño, G. (2020). El sistema constructivo de la quincha en zonas rurales del Norte de Mendoza (Argentina). *Estoa. Revista de la Facultad de*

*Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 9(17), 153-169. <https://doi.org/10.18537/est.v009.n017.a08>

15. Etili, S y Güneýisi, E. (2020). Seismic performance evaluation of regular and irregular composite moment resisting frames. *Revista Latinoamericana de Sólidos y Estructuras*, 17 (7), e301. Publicación electrónica 14 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.1590/1679-78255969>
16. Gunes, Baris, Cosgun, Turgay, Sayin, Baris, & Mangir, Atakan. (2019). Seismic performance of an existing low-rise RC building considering the addition of a new storey. *Revista de la construcción*, 18(3), 459-475. <https://dx.doi.org/10.7764/rdlc.18.3.459>
17. Grau, Ilse, Travassos, Guilherme H, Cernuzzi, Luca, & Villafiorita, Adolfo. (2015). Tape Mbo'e: A First Experimental Assessment. *CLEI Electronic Journal*, 18(1), 4. Recuperado en 09 de marzo de 2021, de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-50002015000100004&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-50002015000100004&lng=es&tlng=en).
18. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
19. Huamán, L. (2019). Vivienda ecológica saludable de interés social en el caserío Sequiones y anexos – distrito de Mórrope – provincia Lambayeque. Tesis de Grado Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/4943>
20. Huapaya, R. (2017) *Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal*. Tesis de Grado Universidad Ricardo Palma. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1305/TESIS%20-%20HUAPAYA.pdf?sequence=1>
21. INDEX (2017). Ficha Técnica de tornillos para madera. Recuperado de [https://www.indexfix.com/docs/FT\\_MAD\\_es.pdf](https://www.indexfix.com/docs/FT_MAD_es.pdf)

22. Jiménez, J & Julca, J. (2018). Diseño estructural de un edificio de 5 niveles de albañilería confinada, Trujillo-La Libertad, 2018. Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo- Recupera [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32123/jim%C3%A9nez\\_jj.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32123/jim%C3%A9nez_jj.pdf?sequence=1)
23. Kuroiwa, J. (2016). Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/MINISTERIOS/Manual%20para%20la%20Reduccion%20del%20Riesgo%20Sismico%20de%20Viviendas%20en%20el%20Peru.pdf>
24. López, Adriana, Álvarez, César Iván, & Villarreal, Edwin. (2017). Migración de fuentes sísmicas a lo largo del cinturón de fuego del pacífico. *La granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 25(1), 5-15. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.01>
25. Olivera, J., Vergara, L. & Oyarzo, C. (2017). Structural health assessment of a R/C building in the coastal area of Concepción, Chile. *Procedia Engineering*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817336263>.
26. Lozano, M. (2011). *Gestión de viviendas autoconstruidas en asentamientos humanos de Lima*. Trabajo de Maestría Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/9319/2/TESIS\\_MASTER\\_MARGARITA\\_LOZANO\\_R.pdf](http://oa.upm.es/9319/2/TESIS_MASTER_MARGARITA_LOZANO_R.pdf)
27. Marjaba, G. y Chidiac, S. (2016). Sustainability and resiliency metrics for buildings – Critical review. En: *Building and Environment*. N° 101, pp. 116-125
28. Mercader, P. (2017) *Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions*. 1ª ed. – Seville: University of Seville. High Technical School of Architecture of Seville. Recuperado de <https://idus.us.es/handle/11441/81335>

29. Miyashiro, J. A. (2009). *Vulnerabilidad físico habitacional: Tarea de todos ¿Responsabilidad de alguien?*. Lima: Desco. Programa Urbano, 2009. 112 p. SINCO Editores SAC. Recuperado de [https://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Estudios\\_urbanos/EU\\_5esp.pdf](https://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Estudios_urbanos/EU_5esp.pdf)
30. Nola, I. (2018). Earthquakes and their environmental, medical and public health impacts. *Salud Pública de México*, 60(Supl.1), 16-22. <https://doi.org/10.21149/9212>
31. Ochoa, C. (2015). Muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia. *Netquest* Recuperado de <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>
32. Parrado, O, Francis, D. y Carrión, L. (2019). Percepción del riesgo sísmico en la ciudad de Camagüey. Base para la educación ambiental comunitaria. *Transformación*, 15(3), 398-415. Epub 01 de diciembre de 2019. Recuperado en 30 de diciembre de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-29552019000300398&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552019000300398&lng=es&tlng=es)
33. Quesada, F, (2018). Desarrollo de nuevos métodos de Evaluación Sustentable de la edificación a partir de la revisión del Estado del Arte. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 13 (37): 51-70,. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.13.37.4871> ISSN: 1886-4805.
34. Riquelme, P. y Sepúlveda, C. (2015). *Influencia de la interacción Suelo - Fundación-Estructura en el desempeño sísmico de estructuras de hormigón armado*. Tesis de Grado. Universidad de Bío-Bío. Recuperado de [http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1497/1/Sepulveda\\_Riffo\\_Claudio.pdf](http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1497/1/Sepulveda_Riffo_Claudio.pdf)
35. Ruiz, N (2015) Especies de madera en el Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/JoseNilserRuizSanchez/especies-de-maderas-en-el-per>

36. Ruiz, S., Jiménez, R., Santos, M. y Orellana, M. (2020) *Revista de Ingeniería Sísmica*. Número especial Sismos Sep17. Recuperado de <https://smis.mx/index.php/RIS/article/view/RIS-102-1>. DOI: 10.18867/ris.102.513
37. Sáenz, S. (2018). *Curvas de fragilidad de estructuras de albañilería confinada empleando la base de registros sísmicos chilenos*. Tesis de Grado Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159573>
38. Sáenz, U. (2019). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas – edificio administrativo de la Universidad Nacional del Centro del Perú*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5268/S%C3%A1enz%20Azorsa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
39. Saldaña, E. (2017) Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado Buenos Aires, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, región Áncash, septiembre 2016.. Tesis de Grado. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/323>
40. Sandoval, V. (2017). *Análisis sísmico usando ETABS para evaluar la efectividad del comportamiento sismoresistente de la infraestructura de la I.E. 11023 Abraham Valdelomar – Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque*. Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16543/SandovaI\\_CVB.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16543/SandovaI_CVB.pdf?sequence=1)
41. Tapia E. y García, J. (2019). Comportamiento de estructuras de acero durante los sismos de septiembre de 2017. *Ingeniería sísmica*, (101), 36-52. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.18867/ris.101.499>



42. Tavera, H., Fernández, E., Condori, C., Delgado M. y Guardia, P. (2013) El Sismo de Cañete del 25 de noviembre, 2013 (5.7Mw) *Instituto Geofísico del Perú IGP* Dirección de sismología. Recuperado de <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/1079/Sismo%20de%20Ca%c3%b1ete%20del%2025%20de%20Noviembre%20del%202013%20%285.7Mw%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
43. Tavera, H. (2016). Programa presupuestal N 068.: Zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de la ciudad de San Vicente de Cañete. (Comportamiento dinámico del suelo). Instituto Geofísico del Perú. Recuperado de [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Zonificacion%20sismica\\_geotecnica\\_ciudad%20de%20Cerro%20Azul.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Zonificacion%20sismica_geotecnica_ciudad%20de%20Cerro%20Azul.pdf)
44. Velázquez, M. (2018). Desastres sociales: sismos, reconstrucción e igualdad de género. *Revista mexicana de sociología*, 80(spe), 149-158. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2018.0.57777>
45. Vengala, B. and Raghunath, S. (2015) Seismic performance of bamboo housing– An overview, Proc. of World Bamboo Congress Vol 1 (Damyang, Korea) pp 389-407
46. Vengala J. y Seshagiri S. (2020) Sustainable bamboo housing for the earthquake prone áreas 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 955. Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/955/1/012019/meta>
47. Wong, J. K. W., & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental stainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction* 57, 156-165. DOI. 10.1016 / j.autcon.2015.06.003
48. Yabin, R., Sarmiento, J. y Leal, G. (2017). Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology. *Ingeniería y Competitividad*. 19(1) p. 241 - 251 Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v19n1/0123-3033-inco-19-01-00241.pdf>

**ANEXO 1:** Matriz de operacionalización de variables

**TITULO: DISEÑO SOSTENIBLE DE VIVIENDA ANTISÍSMICA DE TUBOS GALVANIZADOS CON COSTURA ESPIRAL, SAN VICENTE DE CAÑETE, 2021**

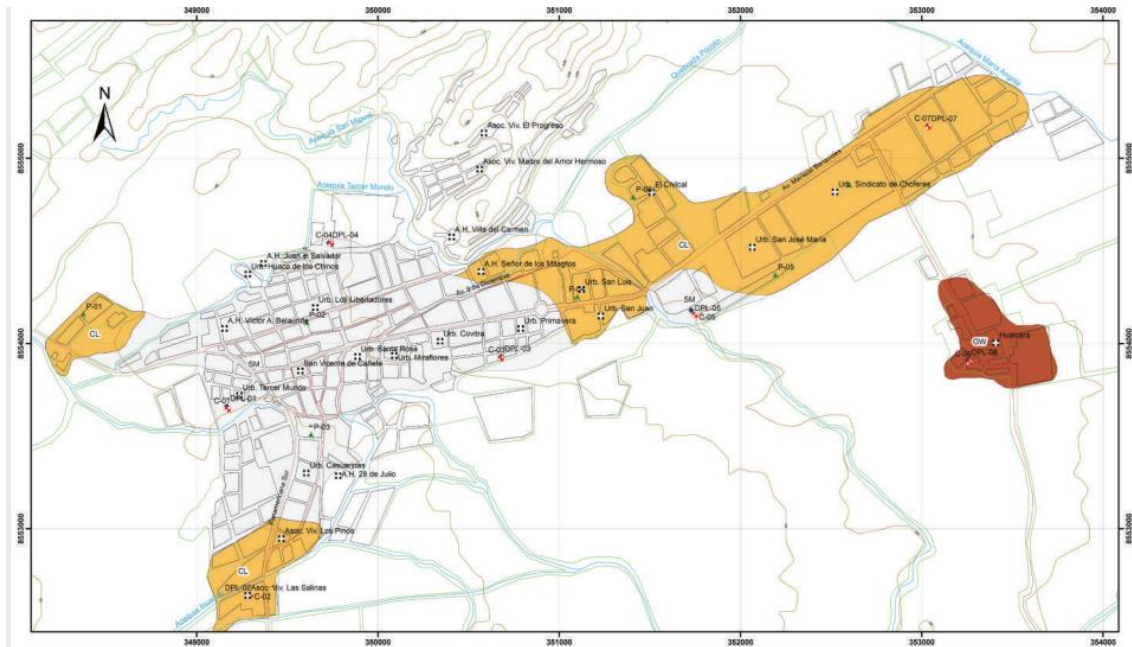
<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>V(I)</b>  Diseño estructural sismorresistente de tubos galvanizados de costura en espiral.	Este diseño analiza cada uno de los elementos que componen la estructura garantizando que tenga un comportamiento adecuado durante los movimientos del suelo donde será implementado. Estos comportamientos generan deformaciones en los elementos que son propios en los materiales al ser expuestos a una fuerza, por lo que si no se diseñan de acuerdo a las características de zona, uso y carga pueden presentar deformaciones muy por encima de lo permitido llegando a tener fallas catastróficas o colapso total durante un terremoto. Los elementos estructurales pueden ser horizontales o verticales los cuales generan un factor de análisis en el diseño (Echeverry, 2017)	El diseño de la estructura se realizará a través de cálculos de datos, Autocad y ETABS y las normas peruanas de construcción y diseño antisísmico	Análisis lineal de cargas	Techo	De Razón
				Vigas	
				Columnas	
				Muro	
				Cimentación	
<b>V (D1)</b>  Comportamiento sísmico	Las estructuras diseñadas con vigas y columnas son resistentes a momentos, sin embargo, para determinar el comportamiento sísmico se deben determinar indicadores que permitan determinar su capacidad para deformarse y resistir cargas más allá del rango lineal (Huapaya, 2017)	Con el propósito de conocer este comportamiento de la edificación se pretende realizar un análisis estático no lineal a través del software ETABS de diseño estructural el cual realiza un análisis más sofisticado que los análisis académicos que hablan de que la estructura tiene un comportamiento lineal. La curva de capacidad generada por este análisis permitirá conocer valores de sismo resistencia y vulnerabilidad	Sismo resistencia	Metrado de cargas	De Razón
				Resistencia	
				Rigidez	
<b>V (D2)</b>  Desarrollo Sostenible	Es una interrelación entre el crecimiento económico y el progreso social en pro de satisfacer las necesidades del presente cuidando del medio ambiente para no comprometer la capacidad de las necesidades futuras de satisfacer sus propias necesidades (Sala, Ciuffo y Nijkamp, citado por Quesada 2018).	A través de los resultados obtenidos en el modelamiento por ETABS y el software REVIT 21, se realizara un análisis de la factibilidad de los indicadores del desarrollo sostenible.	Factibilidad	Económica	De Razón
				Social	
				Ambiental	

**ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TITULO: DISEÑO SOSTENIBLE DE VIVIENDA ANTISÍSMICA DE TUBOS GALVANIZADOS CON COSTURA ESPIRAL, SAN VICENTE DE CAÑETE, 2021**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA		
<p><b>GENERAL:</b> ¿Es factible realizar un diseño sostenible de una vivienda antisísmica utilizando tubos galvanizados de costura espiral para la ciudad de San Vicente de Cañete?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Realizar un estudio que determine la factibilidad del diseño sostenible de una vivienda antisísmica construida por tubos galvanizados de costura espiral.</p>	<p><b>GENERAL</b> Es factible realizar el diseño sostenible de una vivienda antisísmica de tubos galvanizados para la ciudad de San Vicente de Cañete.</p>	<p><b>(independiente)</b> Diseño estructural sismo resistente de tubos galvanizados de costura en espiral</p>	<p>Análisis lineal de cargas</p>	Techo	<p><b>Método de investigación:</b> Descriptiva Cuantitativa <b>Tipo de estudio:</b> Aplicada. <b>Diseño de investigación:</b> No experimental transversal. <b>Población:</b> vivienda antisísmica diseñada utilizando tubos galvanizados de costura en espiral <b>Muestra:</b> vivienda antisísmica diseñada utilizando tubos galvanizados de costura en espiral <b>Muestreo:</b> No probabilístico por conveniencia <b>Instrumentos de recolección de datos</b> Planos de la ciudad de Cañete Normas especificadas por el Reglamento Nacional de Edificación <b>Técnica de procesamiento</b> A través de los software Excel, Word, AutoCAD, Etabs y Revit aplicadas al diseño cumpliendo la Norma E30 de diseño antisísmico.</p>		
					Vigas			
					Columnas			
					Muro			
					cimentación			
<p><b>ESPECÍFICOS</b> ¿Se puede determinar las cargas actuantes que afectan al diseño de la edificación, a través del análisis estático y dinámico? ¿Se puede determinar la sismo resistencia de la vivienda diseñada mediante el uso de programas estructurales (ETABS)? ¿Es posible analizar la vulnerabilidad sísmica en el modelo sismo-resistente de la edificación propuesta? ¿En qué medida el costo de la vivienda propuesta es menor o mayor con respecto a viviendas convencionales?</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b> -Determinar las cargas actuantes que afectan al diseño de la edificación propuesta, a través del análisis estático y dinámico. - Determinar la sismo resistencia de la vivienda diseñada mediante el uso de programas estructurales (ETABS) -Analizar la vulnerabilidad sísmica en el modelo sismo-resistente de la edificación propuesta. - Realizar análisis y comparación de costos entre la vivienda propuesta con respecto a viviendas convencionales.</p>	<p><b>ESPECÍFICAS</b> - El análisis estático y dinámico permiten determinar las cargas actuantes que afectan al diseño de la edificación propuesta -El programa ETABS permite modelar y determinar la sismo resistencia de la vivienda diseñada. - El análisis estático no lineal (PUSHOVER) nos permitirá analizar la vulnerabilidad sísmica en el modelo sismo-resistente de la edificación propuesta. - El análisis de presupuesto y costos unitarios de la vivienda propuesta nos permite comparar precios con viviendas convencionales.</p>	<p><b>(Dependiente 1)</b> Comportamiento sísmico</p>	<p>Sismo resistencia</p>	Metrado de cargas			
					Resistencia			
					Rigidez			
			<p><b>(Dependiente 2)</b> Desarrollo sostenible</p>				<p>Vulnerabilidad sísmica</p>	Análisis Estático No Lineal PUSHOVER
								Económica
								Social
								Ambiental

### ANEXO 3: Instrumento de recolección de información (Planos)

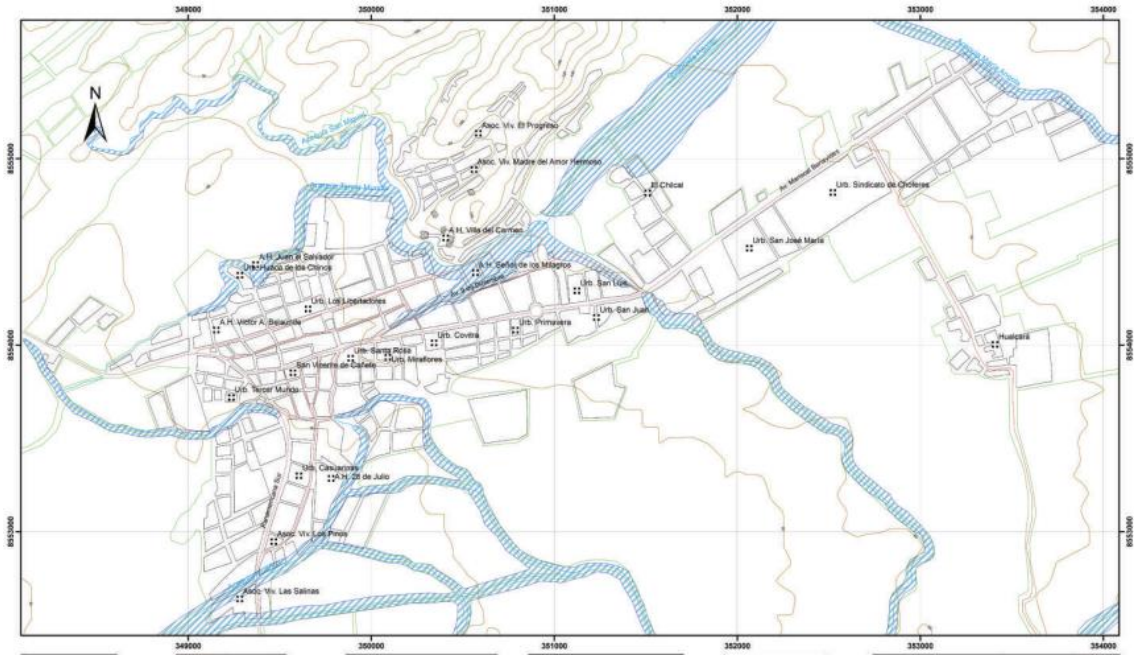


LEYENDA	
	Grava bien graduada (GW)
	Arena limosa (SM)
	Arcillas inorgánicas (CL)

SIMBOLOGÍA	
	Sectores
	Calicatas
	Posteos
	DPL
	Curva de nivel
	Acequias
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área urbana
	Área agrícola

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ			
Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida			
Unidad de Geodinámica Superficial			
Programa Presupuestal por Resultados 068			
Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica			
Generación de Estudios		Zonificación Sísmica Geotécnica	
Territoriales de Peligro Sísmico		de la Ciudad de S. Vicente de Cañete	
SUELOS CLASIFICACIÓN SUCS			
Responsable del proyecto: Hernando Tavera		Ejecución del proyecto: Juan Carlos Gómez A.	
Elaborado por: Julio Lara C.		Escala: 1/15.000	PLANO:
Datum: WGS 84	Año: 2015	Formato: A3	<b>P - 08</b>
Proyección: UTM Zona 18 S			

Tipos de suelo de San Vicente de Cañete. Fuente IGP (2017)



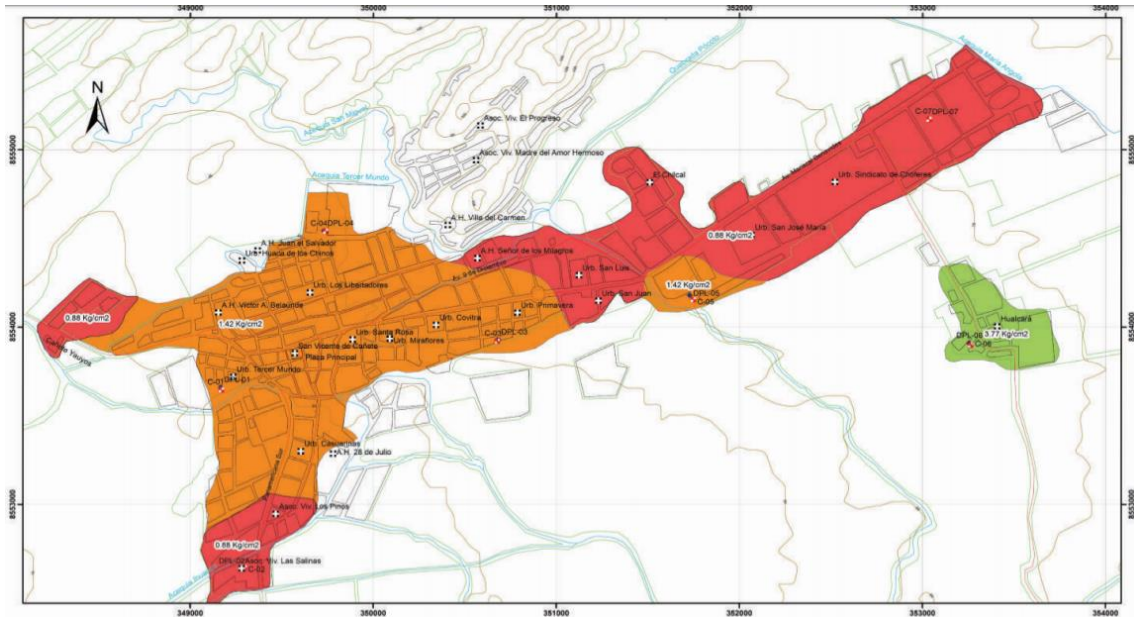
EVENTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA	
	Caída de rocas
	Zona inundable

SIMBOLOGÍA	
	Sectores
	Curva de nivel
	Acequias
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área urbana
	Área agrícola

<b>INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ</b> Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida Unidad de Geodinámica Superficial			
<b>Programa Presupuestal por Resultados 068</b> <b>Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica</b>			
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico		Zonificación Sísmica Geotécnica de la Ciudad de S. Vicente de Cañete	
<b>GEODINÁMICA EXTERNA</b>			
Responsable del proyecto: <b>Hernando Tavera</b>		Ejecución del proyecto: <b>Juan Carlos Gómez A.</b>	
Elaborado por: <b>Julio Lara C.</b>		Escala: <b>1/15,000</b>	PLANO:
Datum: <b>WGS 84</b>	Año: <b>2015</b>	Formato: <b>A3</b>	<b>P - 06</b>
Proyección: <b>UTM Zona 18 S</b>			

Mapa de geodinámica de San Vicente de Cañete. Fuente IGP (2017)



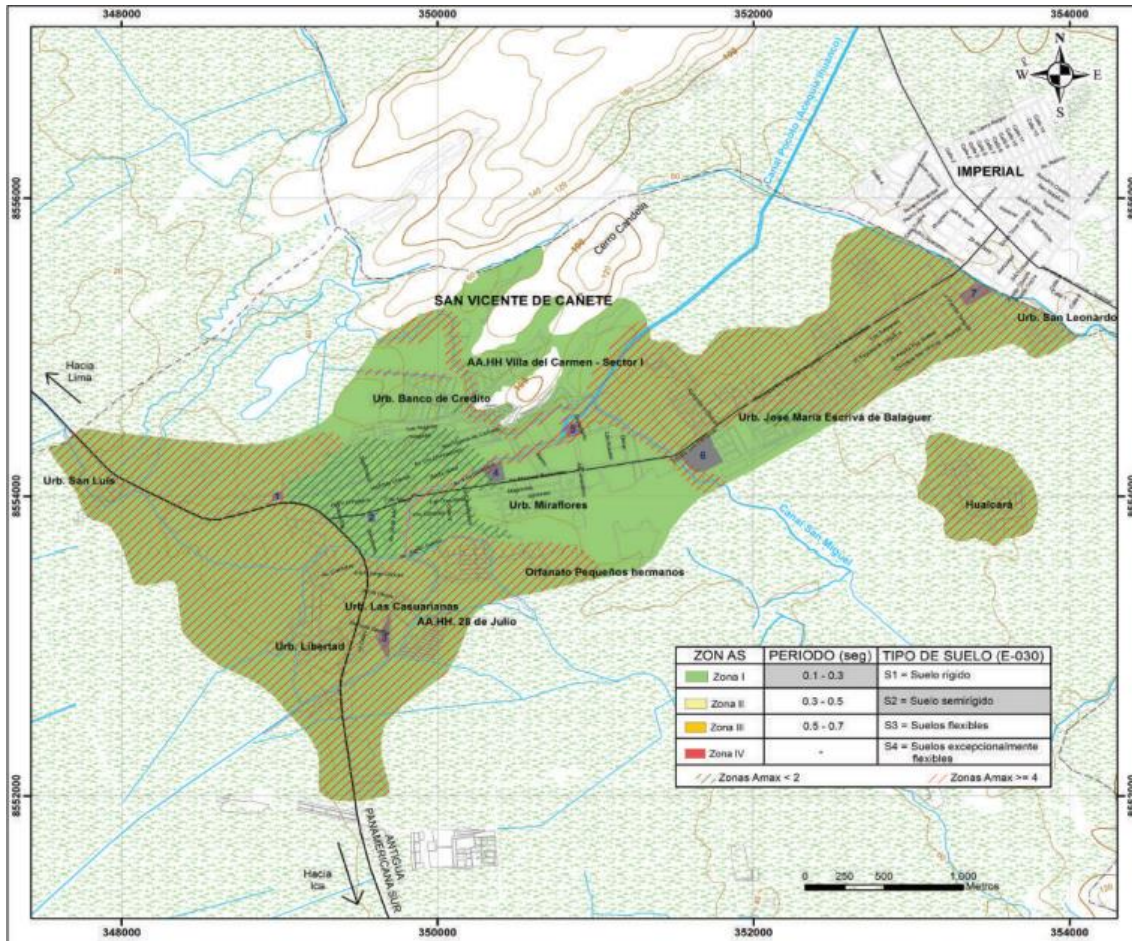


CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	
<span style="color: green;">■</span>	Alta > 3 Kg/cm <sup>2</sup>
<span style="color: orange;">■</span>	Baja = 1-2 Kg/cm <sup>2</sup>
<span style="color: red;">■</span>	Muy baja < 1 Kg/cm <sup>2</sup>

SIMBOLOGÍA	
⋮	Sectores
✦	Calicatas
⬢	DPL
—	Curva de nivel
—	Acequias
—	Red vial nacional
—	Red vial vecinal
□	Área urbana
□	Área agrícola

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ			
Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida			
Unidad de Geodinámica Superficial			
Programa Presupuestal por Resultados 068			
Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica			
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico		Zonificación Sísmica Geotécnica de la Ciudad de S. Vicente de Cañete	
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE			
Responsable del proyecto: Hernando Tavera		Ejecución del proyecto: Juan Carlos Gómez A.	
Elaborado por: Julio Lara C.		Escala: 1/15,000	PLANO: P - 09
Datum: WGS 84	Año: 2015	Formato: A3	
Proyección: UTM Zona 18 S			

Mapa de capacidad de carga admisible de San Vicente de Cañete. Fuente: IGP (2017)



**LEYENDA**

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 1px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Curvas maestras</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 1px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></span> Curvas topográficas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 1px; background-color: black; border-top: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> Carretera afirmada</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></span> Lugares de referencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Manzanas y/o lotes</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> Manzanas de otros distritos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; margin-right: 5px;"></span> Áreas agrícolas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 1px; border-top: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> Límite distrital</li> </ul>
--	--

**REFERENCIAS**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1: Grifo Autopasa</li> <li>2: Plaza de Armas</li> <li>3: I.E.P. Santa Rita de Cassia</li> <li>4: Hospital EsSalud</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5: Cementerio General</li> <li>6: Coliseo Lolo Fernández</li> <li>7: I.E. Imperial</li> </ol>
---	--

**Instituto Geofísico del Perú**  
Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida  
Unidad de Ingeniería Sísmica

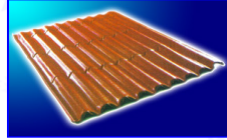
**Programa Presupuestal por Resultados PPR-068**  
**Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica**

Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico	Zonificación Sísmica - Geotécnica Ciudad de San Vicente de Cañete-Lima
<b>MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA - GEOTÉCNICA</b>	
Datum: SGM 1984	Responsable del Proyecto: Hernando Tavera
Proyección: UTM Zona 18 S	Ejecución del Proyecto: Isabel Bernal
Realizado por: Javier Oyola	
Año 2015	Formato A3
Escala 1 / 25 000	

Zonificación Sísmica San Vicente de Cañete. Fuente: IGP (2017)

## ANEXO 4 Catálogos

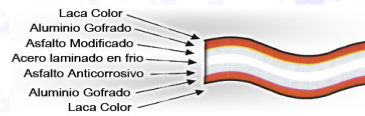
### TECHO MIL TEJAS



- Aislamiento Térmico / Acústico.
- Relación Precio Valor.
- Variedad en Color.
- No ajustamos a tus necesidades.

MIL TEJAS: Es la lamina climatizada de CORCEL decorativa de fácil y rápida instalación, versátil, reduce costos de construcción, mas liviana que la teja de arcilla. Son muchas las razones para preferirla.

#### COMPOSICIÓN:



#### USOS:

- Proyectos habitacionales
- Fachadas garage
- Instalaciones comerciales
- Proyectos turísticos

#### REFLEXIÓN TÉRMICA:

La combinación de Foil de aluminio laqueado como acabado superficial que refleja la incidencia de los rayos solares entre 75% y 85% con asfalto que reduce la absorción de calor en el alma de acero, mejora el confort térmico en el interior de las edificaciones.

#### AISLAMIENTO ACÚSTICO:

El asfalto modificado con agregado mineral, actúa como amortiguador de sonido por impacto directo sobre las superficies de las laminas, llegando a absorber hasta un 85% del ruido producido por lluvia o granizo.

#### LIVIANAS Y DURADERAS:

Su bajo peso, permite grandes ahorros en estructuras, facilidad, rapidez y versatilidad en el diseño e instalación. La calidad de sus componentes, garantiza resistencia estructural y durabilidad ante la acción de la intemperie.

#### DECORATIVAS:

El diseño de su perfil tipo teja y su atractivo color realiza la belleza de la cubierta terminada.

#### MIL TEJAS

##### Características Técnicas

Espesor de la lámina	2.00 mm.
Espesor del alma de acero	0.35 - 0.38 mm.
Ancho útil	72 cm.
Ancho total	83 cm.
Peso metro lineal	4.00 Kgs
Peso metro cuadrado	5.80 Kgs
Separación entre ondas	90 mm.
Volado máximo	33 cm. (un modulo de teja)
Techos curvos	No
Distancia máxima entre correas	99 cm.
Largo de las láminas	1mts a 7 mts
Ondas por láminas	9 1/2 ondas
Profundidad de la onda	21 mm.
Tolerancia en Peso	10%
Tolerancia en Largo	15 mm.
Tolerancia en Ancho	5 mm.
Resistencia térmica	R = 0,0133
Conductividad térmica	K = 0,211 Kcal/mh°C
Aislamiento acústico	Reduce el ruido 20 db
Pendiente mínima	5%

MIL TEJAS 36				
Modulo de Sección	Momento de Inercia	Capacidad de carga viva neta w (kg/m²)		
		Separación de los apoyos (mts)		
Wxx	Ixx	0.99	1.32	1.65
2,35	2,28	168	95	60'
2,35	2,28	168	95	60'
2,35	2,28	210	118	76'

**NOTAS:** Capacidades de cargas calculadas para un acero grado 37 (fb=1100 Kg./cm.<sup>2</sup>)  
Deflexión máxima permisible D= 1 / 120  
Cargas uniformemente distribuidas  
(\* ) para esos casos gobierna la capacidad de carga por deflexión.



## TORNILLOS PARA MADERA

Denominación: TORNILLOS PARA MADERA

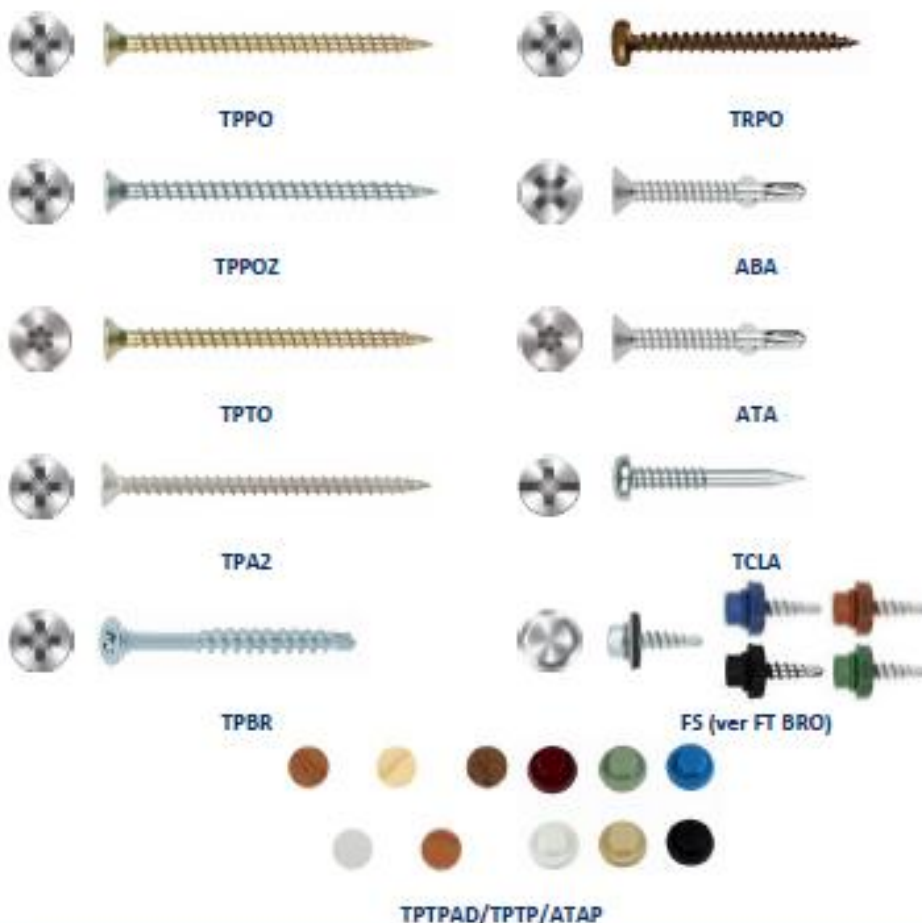
Códigos: TPPOB, TPPOZ, TPPO, TPAZ, TPBR, TRPO, ABA, ATA, TCLA, FS, TTPAD, TTP, ATAP.

Referencia: FT MAD-es

Fecha: 28/07/17

Revisión: 7

Página: 1 de 12



### CARACTERÍSTICAS

- Acabados en bicrometado, cincado e inoxidable.
- Versiones con punta broca, inviolables, para tapón, distintas cabezas y mortajas: flexibilidad en el montaje.

### APLICACIONES

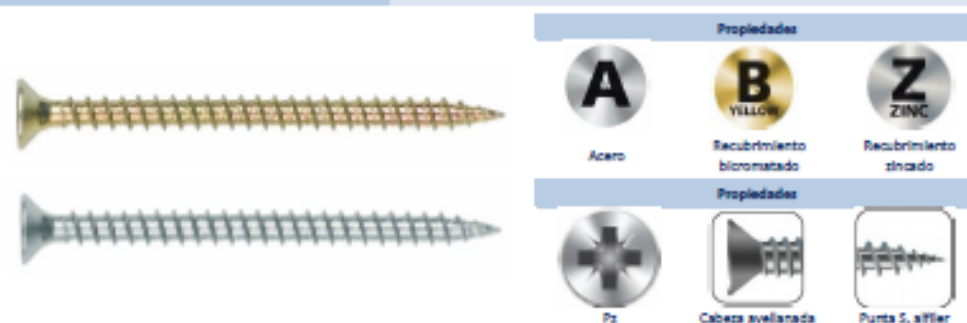
- Empleo en todo tipo de montajes de carpintería de madera.
- Aplicación: fijación de herrajes a madera, fijación de montantes de madera entre sí, uniones refuerzos metálicos a madera.

## TORNILLOS PARA MADERA

Denominación: TORNILLOS PARA MADERA	Códigos: TPPOB, TPPOZ, TPPO, TPA2, TPBR, TPPO, ADA, ATA, TCLA, FS, TPFPAD, TPTR, ATAPO.		
Referencia: FT MAD-es	Fecha: 28/07/17	Revisión: 7	Página: 3 de 12

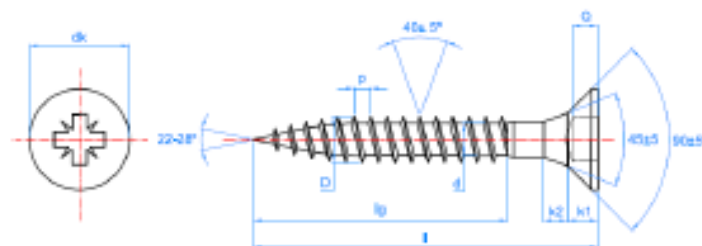
### 1. TP-PO

Tirafondo de cabeza avellanada 90°, filete 40°



#### 1.1. Datos

Código		TPPO25	TPPO30	TPPO35	TPPO40	TPPO45	TPPO50	TPPO60
		TPPOZ25	TPPOZ30	TPPOZ35	TPPOZ40	TPPOZ45	TPPOZ50	TPPOZ60
$d_c$ : diámetro cabeza	[mm]	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,1
D: diámetro exterior rosca	[mm]	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
d: diámetro interior rosca	[mm]	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,6
p: paso rosca	[mm]	1,50	1,35	1,60	1,80	2,00	2,20	2,60
l: longitud tornillo	[mm]	10 - 25	12 - 40	16 - 50	16 - 70	20 - 80	20 - 120	40 - 220
$l_r$ : longitud máxima rosca	[mm]	Completa	Completa	Completa	60	60	60	60*
Mortaja Pz		#1	#1	#2	#2	#2	#2	#3
Códigos puntas de instalación (punta Pz)		PUPOC01 PUPOL01	PUPOC01 PUPOL01	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC02 PUPOL02	PUPOC03 PUPOL03



\*TPPOZ hasta 110

\*\* 75 mm de longitud de rosca a partir de TPPO60120

- Acabado en bicromatado.
- Cabeza avellanada 90°, rosca madera 40°, mortaja Pz.
- Punta 5 que permite la perforación directa de la madera.
- Empleo:
  - Fijación de herrajes metálicos con taladro previo sobre madera.
  - Fijación de refuerzos metálicos con taladro previo sobre madera.
  - Unión de maderas duras entre sí.

## ANEXO 5 Carta de autorización de uso de información



### MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAÑETE-LIMA

"Año del bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Cañete, 18 de Enero de 2021.

**CARTA N°0181-2021-GODUR-MPC**

Señor  
Christopher Jonathan Geldres Alvarez  
Bachiller en Ingeniería Civil  
Santa Rosa de San Joaquín Viejo J-10, Ica

**Presente.-**

**ASUNTO : AUTORIZACION DE USO DE INFORMACION**

Es grato dirigirme a usted, con la finalidad de saludarlo cordialmente a nombre de la Gerencia de Obras, Desarrollo Urbano y Rural de la Municipalidad Provincial de Cañete.

Por medio del presente, autorizo a usted, Christopher Jonathan Geldres Alvarez, con DNI N° 70434734, el uso de información de estudio de suelos del distrito de San Vicente de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima; para fines de titulación en la Universidad César Vallejo.

Esperando la atención a lo solicitado quedo de usted.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAÑETE

ING. FRANCO ISABEL ALCANTARA GOMEZ  
GERENTE DE OBRAS DESARROLLO URBANO Y RURAL  
Reg. OIP N° 175738

CAÑETE

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
CON FINES DE CIMENTACION**

*PROYECTO:*

**CREACION DEL LOCAL COMUNAL  
DE LA ASOCIACION DE VIVIENDA  
VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE  
DEL DISTRITO DE SAN VICIENTE  
DE CAÑETE - PROVINCIA DE  
CAÑETE - DEPARTAMENTO DE  
LIMA**

**MARZO DEL 2020**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **PROYECTO:**

**CREACION DEL LOCAL COMUNAL DE LA ASOCIACION DE VIVIENDA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE DEL DISTRITO DE SAN VICENTE DE CAÑETE - PROVINCIA DE CAÑETE - DEPARTAMENTO DE LIMA**

### **SOLICITANTE:**

**ING. MARIEL ANALIA LUCANAS SANTIAGO**


### **UBICACION:**

DEPARTAMENTO - LIMA  
PROVINCIA - CAÑETE  
DISTRITO - SAN VICENTE  
LOCALIDAD - SAN VICENTE  
FECHA - MARZO DEL 2,020

#### **1. ALCANCES DEL ESTUDIO**

A solicitud de la **ING. MARIEL ANALIA LUCANAS SANTIAGO**, se realiza el estudio de Mecánica de suelos con fines de cimentación para las estructuras proyectadas en la zona de estudio.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
Jose Luis Neira Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624

El objeto del presente Informe es mostrar los trabajos realizados, así como los resultados y conclusiones obtenidos en el estudio de suelos ejecutado conforme a la Norma Peruana E.050 de Suelos y cimentaciones, con la finalidad de realizar el estudio para el diseño de cimentación en el proyecto: LOCAL COMUNAL DE LA ASOCIACION DE VIVIENDA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE.


En tal sentido se realizaron trabajos de investigación geotécnica orientados a definir las propiedades físicas mecánicas del suelo, y los parámetros de resistencia – deformación, que servirán para el diseño de cimentación de las estructuras.

El programa de trabajo del presente estudio consistió en:

- Revisión de la información.
- Ubicación, ejecución de calicatas y recojo de muestras
- Ensayos de laboratorio.
- Determinación de los parámetros físico-mecánicos.
- Análisis de cimentación superficial.
- Conclusiones y recomendaciones.

## 2. UBICACION

La zona, materia del presente estudio de suelos, se encuentra ubicado en el Distrito de San Vicente - Provincia de CAÑETE - Departamento de LIMA.

  
Jose Luis Nelra Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624

---

EMS CON FINES DE CIMENTACION



### 3. GEOLOGIA

La columna geológica de la zona de Cañete está constituida por unidades lito-estratigráficas, con un rango vertical comprendido entre el Jurásico y el Cuaternario, separados por discordancias, como efectos de sucesivos procesos tectónicos. Predominan las rocas del mesozoico y cenozoico las que conforman la estribación occidental de la Cordillera de los Andes y afloramientos aislados de intrusivos que representan el sector denominado Cordillera de la Costa. De otro lado, las formaciones cuaternarias conforman la planicie aluvial costera, conjuntamente con el recubrimiento eólico, reconocido en toda la longitud del valle (Montoya et al, 1994). En la zona del estudio se presenta las siguientes formaciones geológicas

#### **Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios existentes en la zona de Cañete son aluviales o fluvio aluvionales que descienden por las quebradas del frente andino; entre ellos se distinguen:

#### **Depósitos Aluviales Antiguos**

Son acumulaciones fluviales o aluvionales, observadas conformando el sedimento de las principales pampas, o constituyen una serie de terrazas escalonadas y levantadas del actual cauce de los principales ríos y quebradas, están constituidos por conglomerados de gravas, poco consolidados, con intercalaciones de arenas y limos lenticulares; va incluyendo progresivamente hacia las vertientes, brechas de naturaleza aluvional o de piedemonte.

#### **Depósitos Aluviales Recientes**

Constituyen acumulaciones fluviales y aluvionales restringidos al curso actual de los ríos y quebradas de la región; son sedimentos inconsolidados representados por gravas, arenas, limos y arcillas que han sido depositados en períodos subactuales o actuales. Sobre ellos se ha desarrollado preferencialmente la actividad agrícola de los principales valles del área. Sobre estos suelos se localiza la zona de estudio principalmente.

#### 4. INFORMACION PREVIA

##### 4.1 DE LA OBRA A CIMENTAR

El proyecto materia del presente estudio, se encuentra destinada para Uso como Local comunal, lo cual según la Norma E.030 es categorizado como “edificación Importante” el coeficiente de uso e importancia (U) para la presente edificación es igual a 1.3.

El sistema estructural a emplear e incluso existente, es en base a Elementos de Concreto Armado de 02 a 03 niveles, siendo la sobrecarga típica para este tipo de estructuras del orden de 300 Kg/m<sup>2</sup>

La Clasificación, para los fines de la determinación del programa Mínimo de exploración del EMS, de la Norma E-050, de acuerdo a la tabla N° 1, es tipificada como:

  
Jose Luis Neira Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624



TABLA 1 TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN (TABLA 6)					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS * (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS.		IV			

Los tipos de edificación I, II y III, designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo, siendo el I más exigente que el II y este que el III.

#### 4.2 DATOS GENERALES DE LA ZONA

Para la realización del estudio de suelos de la zona, las condiciones topográficas, evidencian efectos de Geodinámica externa, provenientes de las partes altas de Imperial, debido a lo cual es visible una segregación de los materiales, esto es causado por los efectos aluviales mencionados, este material se halla con densidades medias de acuerdo a la evaluación realizada (la evaluación de los suelos se han hecho a través de pozos de sondeo), el material subyacente está compuesto por un material normalmente consolidado.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

*Jose Luis Velazco*  
**Jose Luis Velazco**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

#### 4.3 DE LOS TERRENOS COLINDANTES

No existen en los terrenos colindantes grandes irregularidades como afloramientos rocosos, fallas, estratos erráticos, cavidades, etc.

Asimismo, se comprueba que no existen edificaciones cercanas que presenten anomalías como grietas o desplomes originados por el terreno de cimentación. De lo cual puede deducirse que el suelo es un material aceptable como terreno de fundación.

Sin embargo, por tratarse de la cimentación de una estructura ubicada en la del Círculo de fuego, toda esta zona es susceptible de sufrir cambios geológicos importantes, debido al proceso dinámico de interacción de las placas Sudamericana y Nazca, lo cual siempre debe tenerse en cuenta.

#### NUMERO "N" DE PUNTOS A INVESTIGAR

El número de sondajes a realizar se determina de acuerdo a la tabla N° 6; de la Norma E.050, el cual está en función del tipo de edificio y del área de la superficie a ocupar por este.

El número "n" de puntos a investigar, que se exige, de acuerdo al uso de la edificación es de 02 puntos. En nuestro caso se cumplió con lo normado ya que se realizó 02 pozos de sondeo, ubicados dentro de la superficie a ocupar por la futura estructura.

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

\* Dentro de esta categoría se incluyen las plantas de tratamiento de agua en la que se considera en lugar de área techada, el área en planta de la misma.  
*n* nunca será menor de 3.

Quando se conozca el emplazamiento exacto de la estructura, *n* se determina en función del área techada en planta del primer piso de la misma; cuando no se conozca dicho emplazamiento, *n* se determina en función del área total del terreno.

#### 4.4 TIPO DE MUESTRAS EXTRAIDAS

Para el presente estudio, se ha tomado en cada sondaje una muestra tipo **Mab** por estrato, hasta el plano de apoyo de la cimentación prevista **Df**, y a partir de esta se ha procedido a tomar una muestra tipo **Mib**, en la profundidad **p**.

### 5. EXPLORACION DE CAMPO

El programa de investigaciones geotécnicas consistió dentro del área de interés en excavación de calicatas con muestreo de suelos.

#### 5.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS

En cada calicata se realizó la inspección visual y el registro de excavación según la Norma ASTM D-488. Estos registros cuentan con la descripción de los perfiles estratigráficos en base a la inspección visual complementados y contrastados con los resultados de laboratorio. Se tomaron muestras disturbadas

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

de las excavaciones para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes, y para lo cual cada muestra fue identificada convenientemente y embalada en bolsas de polietileno siendo remitidas al laboratorio de mecánica de suelos.

## 5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron los trabajos de campo, conforme a las normas vigentes. En el laboratorio de Mecánica de suelos instalado en la ciudad de Ica, se seleccionaron las muestras típicas, se verificó la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar con ellas los ensayos (de laboratorio) que a continuación se mencionan:

- Contenido de Humedad NTP 339.127 - ASTM 2216
- Análisis granulométrico NTP 339.128 - ASTM D 422
- Peso específico NTP 339.131 - ASTM D 854
- Clasificación (SUCS) NTP 339.134 ASTM D 2487 y D 2488
- Clasificación ASSTHO NTP 339.134 - ASTM D 2487 y D 2488
- Limite Líquido y Plástico NTP 339.140 - ASTM D 4318
- Ensayo De Corte directo ASTM D 3080

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

Luego de obtenido los ensayos en laboratorio, adjunto al presente informe se contrastaron estos con las características de los suelos observados en el campo, habiéndose hecho las compatibilizaciones en los casos necesarios. Con estos resultados se procedió a elaborar el respectivo perfil estratigráfico.

El sistema de clasificación de suelos para este tipo de estudios es del método SUCS, (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, determinando de acuerdo con los diámetros comprendidos entre 3 plg a la malla N° 4 como gravas, los

diámetros comprendidos entre las mallas N° 4 y N° 200 como arenas y los diámetros menores a la malla N° 200 denominadas como limos y arcillas), por lo que, generalizando se obtuvo para el sector donde se ubicara la futura estructura el siguiente perfil estratigráfico:

**Primer estrato:**

Entre la profundidad de 0.00 a 0.30, en promedio encontramos rellenos limosos, de color beige claro, estado poco húmedo y contaminado con restos orgánicos. El estado de estos suelos es de poco denso.

**Segundo Estrato:**

Entre la profundidad de 0.30 a 2.00, encontramos Arenas limosas, poco plástica (SM) de color beige claro. Se trata de rellenos granulares compuestos por arenas limosas de grano medio y anguloso, estado poco húmedo. Se trata de depósitos de arenas limosas con abundante presencia de bolones de piedras de arista semiredondeadas de 5" de diámetro en promedio (depósitos cuaternarios de naturaleza predominantemente granular). El estado de estos suelos va de medio a poco denso en superficie (2.00 – 3.00 m.). No se encontró el nivel freático hasta la profundidad explorada

La descripción detallada del perfil encontrado en cada calicata realizada, se encuentra en los anexos: **cuadros de Perfiles Estratigráficos.**

La tabla 5.3, presenta un resumen de los resultados de los ensayos estándar.



**TABLA 5.3**  
**RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS**

SONDAJE	MUESTRA	PROF	GRANULOMETRIA		LIMITES %			C.H.	SUCS
			GRAVAS	FINOS	LL	LP	IP		
			C - 1	M - 2	2.00	-	15.52		
C - 2	M - 2	2.00	-	14.93	N.T.	N.P.	N.P.	4.71	SM

**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

Corresponden a los ensayos de corte directo, realizados en dos (02) muestras alteradas e inalteradas para estimar los parámetros resistentes de suelo a Nivel de cimentación, en los términos de cohesión y ángulo de fricción. Con estos resultados se procedió a elaborar el respectivo perfil estratigráfico. Dichos ensayos se rigen a la Norma NTP 339.171 (ASTM D 3080).

Los formatos de laboratorio de los ensayos de Corte directo, se presentan en el Anexo "Ensayos de corte directo".

En la siguiente Tabla 5.4, se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

**TABLA 5.4**

**RESUMEN DE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

Nº	SONDAJE	MUESTRA	Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Cohesion (kg/cm2)	Ø
1	1	M-2	SM	1.5	0.03	28.75
2	2	M-2	SM	1.5	0.02	27.86

**6. AGRESIVIDAD DEL SUELO**

Para el análisis de agresividad del suelo y la selección del tipo de ataque se ha basado en los rangos que da el ACI y la Norma Peruana E.30 para los distintos tipos de daños que se puedan apreciar en el concreto.

Se realizó el Análisis Físico Químico para la determinación del contenido de sales en muestras representativas obteniéndose los resultados siguientes:

CALICATA	PROFUNDIDAD	(p.p.m.) VALORES PROMEDIO		
		S.S.T.	SO4	CL
C - 1	0.00 – 2.00 m	131.80	40.00	42.10

En base a los resultados de laboratorio, la exposición del concreto a soluciones de sulfato se encuentra en el rango de Leve, según la Norma peruana E.30, en este sentido el tipo de cemento recomendable para la cimentación es el tipo I, el mismo que tiene resistencia al ataque de sulfatos; empleando una relación máxima de agua cemento en peso igual a 0.50.

**7. NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA**

Tanto a la profundidad de exploración como a la profundidad de sondaje, no se encontró el nivel freático.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

*Jose Luis Neira Velazco*  
**Jose Luis Neira Velazco**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

## 8. ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

Según la Norma E-030, la presión Admisible se efectuará tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) Profundidad de cimentación
- b) Dimensión de los elementos de cimentación
- c) Características físico mecánicas del suelo ubicado dentro de la zona activa de cimentación.
- d) Ubicación del nivel freático.
- e) Probable modificación de las características físico mecánicas de los suelos, como consecuencia de los cambios en el contenido de humedad.
- f) Asentamiento tolerable de la estructura.

Asimismo, de acuerdo a la misma Norma, la presión Admisible será la menor de la que se obtenga mediante:

- La aplicación de las ecuaciones de capacidad de carga por corte afectada por el factor de seguridad correspondiente.
- La presión que cause el asentamiento admisible.

Es necesario analizar el probable funcionamiento de la cimentación con respecto a dos tipos de problema: La primera es que una parte de la



cimentación o cualquiera de sus elementos puede fallar debido a que el suelo es incapaz de soportar la carga aplicada. Lo segundo es que, si bien el suelo puede no fallar, pero el asentamiento de la estructura puede ser tan grande o tan disperejo que la estructura puede agrietarse, dañarse o colapsar.

El primero es conocido como falla por capacidad de carga y el segundo falla por asentamiento diferencial. Teniendo en cuenta que la cimentación se realizara bajo un estrato granular, se requerirán investigaciones independientes para determinar el factor de seguridad contra una falla por capacidad de carga y la magnitud del probable asentamiento que podría producirse bajo la interacción de la estructura en servicio.

## 8.1 ANALISIS POR ASENTAMIENTO

En el presente caso al tratarse de un suelo granular, en el presente informe se ha realizado el análisis de la presión admisible del suelo por asentamiento y luego la verificación de este resultado por corte.

### 8.1.1 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

En la actualidad existen numerosos métodos de cálculo que pueden agruparse en la forma siguiente:

- a) Los derivados de la teoría de la consolidación unidimensional de Terzaghi, como el de Skempton-Bjerrum o de la teoría tridimensional de Biot.
- b) Los basados en la aplicación de trayectorias de tensiones a muestras representativas, como el de Lambe (1964), el de Ladd y Foote (1974). etc.
- c) Los que asimilan el terreno a un medio clásico, eventualmente no lineal o anisótropo, utilizando las numerosas soluciones ya existentes.
- d) Los que parten de ecuaciones constitutivas aproximadas del terreno (leyes tensión-deformación) aplicándolas a modelos matemáticos o de elementos finitos (por ejemplo, el modelo de Cambridge).

En el suelo a nivel de fundación al tratarse de suelos granulares se presentarán asentamientos instantáneos relativamente hablando. Los asentamientos a largo plazo pueden presentarse siempre en cuando bajo el bulbo de presiones se ubiquen capas compresibles de arcilla pura, lo cual no ha sido detectado en la presente evaluación, al tratarse el suelo en estudio de potentes capas de suelos granulares.

En este sentido se ha calculado el asentamiento inicial instantáneo bajo carga uniforme, y presión más crítica, utilizando la teoría elástica y empleando la ecuación de Schieicher (1926) ofrecida por Terzaghi (1945), sobre un espacio de boussinesq (método elástico).

Asientos			
Carga flexible			Carga rígida
• Esquina :	• Centro :	• Valor medio :	• Carga rígida :
$s = q \cdot b \cdot \frac{1-\nu^2}{E} \cdot I_p$	$s = 2 \cdot q \cdot b \cdot \frac{1-\nu^2}{E} \cdot I_p$	$s = s_{(centro)} \cdot 0.848$	$s = 93\% \cdot s_{(valor\ medio)}$

Siendo:

$$I_p = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ m \cdot \ln \left( \frac{(m^2 + 1)^{1/2} + 1}{m} \right) + \ln \left[ (m^2 + 1)^{1/2} + m \right] \right]$$

$$m = L / B$$

L : largo de la cimentación

B : ancho de la cimentación

Obteniéndose un valor de asentamiento de 1.85 cm., debajo de los cimientos, lo cual produce asentamientos diferenciales de 1.40 cm. lo cual es inferior al asentamiento permisible para el tipo de estructura que

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

se va a proyectar. Los valores del asentamiento obtenidos se exponen o presentan en la hoja de anexos: **Cálculo de Asentamientos**.

La Norma E.050 exige que se indique el valor del asentamiento diferencial admisible, lo cual se expone en el siguiente acápite.

#### **ASENTAMIENTO ADMISIBLE**

Una vez calculados los asentamientos, debe comprobarse si su magnitud absoluta o diferencial es inferior a unos valores límites prefijados. Estos valores límites, está en función del tipo de edificio y su estructura, así como la naturaleza del terreno y el tipo de movimiento, debiendo precisarse si el daño afecta al aspecto arquitectónico, funcional o estructural.

El asentamiento diferencial Admisible, resulta igual a 1.60 cm., de acuerdo a los asentamientos permisibles que señala la Norma E.050, en el que indica un valor de distorsión angular equivalente a 0.002. Asimismo, el valor indicado es compatible con los cuadros N° 1, N° 2, N° 3, y 4; de los autores Bjerrum (1963), Sowers (1962) y Meyerhof (1977).

**CUADRO N°1**  
**CRITERIOS DE PELIGROSIDAD RESPECTO A LA DISTORSIÓN ANGULAR**

	Distorsión angular $\beta = \delta s/L$			
	Sowers (1962)	Bjerrum (1963)	Normas Polacas	Meyerhof (1977)
Limite peligroso para estructuras isostaticas y muros de contención				1/100
Limite de seguridad para estructuras isostáticas y muros			1/100-1/200	
Limite peligroso para estructuras reticuladas de acero u hormigón y respecto al giro de estructuras rígidas elevadas.		1/300		1/150
Limite de seguridad para estructuras reticuladas y respecto al giro de estructuras rígidas.	1/400-1/250	1/600	1/200-1/300	1/250
Limite peligroso para tabiques de estructuras reticuladas.				
Limite de seguridad para tabiques de estructuras reticuladas		1/300	1/300-1/500	1/500
Limite peligroso para la flexión cóncava (-) de muros de carga				1/1.000
Limite de seguridad para la flexión cóncava de muros de carga	1/2.000 – 1/1.000			1/2.000
Limite peligroso para la flexión convexa de muros de carga				1/1.500
Limite de seguridad de muros de carga.				1/2.500
Estructuras de paneles prefabricados			1/500-1/700	

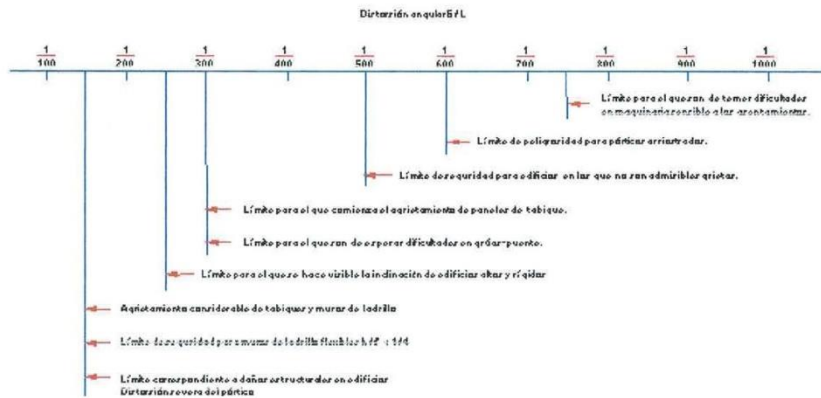
**Cuadro N°2. ASENTAMIENTO ADMISIBLE**

Tipo de movimiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	8-12 plg.
	Acceso	12-24 plg.
	Probabilidad de asentamiento no uniforme	
	Estructuras con muros de mampostería	1-2 plg.
	Estructuras reticulares	2-4 plg.
	Chimeneas, silos, placas	3-12plg.
Inclinación a gira	Estabilidad frente al vuelco	Depende de la altura y el ancho
	Inclinación de chimeneas, torres	0.004 z
	Rotadura de camiones, etc.	0.01 z
	Almacenamiento de mercancías	0.01 z
	Funcionamiento de máquinas-telares de algodón	0.003 z
	Funcionamiento de máquinas-turbogeneradores	0.0002 z
	Carriles de grúas	0.003 z
	Drenaje de saleras	0.01-0.02 z
Asentamiento diferencial	Muros de ladrillo continuos y elevados	0.0005-0.001 z
	Factoría de una planta, fisuración de muros de ladrillo	0.001-0.002 z
	Fisuración de revocos (yeso)	0.001 z
	Pánticlos de concreto armada	0.0025-0.004 z
	Pantallas de concreto armada	0.003 z
	Pánticlos metálicos continuos	0.002 z
	Pánticlos metálicos sencillos	0.005 z

Ref. (Sowers, 1962)

  
**Jose Luis Netra Velazco**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

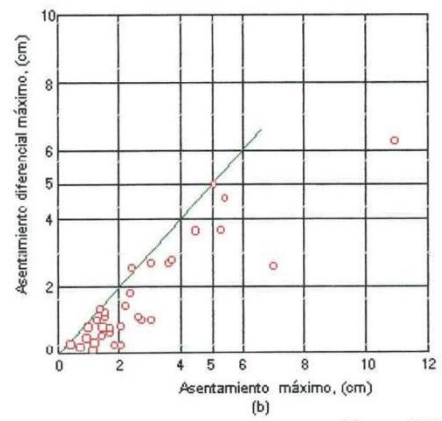
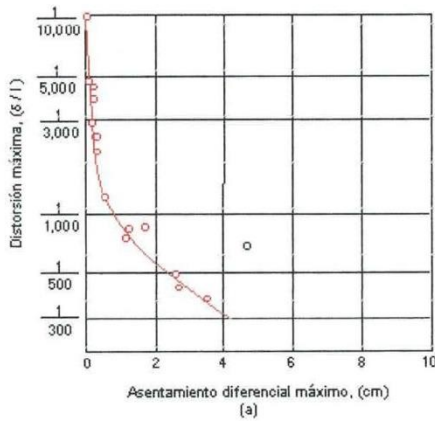
### Cuadro N° 3. CRITERIO DE DAÑOS EN ESTRUCTURAS



Ref. (Ejerrum, 1963)

### CUADRO N°4

### ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CIMENTADAS SOBRE ARENA



(Ejerrum, 1963)

EMS CON FINES DE CIMENTACION

*Jose Luis Velazco*  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

### Terminología utilizada por describir los movimientos

El asentamiento diferencial máximo de una estructura es la diferencia entre los asentamientos totales máximo y mínimo que ocurren en la estructura. El asentamiento total es la magnitud del desplazamiento de una zapata individual.

La magnitud del asentamiento total no constituye el factor más crítico, ya que es el asentamiento diferencial el que causa daño a la estructura.

Burland y Wroth (1974) han sistematizado los movimientos a considerar en un edificio y que se representan en la fig. 2.30.

Asentamiento máximo: es el mayor descenso sufrido por los cimientos de un edificio ( $S_{max}$ ).

Asiento diferencial: es la diferencia de asentamiento entre dos puntos  $\delta s$ .

Distorsión angular: es la relación entre el asiento diferencial entre dos puntos y la distancia que los separa  $\beta = \delta s/L$ . También se denomina giro relativo cuando el asiento diferencial se refiere a la distancia medida según la línea que define la inclinación general del edificio.

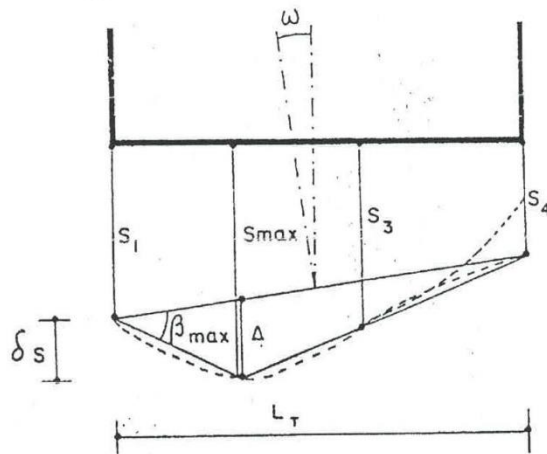


Fig. 2.30.—Definición geométrica de los movimientos de las cimentaciones.



## 8.2 CAPACIDAD DE CARGA POR ASENTAMIENTO

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación de  $D_f = 120$  cm. de acuerdo a las características impuestas por el terreno de fundación y la situación de la estructura existente, cimentada bajo un espesor importante del estrato de suelo bajo la zona de cimentación activa. Teniendo en cuenta que el Nivel Freático se encuentra a gran profundidad.

### Análisis considerando zapatas

La edificación a cimentar, una Estructura de concreto Armado de 2 niveles, apoyadas sobre Zapatas, para el presente análisis. En este sentido, se considera, un valor de **carga de 36 Tn.** por zapata, entonces para no exceder el valor de “ $q_a$ ” se requiere una zapata cargada de lado mayor a:  **$B = 1.73$  m.**, reemplazando estos datos en la ecuación siguiente se obtiene:

$$q_{adm} = \frac{(0.0864 N - 0.108)(B + 0.30)^2 * f_c * f_{NF} * f_\delta * f_{DF}}{B}$$

$$q_{adm} = 1.20 \text{ Kg/cm}^2$$

Asimismo verificamos esta Presión Admisible por Asentamiento, empleando los mismos datos, y reemplazando estos datos en la ecuación dadas por (Meyerhof, 1965):

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2$$

$$q_{adm} = 1.94 \text{ Kg/cm}^2$$

Además, reemplazando estos datos en la ecuación dadas por (Bowles, 1977)

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right) \left( \frac{S}{25.4} \right)$$

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
Jose Luis Neira Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624

$$Fd = 1 + 0.33 \frac{Df}{B} \leq 1.33$$

B = Base en metros

$N_{corr} = 17$

$$q_{adm} = 1.58 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

$q_{adm}$  = Presión Admisible por Asentamiento

N = Numero de golpes equivalente al ensayo estándar de penetración (corregido)

$F_E$  = factor de corrección por espesor de Estrato

$f_{NF}$  = factor de corrección debido al Nivel freático

$f_{DI}$  = factor de corrección por profundidad de la cimentación.

$f_{\delta}$  = factor de corrección por asentamiento admisible

**CUADRO DE PRESIONES ADMISIBLES POR ASENTAMIENTO  
CONSIDERANDO ZAPATAS**

ENSAYO N°	$q_{adm}$ Terzaghi	$q_{adm}$ Meyerhoff	$q_{adm}$ Bowles	Clasif. SUCS	$N_{corr}$	Df m.
ponderado	1.20 Kg/cm <sup>2</sup>	1.94 Kg/cm <sup>2</sup>	1.58 Kg/cm <sup>2</sup>	SM	17	1.20

  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

EMS CON FINES DE CIMENTACION



Los factores de corrección:  $F_E$ ,  $f_{NE}$ ,  $f_{DE}$ ,  $f_{\delta}$ ; que se exponen en la memoria de cálculo, fueron obtenidos con los datos ya mencionados, cabe señalar que las carga indicadas, pueden ser ajustadas, una vez conocidas las dimensiones exactas de la estructura a cimentar.

  
Jose Luis Neira Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624

### 8.3 CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, encontramos los siguientes datos para determinar la resistencia admisible del terreno en estudio:

CALICATA N°	$\phi$	Nq	N $\gamma$	$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup>	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>r</sub>	SUCS
1	27.86	10.10	6.59	1.57	0.02	17	SM

En base a la correlación con los resultados del ensayo de corte directo obtenidos y empleando las expresiones siguientes validamos el valor de N para el presente proyecto, lo cual es compatible con el ensayo de corte Directo realizado.

$$\phi = 27.1 + 0.3 N_{\text{corregido}} - 0.00054 N_{\text{corregido}}^2 \quad (\text{Peck, Hanson y Thornburn, 1974})$$

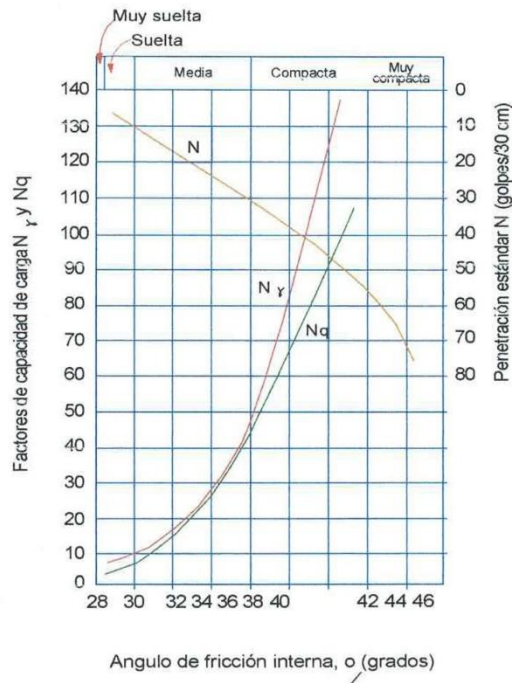
$$\phi = (20 N_{\text{corregido}})^{1/2} + 20 \quad (\text{hanataka y Uchida, 1996})$$

El Valor de "N", se ha calculado con los factores de corrección correspondientes.

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación mínima de Df = 1.20 m. para el caso de considerar zapatas para el análisis, de acuerdo a las condiciones impuestas por las características mecánicas del perfil en estudio.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

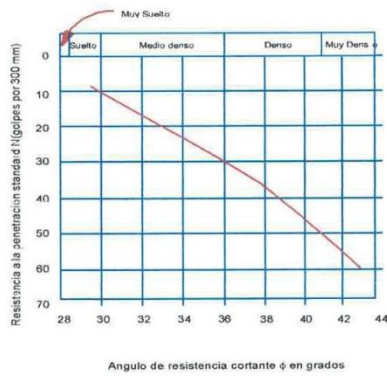
  
Jose Luis Neira Velazco  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173624



CUADRO N° 5.

Factores de capacidad de carga teniendo en cuenta la falla local

Ref. (Peck, Hansen y Thornburn, 1953)



CUADRO N° 6.

Correlación de Angulo de Fricción y el N(SPT)

EMS CON FINES DE CIMENTACION

*Jose Luis Netra Velazco*  
**Jose Luis Netra Velazco**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

Ref. (Peck, Hanson y Thorburn, 1974)

### Análisis para Zapatas:

Al considera para el análisis una estructura de 02 a 03 niveles, apoyada sobre zapatas cuadradas, estos ejercen aproximadamente una carga de 36 Tn por zapata, entonces para no exceder el valor de "Qadm" se necesita una franja cargada mayor a B = 1.85 m. (de lado como mínimo); reemplazando en la ecuación (φ) se obtiene, de acuerdo a las ecuaciones de capacidad de carga del suelo bajo zapatas cuadradas, dadas por K. Terzaghi y R. Peck:

$$Q_d = 1.2CN_c S_c b_c i_c + \gamma D_f N_q S_q b_q i_q + 0.4 \gamma B N_\gamma S_\gamma b_\gamma i_\gamma \quad (\varphi)$$

Para cimentaciones no continuas (es decir para L menor que 5B) se emplean los siguientes factores de forma en la ecuación (φ):

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Para cargas inclinadas se deben utilizar los siguientes factores de inclinación en la ecuación (φ):

$$i_c = i_q - \left( \frac{1 - i_q}{N_c \tan \phi} \right) \quad \text{Para } \phi > 0^\circ$$

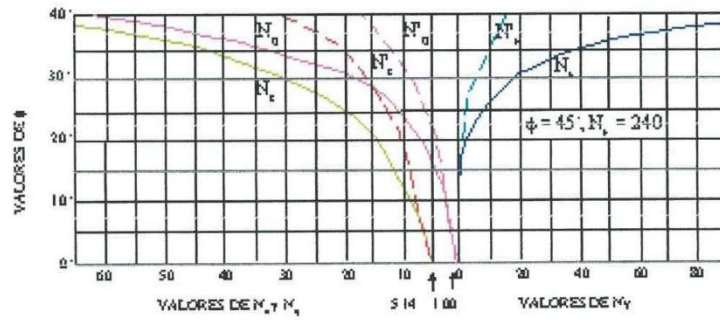
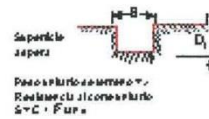
$$i_q = \left( 1 - \frac{P}{Q + BLC \cos \phi} \right)^n$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{P}{Q + BLC \cot \phi} \right)^{n+1}$$

En general no se recomienda utilizar cimentaciones con base inclinada. Donde estas sean necesarias, los siguientes factores deben ser aplicados a la ecuación ( $\phi$ ):

$$bq = b\gamma = (1 - \alpha \tan \phi)^2$$

$$bc = b\gamma - \frac{1 - b\gamma}{N \tan \phi} \quad \text{Para } \phi > 0^\circ$$



CARTA MOSTRANDO LA RELACIÓN ENTRE  $\phi$  Y FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

Reemplazando en ( $\phi$ ):

$$Q_d = 3.15 \text{ Kg/cm}^2$$

Luego, la capacidad de carga por corte es:

$$Q_a = 1.05 \text{ Kg/cm}^2$$

EMS CON FINES DE CIMENTACION

*Jose Luis Neira Velazco*  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624

Luego, la capacidad de carga por corte para los diferentes sondajes realizados, se encuentra tabulada en el siguiente cuadro:

**CUADRO DE PRESIONES ADMISIBLES POR CORTE.  
CONSIDERANDO ZAPATAS CUADRADAS**

ENSAYO N°	Factor De seguridad	$q_{ultimo}$ Terzaghi	$q_{adm}$	Clasif. SUCS	$N_{corr}$	Df
ponderado	3	3.15 Kg/cm <sup>2</sup>	1.05 Kg/cm <sup>2</sup>	SM	17	1.20

El Factor de seguridad contra falla por capacidad de carga debe ser mayor o igual a 3, de acuerdo a la norma E.030 (cargas estáticas). Con el objetivo de:

- Prevenir las variaciones naturales de la resistencia al corte de los suelos.
- Prevenir contra la probable disminución local en la capacidad de carga durante el proceso constructivo.
- Prevenir asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
- Incertidumbres implicadas en los métodos o fórmulas para la determinación de la carga última de falla.
- Tener en cuenta variaciones en la capacidad de apoyo con los cambios en las dimensiones de la cimentación, de acuerdo con las cargas a transmitir.

EMS CON FINES DE CIMENTACION

  
 Jose Luis Neira Velazco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173624