

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL -  
SEDE JAÉN**



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA  
VIVIENDA AUTOCONSTRUIDA EL AÑO 2012, SECTOR CAMINO  
REAL II, CALLE TRES MARÍAS-PROVINCIA DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

*Presentado por:*

**BACHILLER: VERA GONZÁLES ROXANA YSABEL**

**ASESOR: M.Cs. Ing. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS**

**Jaén – Cajamarca – Perú**

**2017**

## **AGRADECIMIENTO**

- ✓ A Dios por existir, darme la vida, la esperanza y por permitirme realizar este trabajo.
- ✓ A mis padres: Néstor Vera Bazán Y Reina Gonzales Silva por su apoyo incondicional siempre.
- ✓ A mis Hermanos: Manuel, Hilmer Y Francisco; a mis Hermanas: Eulalia Y Carmen por animarme siempre que siga con esta investigación.
- ✓ A mi asesor: Ing. Mauro Centurión Vargas por su valorable ayuda y aporte en el desarrollo de esta investigación.

**EL AUTOR**

## DEDICATORIA

A mi hijo **Roy Carlos Judá Berrocal Vera**;  
por qué es lo más valioso que dios me  
pudo regalar.

A mis queridos padres: por su sacrificio,  
apoyo y amor que me dieron en cada  
etapa de mi vida para lograr mis metas.

A mis hermanos por su amor, apoyo y  
comprensión que me brindan a lo largo  
de la vida.

A mi asesor, **MAURO CENTURION  
VARGAS** por su valorable ayuda y  
colaboración en el desarrollo de esta  
investigación.

*“El camino de los justos es como la primera luz del amanecer, que brilla cada vez más hasta que el día alcanza todo su esplendor”.*

**Proverbios 4.18**

## CONTENIDO

	Páginas
Agradecimiento.....	I
Dedicatoria.....	II
Contenido.....	III
Índice de Tablas.....	V
Índice de Figuras.....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	10
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	15
Datos Generales.....	15
2.1 Antecedentes Teóricos.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	18
2.3 Definición de Términos Básicos.....	46
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.....	48
3.1 Ubicación geográfica.....	48
3.2 Materiales y Equipos.....	48
3.3 Tipo de Investigación.....	48
3.4 Métodos.....	49
3.5 Topografía y Tipo de Suelo.....	49
3.6 Napa Freática.....	49
3.7 Temperatura, Evaporación y Viento.....	49
3.5 Consideraciones Estructurales .....	49
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
4.1 Estructura.....	52
4.2 Normas y Códigos de Diseño.....	52
4.3 Configuración Estructural.....	53
4.4 Modelamiento Estructural.....	53
4.5 Parámetros de Diseño.....	58

4.6 Combinación de Cargas.....	61
4.7 Análisis Estructural.....	62
4.8 Análisis Dinámico Modal Espectral.....	64
4.9 Análisis de Losas Aligeradas.....	75
4.10 Cimentaciones.....	80
4.11 Análisis de Albañilería.....	83
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1 CONCLUSIONES	
5.2 RECOMENDACIONES.....	86
LINEAS FUTURAS.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 1: Fuerzas internas en Columnas de un Muro Confinado.....	30
Tabla 2: Factores de Zonificación.....	43
Tabla 3: Clasificación de los perfiles de suelo.....	46
Tabla 4: Factor de Zona(Z).....	59
Tabla 5: Factor de Amplificación del suelo (S).....	59
Tabla 6: Periodos $T_p$ y $T_I$ .....	60
Tabla 7: Factor de Uso.....	60
Tabla 8: Coeficientes ACI de Reducción.....	61
Tabla 9: Parámetros de espectro Seudo Aceleración.....	65
Tabla 10: Espectro de Seudo Aceleración.....	65
Tabla 11: Factores de Participación Modal(a).....	66
Tabla 11: Factores de Participación Modal(b).....	67
Tabla 12: Tabla de Periodos y Frecuencias.....	67
Tabla 13: Tabla de Cargas Modales.....	68
Tabla 14: Tabla de Cortantes Dinámicas.....	68
Tabla 15: Tabla de verificación de cortantes Estática y Dinámicas) .....	69
Tabla 16: Tabla de límites de distorsión permisibles.....	71
Tabla 17: Tabla de Derivas Según NTE: E-030.....	74
Tabla 18: Tabla verificación de esfuerzos en viguetas.....	79
Tabla 19: Tabla Propiedades mecánicas de los suelos.....	80

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
Figura 01: Configuración de un Muro de Albañilería Confinada.....	21
Figura 02: Falla de Corte por Deslizamiento.....	21
Figura 03: Falla por Aplastamiento por compresión diagonal.....	22
Figura 04: Vista Panorámica de Vivienda analizada.....	22
Figura 05: Colapso de una vivienda autoconstruida.....	25
Figura 06: Carga Axial en la Albañilería por unidad de Longitud.....	25
Figura 07: Refuerzo Horizontal continuo anclado en columnas de Muro.....	26
Figura 08: Aislamiento de alféizar y de tabique discontinuo verticalmente.....	27
Figura 09: Fuerzas Internas de Muro Confinado un Solo Paño y en Voladizo.	29
Figura 10: Ilustración de algunos parámetros que intervienen en la tabla 01..	30
Figura 11: Daños por Tracción diagonal en muros de mampostería.....	31
Figura 12: Tipo de fallas en el muro Portante.....	32
Figura 13: Proceso constructivo de un sistema aporticado.....	33
Figura 14: Proceso constructivo de un sistema Dual.....	34
Figura 15: Tipos de Fallamiento.....	34
Figura 16: Incidencias de Sismos en el Perú.....	36
Figura 17: Vivienda Colapsada por el Terremoto de Pisco PERÚ 2007.....	39
Figura 18: Zonas Sísmicas en el Perú.....	43
Figura 19: Mapa de la Provincia de Jaén Google Maps.....	48
Figura 20: Modelo Estructural adoptado en el Software.....	54
Figura 21: Asignación de Reacciones en la Base para el Análisis.....	54
Figura 22: Asignación de Diafragmas Rígidos en Losas Aligeradas.....	55
Figura 23: Configuración de Brazos rígidos para el Análisis.....	57
Figura 24: Asignación de Brazos Rígidos en el Modelo.....	57
Figura 25: Desplazamientos en la Dirección X-X.....	70
Figura 26: Desplazamientos en la Dirección Y-Y.....	70

Figura 27: Detalles de Losa Aligerada.....	75
Figura 28: Modelamiento de la Losa del Primer Nivel en Safe.....	76
Figura 29: Evaluación de los momentos positivos de Losa del 1° Nivel en Safe.	78
Figura 30: Evaluación de los momentos Negativos de Losa del 1° Nivel en Safe.	78
Figura 31: Geometría de la Cimentación de la estructura en estudio.....	81
Figura 32: Presiones en la Cimentación por Cargas de Servicio.....	82
Figura 33: Presiones en la Cimentación por Cargas de Sismo.....	82
Figura 34: Visibilidad Muros para Análisis de Estabilidad.....	83

## RESUMEN

La Evaluación Del Comportamiento Estructural De La Vivienda Autoconstruida En El Año 2012, Se realizó cumpliendo con La Norma Técnica E – 030 (Sismo Resistente), Norma Técnica E-060 (Concreto Armado), Norma Técnica E-070 (Albañilería), Norma Técnica E – 020 (Cargas) y la Norma Técnica E – 050 (Suelos y Cimentaciones)

El análisis estructural se realizó con los Software: Etaps, Safe, siendo indispensable considerar el tipo de suelo a nivel freático establecido en el ensayo de laboratorio y cargas que puedan producirse sobre la estructura debido al Análisis Dinámico Modal Espectral en la que se evaluó las condiciones de cimentación, vigas, columnas y losas aligeradas.

Obteniendo los siguientes resultados: la cortante basal dinámica en el eje X – X es de 193.76Tn y en la dirección Y – Y es de 220.05Tn y, la cortante basal estática es de 242. 513Tn, concluyendo que en el eje X – X, no cumple con el paramento de  $V_{din} = 80\% < V_{est}$ . que exige la Norma Técnica E - 030.

En cuanto a la asignación de acero en la estructura tanto en los elementos de soporte como en las losas, éste no concuerda con lo establecido y calculado en esta investigación, por lo cual se sugiere no construir los niveles siguientes.

**Palabras clave:** Albañilería; Vigas, columnas, losas, zapatas; cálculo estructural; pre dimensionamiento, metrado, análisis estático y dinámico, Etabs.

## ABSTRACT

The assessment of the structural behavior of the housing constructed in the year 2012, was carried out in compliance with the Technical Standard E - 030 (Earthquake Resistant), Technical Standard E-060 (Concrete), Technical Standard E-070 (masonry), Technical Standard E - 020 ( Loads) and the Technical Standard E - 050 (Soils and Foundations).

The structural analysis was performed with the Software: tabs, Safe, being essential to consider the type of soil to groundwater level established in the laboratory test and loads that may occur on the structure due to the dynamic modal spectral analysis which evaluated the conditions of foundations, beams, columns and slabs aligeradas.

Obtaining the following results: the basal shear in the X-axis dynamics -  $193.76x$  is of  $T_n$  and in the Y direction - and is  $220.05T_n$ , and the basal shear static is  $242.513t_n$ , concluding that on the X-axis - X, does not comply with the adornment of  $V_{din} = 80\% < V_{est}$ . That requires the Technical Standard E - 030.

With regard to the allocation of steel in the structure in both the support elements as in the slabs, this is not in line with what is established and calculated in this research, for which it is suggested not to build the following levels.

**Keywords:** Masonry, Beams, columns, slabs, zapatas (Thick Plates); structural calculation; pre sizing, metric, static and dynamic analysis, Etabs.

## **CAPÍTULO I:**

### **INTRODUCCIÓN**

Las construcciones en el Perú cada año han ido en auge.

Este crecimiento no es ajeno a la ciudad de Jaén y también esto explica el crecimiento territorial de esta ciudad. Sin embargo, este incremento de las construcciones no es controlada, originando el proceso de construcciones informales, en las cuales se detectan una serie de errores técnicos en los diseños arquitectónicos, estructurales y en procesos constructivos.

Este tipo de construcciones se ha vuelto tradicional en diversos sectores de Jaén, hasta la actualidad no se conoce algún estudio que se haya realizado para evaluar su resistencia estructural en un evento sísmico considerable.

Las edificaciones tienen como objetivo principal el de cobijar a las familias, sin embargo si no se tiene en cuenta que sea lo suficientemente segura estructuralmente, se convierte en una amenaza para los habitantes, es así la importancia de saber cuál es el comportamiento estructural, de una vivienda autoconstruida.

Las estructuras deben resistir en el rango elástico, todos aquellos sismos de intensidad reducida que ocurran durante la vida útil.

Las estructuras deben resistir, en el rango no lineal, un sismo severo que ocurra una sola vez durante su vida útil. Se admiten daños significativos en elementos estructurales, aunque no el colapso de la estructura.

El nivel permitido de daños depende de la importancia de la edificación según **NTE: E-030 Tabla 04**

Debido estas condiciones mencionadas se ha formulado el siguiente problema.

**Problema:** ¿Cuál es el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida en el año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías en la Provincia de Jaén?

Fundamentando la hipótesis siguiente.

- **Hipótesis General:** Las edificaciones autoconstruidas en la ciudad de Jaén, no cumplen con las exigencias de la norma E-030.
- **Justificación:** Esta investigación nos ayudara a los ingenieros civiles tener datos más acertados acerca de las viviendas autoconstruidas y de esta manera aportar con soluciones más coherentes a las entidades encargadas de regular esta informalidad y concientizar con más éxito a la población.
- **Los alcances:** La presente investigación se realizará en la provincia de Jaén, pretendiendo realizar una evaluación y comparación estructural de una Vivienda autoconstruida en el año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías en la Provincia de Jaén; que actualmente se encuentran en ejecución. Con el estudio en ésta tesis nos permitirá determinar los esfuerzos permisibles en los elementos estructurales y verificar y los desplazamientos máximos de la edificación.
- **Las Limitaciones:** Para la presente tesis limitaremos el diseño y análisis justificado para la estructura según lo establece la Norma Técnica E-030, ya que en éste estudio solo se evaluará el comportamiento estructural de la vivienda ya construida mas no se tratará de verificar el acero para su posible reforzamiento ya que corresponderá a otro estudio muy independiente del análisis que se realice para la superestructura.

En el análisis estructural no se considerará el análisis dinámico tiempo – Historia ya que la Norma Técnica E-030 de nuestro país en su **Capítulo 4 (4.7)** de Análisis dinámico Tiempo- Historia, indica que: El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6. (Análisis Estático- Análisis Dinámico modal respectivamente).

**Objetivo General:** El objetivo general de ésta tesis es evaluar el Comportamiento estructural de una Vivienda autoconstruida en el año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías en la Provincia de Jaén, para ello se deberán realizar los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Determinar las cargas actuantes que afectan al diseño de una Vivienda autoconstruida, a través del análisis estático y dinámico.
- ✓ Realizar en Etabs y safe programas de cálculo estructural, la modelación estructural de la vivienda para evaluar su comportamiento.
- ✓ Determinar las deficiencias estructurales de la vivienda autoconstruida.

**Definición de Variables:**

**Variable dependiente:** Comportamiento estructural de una Vivienda autoconstruida en el año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías en la Provincia de Jaén.

**Variables Independientes:** Incluiremos en estas variables a las cargas estática y Dinámicas, así como los cálculos obtenidos después del análisis estructural con el software Etabs y Safe.

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	
TIPO DE VARIABLE	VARIABLES		INDICADORES	INDICE
DEPENDIENTE	Comportamiento Estructural de la vivienda autoconstruida.	Manera cómo reacciona la estructura ante la acción de una fuerza sísmica de determinada magnitud.	Resistencia frente a la carga de sismo.	Aceleración sísmica y parámetros geométricos de la vivienda autoconstruida.

INDEPENDIENTE	Cargas estáticas y dinámicas	<p><b><u>Cargas Estáticas:</u></b></p> <p>- <b>Carga Muerta</b> o <b>Carga Permanente</b> o <b>Peso Muerto:</b> Es el peso de los materiales soportados por la edificación, incluyendo su peso propio.</p> <p>- <b>Carga Viva:</b> Es el peso de todos los elementos móviles soportados por la edificación.</p> <p><b><u>Carga Dinámica:</u></b></p> <p>-<b>Carga de Sismo:</b> Fuerza evaluada según la Norma de Diseño Sismo - Resistente del RNC. Para estimar la acción sísmica sobre una estructura.</p>	Cálculos estructurales.	Tn.
	Resultados de modelación con los programas Etabs y Safe	Son parámetros de salida los programas Etabs y Safe alimentado con los datos proporcionados de la Norma E-030.	Programas computacionales Etabs y Safe	-

La presente investigación para esta tesis se ha organizado de la siguiente manera: **Capítulo I** Introducción, constituido por el contexto y el problema, la hipótesis, la justificación, los alcances de la investigación y los objetivos; **Capítulo II** Marco Teórico, constituido por los datos generales antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y Definición de Términos Básicos; **Capítulo III** Materiales y Métodos, constituido por el Procedimiento y el Tratamiento y análisis de los datos y presentación de resultados; **Capítulo IV** Análisis y discusión de resultados, donde se describe, se explica y se discute los resultados; **Capítulo V** Conclusiones, recomendaciones, líneas futuras y anexos.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEORICO**

#### **Datos Generales.**

A las 6:41 p.m. del 15 de agosto de 2007, el suelo comenzó a moverse y no paró por tres minutos. La ciudad de Pisco fue sacudida por un terremoto de 7.9 grados. El sismo presentó una ruptura muy compleja, presentando dos picos de máxima intensidad, separados por 50 segundos, dando la impresión de que fueron dos sismos. La información de que dos sismos, de 7.7 el primero y 7.5 el segundo (dada por el entonces presidente A. García), es completamente errónea. La información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú, en los primeros 10 min de ocurrido el sismo, fue de un sismo de magnitud 7.0 en la escala de Richter; sin embargo, la información proveniente del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), indicaba preliminarmente un sismo de 7.7 Mw, luego subió la cifra a 7.9 para finalmente, luego de muchos estudios, fijar en 8.0 en la escala Magnitud Momento (Mw), la magnitud final del sismo, magnitud aceptada por el Instituto Geofísico del Perú.<sup>1</sup> (fuente RPP NOTICIAS)

El terremoto dejó 595 muertos, 2291 heridos, 76 000 viviendas totalmente destruidas e inhabitables y 431 000 personas resultaron afectadas.<sup>1</sup> (fuente RPP NOTICIAS)

Es por ello que cuando un Ingeniero Civil al diseñar una vivienda realiza los cálculos necesarios para asegurar la estabilidad de la estructura frente a cargas y fuerzas externas, una vivienda debe ser resistente al peso propio y el de las personas y muebles, pero el principal esfuerzo que debe soportar es el de un Sismo, si bien el peso produce un esfuerzo vertical el sismo produce un esfuerzo horizontal, el cual es más severo con las estructuras y si estas no están correctamente diseñadas podría sufrir un colapso.

Sin embargo, los maestros albañiles por más experiencia que tengan no son capaces de realizar un diseño estructural, y lamentablemente reciben la responsabilidad de diseñar las estructuras y construirlos, ellos son muy buenos levantando un muro, construyendo una columna o una viga, pero no saben porque deben llevar cierta cantidad de fierros.

En muchos casos los albañiles construyen sin planos, ellos en su afán de asegurarse sobredimensionan las estructuras, colocan más fierros de lo necesario en vigas y columnas, y muchas veces incluso terminan colocando menos de lo necesario. Una frase común es que ya han construido muchas casas y ninguna se ha caído, eso al parecer es más que suficiente para que confíen en su trabajo y sigan construyendo más y más viviendas ya sin necesidad de planos y diseños previos. A la larga lo barato sale caro, incluso se paga con la propia vida.

## **2.1 Antecedentes teóricos.**

### **2.1.1 Nacionales.**

A continuación, resaltamos los estudios más importantes que están relacionados al tema de tesis:

**a) Laucata, J. (Lima, junio del 2013).** En su tesis para optar por Ingeniero Civil: “Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo”; su estudio logró determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada, a través de un análisis donde se estudian características técnicas, errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas informalmente. En este trabajo se concluyó que los escasos recursos económicos generan construcciones sin asesoramiento técnico y con materiales de baja calidad dando lugar a zonas vulnerables en casos de sismos.

**b) Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno y el Ing. Sabino Nicola Tarque Ruíz,** en su tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil: “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana” (Lima, junio 2005), realizaron un estudio sobre los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de 270 vivienda construidas informalmente en 5 ciudades de la costa del Perú.

El estudio lo realizaron recolectando información sobre las construcciones informales se encuestaron un total de 270 viviendas ubicadas en Chiclayo (30), Trujillo (30), Lima (150), Ica (30) y Arequipa (30). Las tareas de recolección de información en campo se realizaron en fichas de encuesta por alumnos de la PUCP. Después la información recogida fue procesada en fichas de reporte donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico

de las viviendas encuestadas. Luego, con la información obtenida se elaboró una base de datos para clasificar los principales defectos de las viviendas analizadas. Concluyendo entre otras que:

La mayoría de las viviendas de albañilería de arcilla de la costa peruana son construidas informalmente. Es decir, que son construidas por los mismos pobladores, albañiles o maestros de obras.

La adecuada configuración estructural de las viviendas permite disminuir en gran medida su vulnerabilidad sísmica. La mayoría de las viviendas informales de la costa son vulnerables por tener deficiente configuración estructural.

**c) El Instituto de investigación, en su edición especial:** “boletín de investigación (dedicado al autoconstrucción de viviendas)”, edición especial (Lima, enero 2011). en sus investigaciones realizado por diferentes bachilleres inmersos en temas ingenieriles tenemos:

- ✓ **La Bach. Ing. Nilda Tinoco Yurivilca:** en su investigación; “Problemas en viviendas autoconstruidas en el distrito de Ate”, para realizar su estudio de evaluación del lugar y de la configuración de las viviendas está basada en la Guía de Resistencia Sísmica de Vivienda Autoconstruidas, desarrollada por IAEE (Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica) y NICEE (Centro de Información Nacional de Ingeniería Sísmica) – 2004; en la que concluyo que respecto a las proporciones que deben tener el ancho frente al largo de la estructura, se encontró que una de ellas no cumple con la proporción recomendada, por tanto no se podría predecir el comportamiento real en casos de sismos.
- ✓ **Bach. En C., mención Ingeniería Civil. Antony R. De La Cruz Díaz,** en su investigación: “Evaluación De Los Procedimientos Constructivos Y El Uso Inadecuado De Materiales En Las Viviendas Autoconstruidas”, realizo su estudio apoyándose en hojas de campo donde se detalla la descripción de los problemas encontrados y sus posibles causas que origino estos errores cometidos en la construcción y en la que concluyo que Según las evaluaciones realizadas se encontró un cierto desconocimiento por parte de sus propietarios, de la importancia que tiene la planificación previa

antes de construir sus viviendas, es por ello la presencia de viviendas mal ubicadas y la existencia de una mala distribución de los ambientes de la vivienda según la cantidad de sus habitantes.

### **2.1.2 Locales**

**Darwin Lee Shaquihuanga Ayala**, (Jaén – Noviembre 2014 ), en su Tesis para obtener el título de ingeniero civil: “Evaluación Del Estado Actual De Los Muros De Albañilería Confinada En Las Viviendas Del Sector Fila Alta – Jaén” en su investigación utilizó formatos de evaluación en el cual se registró las deficiencias técnicas como son: selección del tipo de unidades de albañilería, espesor de junta de albañilería, trabado de unidades, unión muro-techo, unión muro-columna y patologías como: grietas en muros, eflorescencia, humedad. Se registró que el 100% de unidades de albañilería utilizadas eran del tipo artesanal, el 88% de muros tenían problemas de espesores de junta mayor a 1,5 cm, el 19% de muros estudiados están desplomados. En el caso de patologías se determinó que el 15,28% de muros estudiados tiene problemas con grietas, el 37,5 % presenta fallas por eflorescencia y humedad. Tanto las deficiencias técnicas y patologías se deben a la falta de asesoramiento de un profesional calificado (Ingeniero, arquitecto, etc.), para que realice el seguimiento de la construcción de su vivienda.

## **2.2 Bases Teóricas.**

### **2.2.1 Análisis y Diseño Estructural de Viviendas.**

Las viviendas con un sistema de albañilería armada o confinada son muy frecuentes en nuestro país debido a su menor costo de sus materiales; pero éstas estructuras tendrán un perfecto funcionamiento, cuando sean diseñadas por un especialista capacitado, el ingeniero civil.

Al proponer la geometría de una vivienda se deberá considerar el aspecto estético. Las viviendas de albañilería se componen de dos partes principales: en los muros de albañilería y las columnas y vigas de confinamiento y soporte.

Los materiales más empleados en la construcción de éstas viviendas, son el concreto, unidades de arcilla y el acero estructural. Las viviendas pueden ser regulares o irregulares, dependiendo a su arquitectura.

La altura de la estructura para viviendas de albañilería, la Norma Técnica E-030 de sismo resistente de nuestro país indica que tendrá una altura no mayor a los 5 pisos medida inferior a los 15 m. de altura. El diseño estructural de un de estas viviendas dependerán de la siguiente información:

- ✓ Proyecto funcional de la vivienda, donde este diseñada correctamente por el arquitecto, cumpliendo todos los requisitos de norma y tenga una buena perspectiva para ser evaluada estructuralmente.
- ✓ La ubicación del predio donde será construido con las áreas de servicio y límites del terreno, incluyendo el plano topográfico con curvas de nivel.
- ✓ Estudio de mecánica de suelos con las recomendaciones y criterios de diseño de la cimentación, tipo de cimentación, nivel de desplante, capacidad de carga, nivel freático, asentamientos totales y diferenciales y, en el caso de cimentaciones profundas también debe conocerse el tipo de pilote, longitud y la capacidad de carga.
- ✓ Estudios de agresividad de suelos para la cimentación y la protección a las tuberías.

#### **2.2.1.1 Sistema Estructural de Albañilería Confinada.**

La albañilería confinada es una técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda con elementos de concreto armado en todo su perímetro. En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, entre otros elementos.

En este tipo de edificación primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y, finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas.

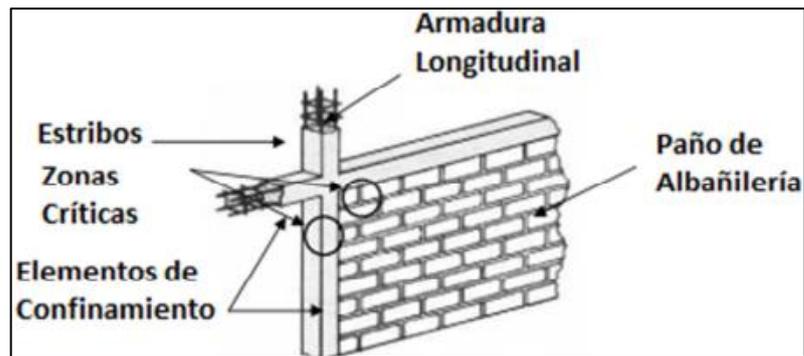
##### **a) Características del Sistema de Albañilería Confinada**

Según Gallegos (1987), los muros de albañilería sin refuerzo presentan importantes limitaciones para resistir acciones sísmicas debido a la baja capacidad de la albañilería para resistir tracciones y sufre un comportamiento frágil una vez que se produce el agrietamiento. Dadas estas

características de la albañilería sin refuerzo, es necesario reforzar los muros y una forma de hacerlo es por medio de elementos esbeltos de concreto armado (columnas y vigas) que confinan el paño de albañilería y que deben cumplir con los requisitos establecidos por las normas de diseño y cálculo de estructuras de albañilería. El confinamiento se logra en la medida que las columnas y vigas enmarquen completamente el paño de albañilería proporcionándole ante acciones contenidas en el plano del muro capacidad de deformación lateral y de disipación de energía una vez que se agrieta el paño. Para lograr el confinamiento, se deben cumplir con los detalles siguientes:

- ✓ El paño de albañilería se debe construir en primer lugar, dejando sus bordes verticales “endentados”, para luego colocar el concreto de los elementos de confinamiento.
- ✓ Los elementos de confinamiento no deben interrumpirse.
- ✓ Los paños de albañilería deben tener una forma aproximadamente cuadrada, debiéndose colocar pilares de confinamiento intermedios si es necesario.
- ✓ Los paños de albañilería no deben presentar fallas de aplastamiento por compresión. Por tal motivo, se recomienda el uso de unidades macizas o perforadas con un porcentaje reducido de perforaciones, menor que un 30%.

El comportamiento de un muro de albañilería confinada depende de la calidad de la albañilería, de las dimensiones y de la cuantía de refuerzo de los elementos de confinamiento, de trabajo conjunto que se logre entre el paño de albañilería y los elementos de confinamiento, de la esbeltez del muro y de la existencia de armadura horizontal en el paño de albañilería. Las armaduras de refuerzo de los elementos de confinamiento deben resistir tanto las tracciones que producen los momentos de flexión debido a las acciones que actúan en el plano del muro como los esfuerzos de flexión y corte que producen las cargas perpendiculares al plano del muro. Además, es necesaria una mayor concentración de estribos en las zonas por donde se tiende a propagar el agrietamiento del paño, zonas críticas (**fig. 01**), para evitar que la grieta atraviese las columnas o la viga del muro y se produzca una rotulación en los elementos de confinamiento.



*Fig. N° 01: Configuración de un muro de albañilería confinada.*

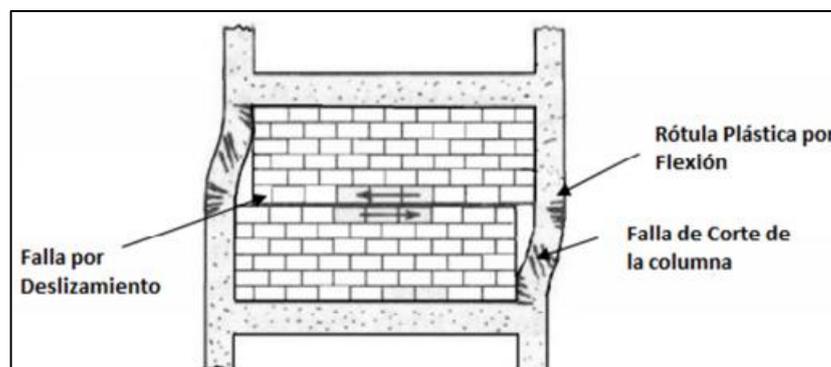
*(Gallegos, 1989)*

Los modos de fallas que pueden presentar este tipo de muros son los siguientes:

**Falla por flexión:** Este modo de falla se puede presentar en muros esbeltos, cuando se generan tracciones importantes en las columnas de confinamiento, produciéndose la fluencia de las armaduras longitudinales y una falla de compresión por flexión en el talón comprimido del muro. <sup>2</sup> (GALLEGOS, 1989).

**Falla de corte por deslizamiento:** Este modo de falla se produce por un deslizamiento a lo largo de la junta horizontal de mortero como consecuencia de una falla de adherencia por corte en la junta. <sup>2</sup> (GALLEGOS, 1989).

Este deslizamiento produce un mecanismo del tipo “columna corta” en los confinamientos verticales, como se muestra en la **fig. 02**.



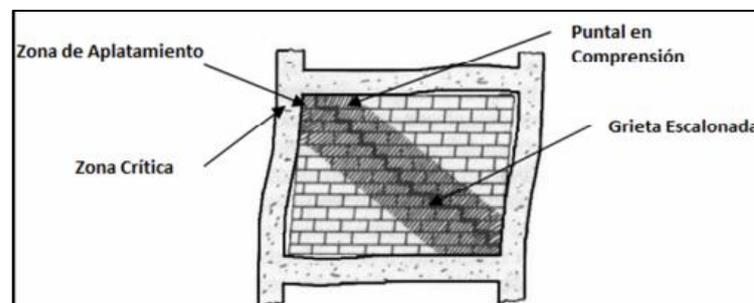
*Fig. N° 02: Falla de corte por Deslizamiento. (gallegos, 1989)*

**Falla por corte:** Esta falla se caracteriza por un agrietamiento diagonal del paño de albañilería y es consecuencia de las tensiones de tracción diagonal

que se producen en el paño. Para evitar la propagación de la grieta diagonal en los elementos de confinamiento es necesario reforzar las zonas críticas de estos elementos, especialmente cuando la albañilería es de buena calidad y el paño de albañilería es largo. 2 (GALLEGOS, 1989).

**Falla por aplastamiento por compresión diagonal:** Esta falla es producto del efecto de puntal que se produce cuando se separa el paño de albañilería de los elementos de confinamiento, como se muestra en la **fig. 03**.

Esta situación genera grandes tensiones de compresión en las esquinas del muro, las que pueden provocar la falla por aplastamiento de la zona cuando la albañilería es de baja calidad o cuando se usan unidades del tipo rejilla de paredes delgadas.



*Fig. N° 03: Falla por aplastamiento por compresión diagonal. (gallegos, 1989).*

A continuación, mostramos una vista panorámica de la vivienda a ser analizada para determinar ¿Cuál es su comportamiento estructural?, si cumple o no con los requisitos que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones.



*Fig. N° 04: En la imagen se muestra la vivienda construida ser Analizada.*

## b) Metodología de Diseño para Sistema de Albañilería Confinada

Según San Bartolomé (2004), las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc.

El análisis sísmico contemplará lo estipulado en **la Norma Técnica de Edificación E.030**, 2016, Diseño Sismo resistente, así como las especificaciones de la presente Norma. La albañilería es un sistema frágil, basta una distorsión de 1/800 como para que ella se agriete, por ello es necesario emplear cimentaciones rígidas cuando se cimiente sobre suelos de baja capacidad portante. El procedimiento de diseño contempla el desempeño elástico de los muros ante la acción de sismos moderados o frecuentes y la falla por corte con ductilidad limitada ante lo sismos severos, de tal modo que el sistema sea reparable. Para lograr estos propósitos, es necesario que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que origina el agrietamiento diagonal de los muros (denominada VR) y, por otro lado, se debe proporcionar una adecuada resistencia y rigidez a la edificación.

Según la **Norma técnica E-0.70** de Albañilería Confinada (2006), los objetivos buscados en el método de diseño, son fundamentalmente:

- 1) Que la estructura se comporte elásticamente ante la acción de sismos moderados.
- 2) Que ante la acción de sismos severos la estructura sea reparable. En la fig. 02, V es el cortante basal; Z, U, S son los factores de zona, uso y suelo, respectivamente; C es el factor de amplificación sísmica; P es el peso del edificio; y R es el coeficiente de reducción. Estos parámetros son especificados en la **Norma Técnica E-030**.

Para alcanzar estos objetivos es necesario que, en cada dirección principal del edificio, la resistencia total proporcionada por los muros confinados ( $\Sigma VR$ ) sea por lo menos igual al cortante basal V, y que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que

produce el agrietamiento diagonal de los muros (VR). Estos conceptos han sido demostrados mediante una serie de estudios teóricos, donde se empleó programas de análisis inelástico paso a paso, variándose la densidad de los muros en planta.

Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412$  Mpa (4200 kg/cm<sup>2</sup>). Los experimentos han demostrado que la malla electrosoldada tiene una falla debido a la fragilidad mientras tanto que el acero corrugado tiene una falla en función al comportamiento dúctil se ha considerado el uso de la barra de acero corrugada como refuerzo estructural, debido a que la energía elástica que produce y su tipo de falla menos perjudicial. 3. SAN BARTOLOMÉ (2004).

### c) Etapas de la Técnica de Diseño

Según la **Norma técnica E – 0.70** de Albañilería Confinada (2006), el proceso de diseño que se plantea consta de cinco etapas:

- **Verificación de la densidad mínima de Muros.** Con el objetivo de evitar fallas frágiles por deficiencias en la resistencia a cargas laterales, con una excesiva demanda de ductilidad, se debe proporcionar a cada dirección principal del edificio, una cantidad de muros tal que cumplan con la *Ec.01*.

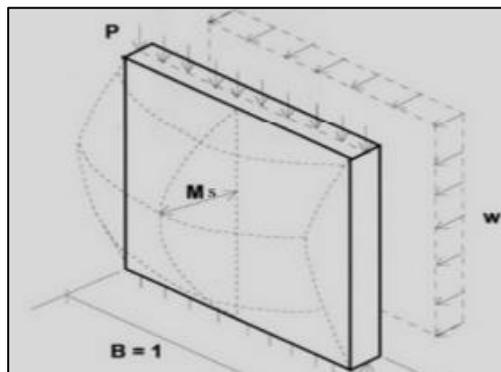
$$V_e = \frac{\sum lt}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad Ec. 01$$

En la *Ec.01*, Z, U y S son los factores empleados en el cálculo de V especificados anteriormente; N es el número de pisos del edificio; L es la longitud horizontal total del muro; t es su espesor; y  $A_p$  es el área en planta del piso típico. En caso que no se cumpla la *Ec.01*, en el edificio deberá agregarse muros de concreto armado o incrementar el espesor de la albañilería. De agregarse muros de concreto armado, para emplear la *Ec.01*, su espesor “t” deberá afectarse por la relación de los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería. 4. SAN BARTOLOMÉ (2007).



*Fig. N° 05: Colapso de una vivienda autoconstruida por el terremoto en pisco del 2007.*

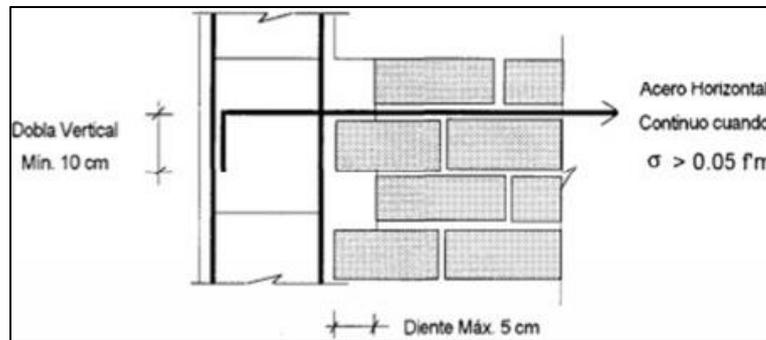
- **Diseño por carga vertical.** Según la **Norma Técnica E: 070** de Albañilería (2006), por cualquier método racional, se debe evaluar la fuerza axial producida por las cargas de gravedad ( $P_g$ ) en cada muro. Luego, el esfuerzo axial ( $\sigma = P_g / (L \cdot t)$ ) actuante deberá ser menor que el 15% de la resistencia a compresión axial de los prismas de albañilería  $f'_m$ . La razón por la cual se debe limitar los esfuerzos axiales, es porque los experimentos en muros sometidos carga lateral cíclica con diversos niveles de carga axial, han demostrado que la ductilidad decrece significativamente con el incremento del esfuerzo axial.



*Fig. N° 06: Carga Axial en la albañilería por unidad de longitud. (San Bartolomé. 2004).*

Si el esfuerzo axial excede el 5% de  $f'_m$ , debe agregarse una cuantía nominal de refuerzo horizontal (0.001), consistente en varillas continuas

de un diámetro no mayor que  $\frac{1}{4}$ ", ancladas en las columnas de confinamiento, tal como se muestra en la **fig.07**.



*Fig. N° 07: Refuerzo horizontal continuo anclado en columnas del muro.*

*(San Bartolomé. 2004)*

- **Análisis elástico ante sismo moderado.** Según la **Norma Técnica E-070** de Albañilería (2006), en este método por sismo moderado se entiende que es aquél que produce fuerzas sísmicas iguales a la mitad de las causadas por el sismo severo; siendo  $V$  el cortante basal generado por el sismo severo según la norma sísmica peruana. El análisis sísmico se realiza empleando cualquier procedimiento reconocido. En el modelaje estructural se debe contemplar la acción de diafragma rígido dada por las losas de techo, los alféizares de ventanas y tabiques no aislados de la estructura principal, la participación de las paredes transversales a la dirección en análisis, y el hecho que los muros están compuestos por dos materiales integrados: la albañilería y el concreto de las columnas, en este último caso, el concreto puede transformarse en área equivalente de albañilería aplicando el criterio de la sección transformada.

Por simplicidad en el modelaje, es recomendable aislar los tabiques que presenten discontinuidad vertical, así como los alféizares de ventanas, tal como se muestra en la **fig.08**. En el caso de los alféizares, ellos reducen la altura libre del muro, rigidizándolos en forma importante, lo que puede causar efectos de torsión en el edificio y una mayor absorción de fuerza cortante en el muro. Una vez determinadas las fuerzas internas producidas por el sismo moderado, debe verificarse que la fuerza cortante ( $V_e$ ) en cada muro no exceda el 55% del cortante de



$$VR = 0.5v'm. a. t. l$$

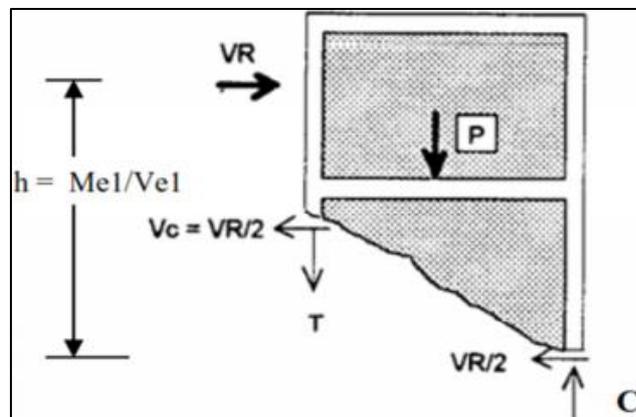
Ec. 02

En la Ec.02, el término  $\alpha$  está limitado a:  $1/3 \leq \alpha = Ve L / Me \leq 1$  Los muretes son pequeños especímenes cuadrados de albañilería con dimensión mínima de 0.6m de lado, que se ensayan a los 28 días de edad.

- **Diseño para sismos severo.** Según la **Norma técnica E-0.70** de Albañilería (2006), esta etapa se compone de varias partes:
- **Verificación de la resistencia global del edificio.** Con los valores de VR calculados en la etapa 4 para el primer piso, se obtiene la suma de éstos en cada dirección principal, la cual debe ser mayor a la fuerza cortante del sismo severo, especificada por la norma sísmica peruana (V). Esta verificación es importante puesto que determina si la cantidad de muros es suficiente como para que la estructura cumpla con los objetivos del método propuesto. En caso exista una deficiencia de muros, podrá suplirse con muros de concreto armado, o aumentando el espesor de los muros, o mejorando la calidad de la albañilería. Si la resistencia provista ( $\Sigma VR$ ) excede en más de tres veces (factor R de reducción de la fuerza sísmica) al cortante basal V, la estructura se comportará elásticamente ante el sismo severo, y solamente requiere refuerzos mínimos que arriostren lateralmente a la albañilería.
  - **Determinación de los factores de amplificación y verificación del agrietamiento diagonal de los muros localizados en los pisos superiores al primero.** El método supone que, ante la acción del sismo severo, los muros del primer piso se agrietan diagonalmente, alcanzando su resistencia VR1, por lo que las fuerzas internas elásticas (Me, Ve) calculadas en la etapa 3, se verán amplificadas en la relación VR1 / Ve1, pasando a adoptar los valores Mu, Vu asociados al mecanismo de falla por corte en el primer piso. Estos factores de amplificación deben ser calculados en el primer piso de cada muro y no requieren ser mayores que 3 (factor R de reducción de la fuerza sísmica). El hecho de que estos factores sean distintos, indica una falla progresiva en los muros, en función a su nivel de resistencia VR. Sí en un piso "i" superior al primero ( $i > 1$ ) de algún muro, se obtiene que la fuerza cortante Vui supera a la resistencia al corte VRi, entonces ese

piso también se agrietará diagonalmente y sus confinamientos deberán ser diseñados en forma similar al primer piso. <sup>3</sup> (SAN BARTOLOMÉ. 2004).

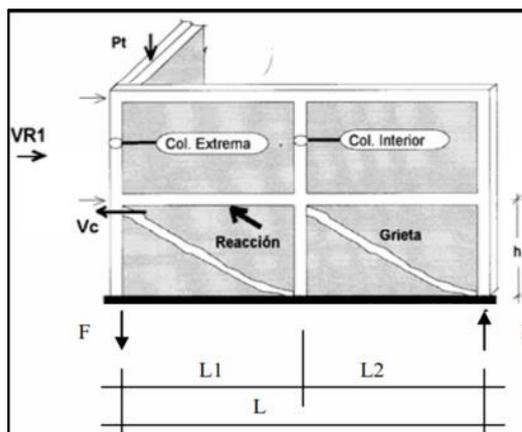
- **Determinación de las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso.** El primer piso requiere especial atención porque está sometido a las mayores cargas y por lo general, allí se presenta la falla por corte. Las columnas de confinamiento presentan fuerzas de tracción (T), compresión (C), y cortante ( $V_c$ ). Las fuerzas T, C, y  $V_c$  pueden evaluarse para casos sencillos (muros de un solo tramo y en voladizo) por equilibrio como se indica en el **fig. 09**. En caso existan muros con varios tramos, o conectados por vigas de concreto, o con paredes transversales, se presentan las fórmulas de la **Tabla 01**, las que provienen de análisis mediante modelos analíticos. Estas fórmulas prestan atención especial a las columnas localizadas en los dos extremos del muro, para que éstas funcionen como topes que eviten el deslizamiento de la albañilería, con lo cual las franjas comprendidas entre las grietas diagonales aportarán resistencia a carga lateral. (San Bartolomé. 2004).



*Fig. N° 09: Fuerzas internas en columnas de un muro confinado de un solo paño y en voladizo. (San Bartolomé. 2004).*

COLUMNA	Vc (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$VR1 \frac{h}{L} - Pc$	$Pc - \frac{VR1 h}{2 L}$
Extrema	$1.5 \frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$F - Pc$	$Pc + F$

**Tabla 01: Fórmulas para determinar las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso. (San Bartolomé. 2004)**



**Fig. N° 10: Ilustración de algunos parámetros que intervienen en las fórmulas de la Tabla 01. (San Bartolomé. 2004).**

- Diseño de los confinamientos del primer piso.** El diseño de las columnas de confinamiento se realiza empleando las fórmulas especificadas en los reglamentos de concreto armado, sin amplificar los valores de la **Tabla 1.1**: T, C o Vc, pero contemplando los factores de reducción de resistencia ( $\phi$ ). El área del refuerzo vertical, se determina diseñándolo por corte-fricción (Vc) y tracción (T) combinada, ya que ambos efectos actúan en simultáneo como se muestra en la **fig. 11**. No menos de 4 varillas con diámetro de 8 mm, deberá emplearse, formando una canastilla. El área del núcleo de concreto se determina diseñándolo por aplastamiento con una compresión (C), como si fuese una columna de poca esbeltez. Luego, agregando el recubrimiento, el área total no debe ser menor que la proporcionada mediante un diseño por corte-fricción (Vc), o que  $15t$  (cm<sup>2</sup>), donde t es el espesor del muro. Los estribos se diseñan para evitar la falla por aplastamiento del concreto, debiéndose colocar por lo menos estribos de diámetro  $\frac{1}{4}$ " : 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 20 cm. <sup>3</sup> (SAN BARTOLOMÉ. 2004).

La zona a confinar con estribos a corto espaciamiento (extremos de las columnas) abarca una longitud de 1.5 veces el peralte de la columna o 45cm, lo que sea mayor. Debe indicarse que los estribos no se diseñan por corte ya que la albañilería aún fragmentada aporta resistencia lateral, además del aporte dado por el refuerzo horizontal; asimismo, los estribos son ineficientes cuando la falla en las columnas es por corte-fricción. Las vigas soleras, encargadas de transmitir las cargas sísmicas hacia la albañilería, se diseñan a tracción ( $T_s = \frac{1}{2} VR_1 L_m / L$ ), agregando estribos mínimos, de diámetro  $\frac{1}{4}$ " : 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 20 cm. Estas vigas no necesitan diseñarse a corte debido a la gran sección transversal que existe por encima del primer piso. <sup>3.(SAN BARTOLOMÉ. 2004).</sup>

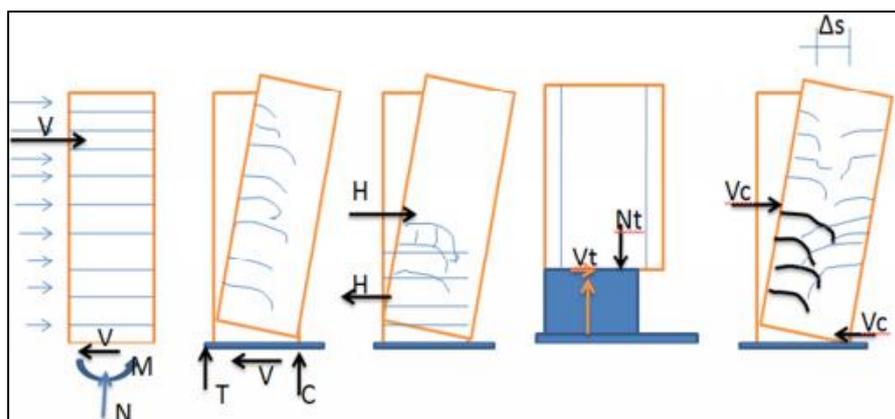


*Fig. N. 11 Daños por tracción diagonal en muros de mampostería del edificio Nautilus- Ecuador*

- **Diseño de los confinamientos de los pisos superiores (no agrietados).** En los casos en que  $V_{ui}$  sea menor que  $VR_i$ , la albañilería absorbe la fuerza cortante sin agrietarse diagonalmente, por lo que no requieren de refuerzo horizontal y las columnas no necesitan diseñarse

por corte-fricción. En estos casos es suficiente diseñar a las columnas extremas del muro por tracción (T) y compresión por aplastamiento (C), producidas por el momento flector  $M_{ui} = M_{ei} VR1 / Ve1$ . Las columnas internas no necesitan diseñarse ante acciones coplanares; sin embargo, ellas deberán ser capaces de funcionar como arriostres de la albañilería ante acciones sísmicas perpendiculares a su plano. Asimismo, el espaciamiento máximo entre columnas no deberá ser mayor que dos veces la distancia que existe entre los arriostres horizontales. 3.(SAN BARTOLOMÉ. 2004).

- **Tipo de Falla en el Muro.** Según Vásquez (2012), de acuerdo con ensayos realizados empleando cargas cíclicas estáticas, los muros portantes pueden fallar de diversas maneras y se han identificado distintas respuestas en muros de concreto armado. Estas incluyen estados de límite de flexión, tracción diagonal, compresión diagonal (aplastamiento del alma), compresión en los talones y pandeo del refuerzo, corte-deslizamiento y pandeo fuera del plano del muro. En la siguiente figura se pueden apreciar diversos tipos de falla donde las acciones sobre el muro, (a), generan diversas fallas: (b) flexión, (c) tracción diagonal, (d) corte-deslizamiento y (e) deslizamiento en la base.



*Fig. N. 12 Tipos de falla en el muro portante. (Vásquez. 2012)*

### 2.2.1.2 Sistema Estructural de Pórticos de Concreto Armado.

Es un sistema que basa su estructura en pórticos que forman un conjunto esqueleto de vigas y columnas conectadas rígidamente por medio de nudos. En donde los vanos entre las columnas y las vigas

son complementados por mampostería o algún tipo de cerramiento equivalente.

La mampostería en ladrillo es un sistema que mediante la unión de sus elementos (Compuestos de arcilla cocida debidamente procesados), ladrillos, con un material pastoso (mortero) normalmente obtenido de la mezcla de agua, arena (agregado) y un aglutinante (cemento o cal), cumple funciones como: definir espacios, cimientos, muros, columnas, contrafuertes, entre otros.



*Fig. N° 13: En la imagen se muestra el proceso constructivo de un Edificio de un sistema aporticado.*

### **2.2.1.3 Sistema Estructural Dual.**

Es un sistema que basa su estructura en pórticos y un sistema de muros estructurales, lo que indica que tanto los muros y columnas soportan cargas dinámicas en una proporción semejante. En donde también los vanos entre las columnas y las vigas son complementados por mampostería o algún tipo de cerramiento equivalente.

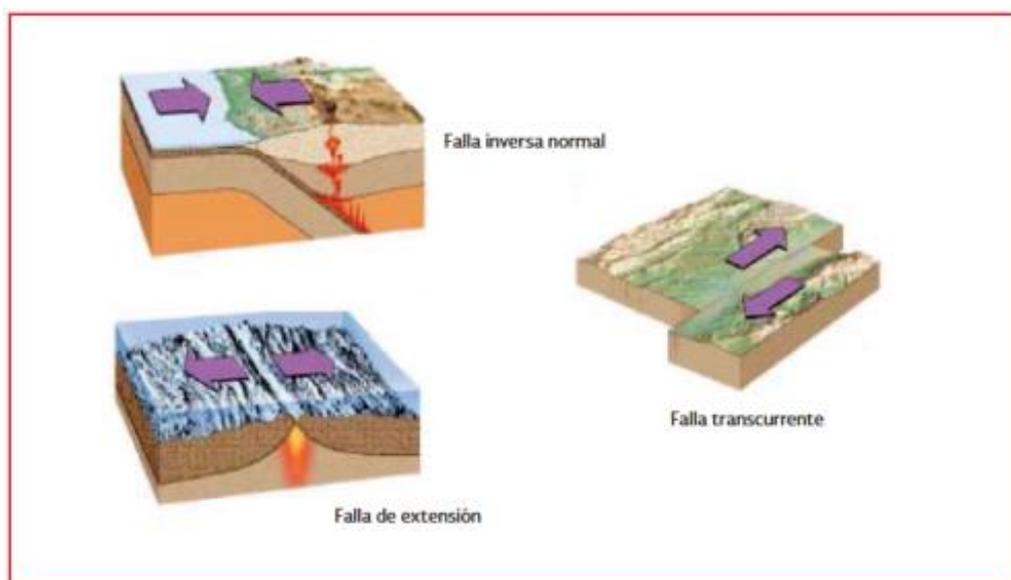


*Fig. N° 14: Proceso constructivo de un Edificio de un sistema Dual.*

## **2.2.2 Diseño de Estructuras por Sismo.**

### **2.2.2.1 Los Sismos.**

Son movimientos irregulares del terreno en cualquier dirección y son causados por actividad volcánica o tectónica, los más graves son de origen tectónico. Estos últimos se producen por la ruptura del terreno, la longitud de las fallas puede ser de varios cientos de kilómetros y se generan a profundidades de 10 a 50 km o aún mayores. Existen distintas formas de fallamiento, las cuales se muestran en la **fig. 15**.



*Fig. N° 15: Tipos de Fallamiento (Terán, 2006)*

### 2.2.2.2 Sismicidad.

Es la actividad sísmica de una región determinada y es caracterizada por:

- ✓ Magnitud
- ✓ Intensidad
- ✓ Frecuencia

No pueden predecirse los sismos en cuanto a magnitud, intensidad, ubicación ni frecuencia. Lo cual implica que solo se puede estudiar la sismicidad desde un enfoque probabilista.

### 2.2.2.3 Ondas sísmicas.

El movimiento sísmico es la suma de varias ondas de movimiento que agitan a una estructura a través de sus cimientos. Las ondas sísmicas se clasifican como:

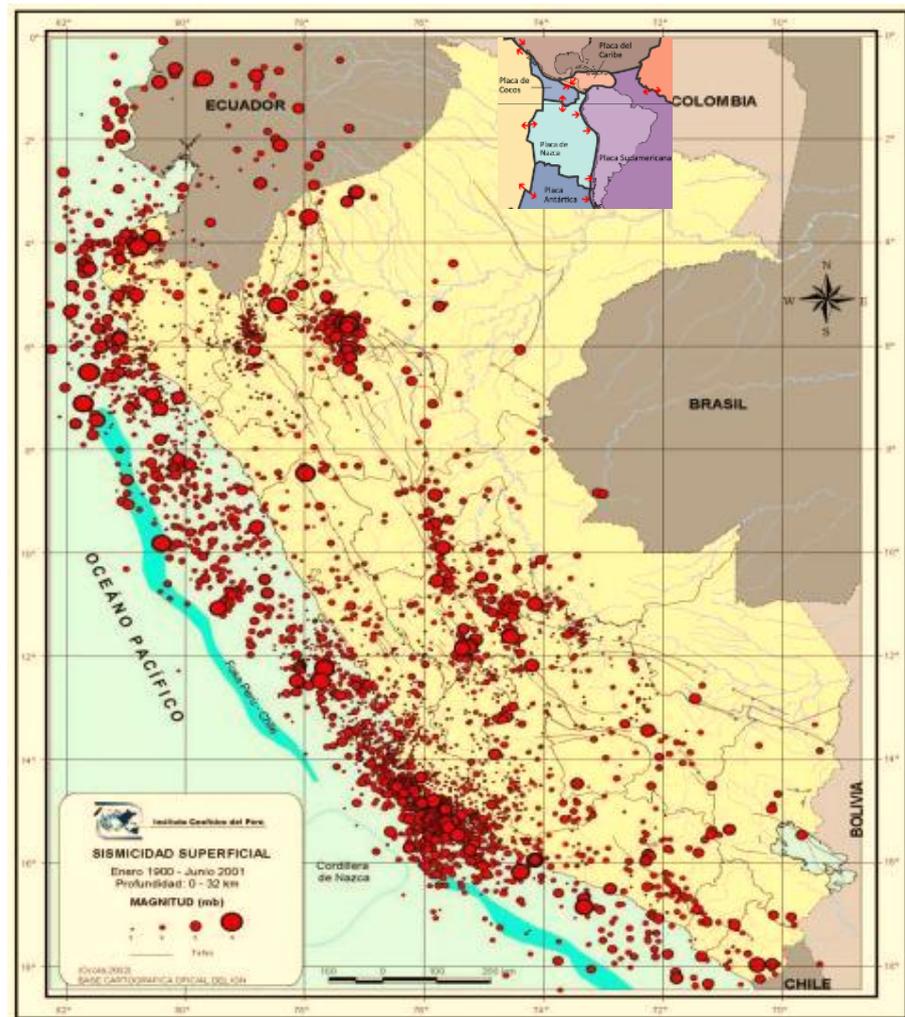
#### a. Ondas de Cuerpo.

**a.1 Longitudinales (ondas P o primarias):** Son las más rápidas y las primeras que se registran. Producen compresión y expansión de las partículas. Provocan a la roca esfuerzos normales.

**a.2 Transversales (ondas S o secundarias):** Son más lentas y provocan movimientos perpendiculares al sentido de su propagación. Transmiten más energía y por lo tanto ocasionan mayores daños.

**b. Ondas Superficiales:** Son generadas por las ondas S y P y se parecen a las ondas en la superficie del mar. Son más lentas y también se les conoce como ondas largas o L.

Los sismos que más afectan a nuestro país se generan en la costa del pacífico, donde la placa de Nazca se subduce en la placa de Sudamérica, observe la incidencia de sismos en la **fig.16**.



**Fig. N° 16: Incidencia de Sismos en el Perú. Los puntos rojos representan Sismos superficiales (profundidades menores a 32 km.)**

Normalmente la intensidad del movimiento sísmico se reduce conforme mayor es la distancia al epicentro. Sin embargo, dicha intensidad también depende de las condiciones del suelo y la topografía.

#### **2.2.2.4 Magnitud de un sismo.**

Es una medida cuantitativa del tamaño de un sismo. Es independiente del lugar de observación y se determina a partir de sismogramas. La escala más común es la de Richter. Esta es logarítmica, así, un incremento de magnitud 1 significa 10 veces más energía liberada. La máxima magnitud conocida hasta la fecha es de 8.9.

#### **2.2.2.5 Intensidad de un sismo.**

Es una medida subjetiva de los efectos de un sismo en un lugar determinado. La escala más común es la de Mercalli Modificada (MMI). La cual se basa en las percepciones de las personas, el daño sufrido y la observación de otros fenómenos. La MMI tiene 12 grados y no hay una relación directa entre la MMI y la escala de Richter.

#### **2.2.2.6 Acelerogramas.**

Describen la historia de aceleraciones producidas por un sismo a lo largo de su duración. De ellos se obtiene: Amplitud, Periodo y Duración. Se obtienen mediante acelerógrafos. Miden la aceleración en 3 componentes. El periodo dominante oscila entre 0.2 s. (terreno firme) a 1.5 o más segundos (terreno blando).

### **2.2.3 Respuesta de las Estructuras ante los Sismos.**

En la ocurrencia de un sismo, el suelo se mueve al azar en todas direcciones. Por tanto, el movimiento sísmico de las estructuras es tridimensional, sin embargo, las componentes horizontales son las más dañinas, por lo que la componente vertical suele despreciarse.

El movimiento sísmico provoca que se mueva la base de cualquier estructura y esta misma, se resiste a ser movida, debido a su inercia lo que genera fuerzas sobre la estructura ya que acelera a la misma y el origen de estas fuerzas está en la masa y rigidez lateral.

Las fuerzas de inercia inducen deformación lateral en la estructura, la que al actuar sobre la rigidez lateral de la misma produce fuerzas sísmicas internas. Dado que una excitación sísmica es un fenómeno dinámico y vibratorio, las fuerzas sísmicas cambian de magnitud y sentido periódicamente. Esto produce complicadas oscilaciones en las estructuras.

El efecto dinámico de las fuerzas sísmicas puede ser considerable. La estructura puede amplificar o de amplificar el movimiento del terreno.

La fuerza sobre una estructura muy rígida es igual a su masa multiplicada por la aceleración del suelo. En casos de estructuras flexibles, el nivel de fuerza sísmica depende de la relación que guarda su periodo con el periodo de suelo.

El comportamiento estructural difiere de acuerdo con el sistema estructural y la esbeltez de la estructura.

#### **2.2.4 Daño de las Viviendas Autoconstruidas ante los Sismos.**

La importancia de una falla en la estructura radica en que el impacto económico no se limita al daño causado en la estructura, sino también a los efectos colaterales que trae consigo esta falla estructural cuyo costo es mucho mayor al costo que significa la reparación: daños ambientales, interrupción de la producción, pérdida de servicios básicos para las personas, entre otros. En el caso de las viviendas, en su mayoría son construidas para albergar una a más familias, por lo que la sociedad depende del comportamiento de éstas estructuras para ser seguras y tener respuesta frente a emergencias. No obstante, se han reportado fallas y daños y hasta el colapso durante la ocurrencia de sismos pasados debido a su inadecuado comportamiento.

La importancia de la supervisión en la construcción ha sido reconocida desde de que esta actividad se profesionalizó. En un documento fechado en el año 97 d.C., Sixto Frontino, comisionado de aguas del Imperio Romano, escribió: “Ni una obra requiere mayor cuidado que aquella que debe soportar la acción del agua; por esta razón todas las partes del trabajo deben hacerse de acuerdo con las reglas del arte, que todos los obreros saben, pero pocos cumplen”. Este importante constructor de hace casi dos mil años deja en claro que aun cuando el personal obrero sea competente, la labor de la supervisión es necesaria para garantizar que el trabajo cumpla con los requisitos especificaciones técnicas establecidas para cada proyecto en un lugar específico.

En la **fig. 17** se observa la falla de un Edificio durante el terremoto de pisco del año 2007.



*Fig. N° 17: Vivienda colapsada Hotel Abassy por el terremoto en Pisco Perú del año 2007.*

### **2.2.5 Criterios de Diseño Sísmico.**

En sismos moderados y frecuencias pequeñas se busca que las estructuras se mantengan elásticas, mientras que en sismos de gran importancia las estructuras deben presentar un comportamiento inelástico, deformándose mucho antes del colapso, aunque esto implique daños de importancia. Es decir, que el diseño estructural deberá realizarse para resistencia última considerando estructuras dúctiles.

Debe tomarse en consideración que, para el sismo máximo más probable las estructuras no deben presentar fallas estructurales mayores que pongan en riesgo la integridad del elemento, la continuidad del servicio y más importante aún, que su falla ocasione la pérdida de vidas humanas.

#### **2.2.5.1 Factor de comportamiento sísmico.**

Para caracterizar las estructuras en función de su ductilidad se establece un valor conocido como factor de comportamiento sísmica,  $Q$ . A través de este valor, se busca considerar la ductilidad estructural, la estructuración, el deterioro o efecto que puede contrarrestar gran parte de la capacidad extra en resistencia que suministra la ductilidad y a reservas de capacidad ante carga sísmica que los métodos convencionales de diseño no consideran.

### **2.2.5.2 Factor de reducción por sobre resistencia R.**

La sobre resistencia es una consideración que se fundamenta en diversos factores. En primer lugar, los valores nominales de resistencia de los materiales son menores que su resistencia real. Tómese en cuenta que en el diseño estructural y en los métodos para evaluar la resistencia de los materiales, se consideran simplificaciones que siempre entregan resultados del lado de la seguridad.

Además, la sobre resistencia depende de otros factores, entre los cuales se encuentran el sistema estructural empleado, el grado de hiperestaticidad, el detallado estructural y la variabilidad de las propiedades índice de los materiales con el tiempo y con la velocidad de aplicación de la carga.

### **2.2.6 Análisis no Lineal.**

Es aquel que considera el comportamiento tenso-deformaciones de los materiales y la no linealidad geométrica, descartando de manera directa el principio de superposición. Esto se debe a los fenómenos intrínsecos de los materiales que componen a estas estructuras.

Los procedimientos que se usan para analizar las estructuras son usualmente lineales, ya que no toman en cuenta las propiedades no lineales del material ni la pérdida de rigidez que tendrá la estructura una vez agrietada la sección. Para realizar los análisis convencionales, se usa un factor de reducción en el espectro sísmico con la finalidad de reducir la demanda sísmica ya que se toma en cuenta que la estructura incursionará en el rango inelástico y por lo tanto la demanda es menor a la demanda elástica. Los factores de reducción dependen del tipo de estructura y del material.

#### **2.2.6.1 Análisis no Lineal Estático.**

El análisis estático no lineal, también conocido como análisis Pushover, es un método utilizado para evaluar el desempeño de una estructura. En él, se aplica un patrón de cargas laterales a la estructura que crece de forma proporcional, estática y mono tónica hasta llevar la estructura al colapso. La deformación de los elementos estructurales debido a la aplicación de las cargas debe ser similar a la deformación que ocurriría

durante un sismo (Krawinkler y Sereviratna, 1998). Con el análisis Pushover se obtiene la curva de capacidad de la estructura a partir de los desplazamientos del punto de control. La capacidad a corte dependerá de sus dimensiones, refuerzo y propiedades del material.

#### **2.2.6.2 Análisis no Lineal Dinámico.**

El análisis dinámico no lineal se emplea para calcular la demanda sobre una estructura. En este caso, la estructura se somete a varios registros sísmicos escalados a una pseudoaceleración cuyo valor depende de los parámetros sísmicos de la zona y el tipo de estructura a analizar. A diferencia de un análisis dinámico lineal, en éste análisis las propiedades no lineales del material (por ejemplo, el concreto y el acero), así como la pérdida de la rigidez, son consideradas, por lo que no es necesario reducir el registro sísmico. Adicionalmente, al análisis se puede agregar la no linealidad geométrica de la estructura, la cual, se presenta cuando los desplazamientos que experimenta la estructura no son despreciables y afectan en la ecuación de equilibrio de las fuerzas actuantes.

Si la estructura es sometida a varios registros escalados a varios niveles de intensidad se obtiene una curva de demanda. A éste tipo de análisis se le denomina análisis dinámico incremental, pushover dinámico o IDA (Vamvatsikos y Cornell, 2003).

#### **2.2.7 Análisis Modal Espectral.**

El análisis modal es utilizado para determinar los modos de vibración de una estructura. Estos modos son útiles para comprender el comportamiento de la estructura. También pueden ser utilizados (los modos de vibración) como base de la superposición modal en los casos de análisis de espectro de respuesta y tiempo

El análisis modal es siempre lineal. Un caso de análisis modal puede estar basado en la rigidez de una estructura sin esfuerzos o sobre la rigidez final de un caso de análisis no lineal. Mediante el uso de la rigidez final de un caso de análisis no lineal, se puede evaluar los modos bajo condiciones P-delta o de rigidez geométrica, a diferentes estados de construcción o siguiendo excursiones no lineales significativas de un sismo severo

El análisis modal sigue, de forma simplificada los siguientes pasos:

- ✓ Determinar la masa y la rigidez de la estructura.
- ✓ Determinar las frecuencias y los modos de vibración naturales del sistema.
- ✓ Asociar los periodos naturales de vibración a los modos.
- ✓ Calcular los desplazamientos máximos en función del espectro de diseño.
- ✓ Calcular las fuerzas de inercia asociadas a los desplazamientos máximos.
- ✓ Definir las fuerzas cortantes y momentos de volteo basales.

De forma general, este procedimiento se puede aplicar a cualquier estructura y la complejidad de su solución dependerá de la propia complejidad de la estructura analizada, partiendo desde la definición de las masas, los grados de libertad y la rigidez de los elementos que la conforman.

## **2.2.8 Peligro Sísmico.**

### **2.2.8.1 Zonificación.**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la **fig. 18**. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

El **Anexo N° 01** de la **NTE: E-030**, contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.



*Fig. N° 18: Zonas Sísmicas (Norma E.030, 2016)*

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la **Tabla N° 2**. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	COEFICIENTE
Z4	0.45
Z3	0.35
Z2	0.25
Z1	0.10

*Tabla N° 02: NTE – E.030: Factores de Zonificación (Norma E.030, 2016)*

## 2.2.9 Condiciones Geotécnicas

### 2.2.9.1 Perfiles de Suelo:

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\overline{V}_S$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $\overline{N}_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\overline{S}_u$ ), para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $\overline{N}_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\overline{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $\overline{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\overline{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

- a. **Perfil Tipo S0: Roca Dura:** A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\overline{V}_S$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\overline{V}_S$ .
  
- b. **Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos:** A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\overline{V}_S$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- ✓ Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- ✓ Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\overline{N}_{60}$  mayor que 50.
- ✓ Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\overline{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**c. Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios:** A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\overline{V}_S$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- ✓ Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\overline{N}_{60}$ , entre 15 y 50.
- ✓ Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\overline{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**d. Perfil Tipo S3: Suelos Blandos:** Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\overline{V}_S$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- ✓ Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\overline{N}_{60}$  menor que 15.
- ✓ Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\overline{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- ✓ Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad P mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\overline{S}_u$  menor que 25 kPa.

**e. Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales:** A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La **Tabla N° 03** resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

PERFIL	CLASIFICACION DE LOS PERFILES DEL SUELO		
	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
<b>S0</b>	> 1500 m/s	-	-
<b>S1</b>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kpa
<b>S2</b>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kpa a 100 kpa
<b>S3</b>	< 180 m/s	< 15	25 kpa a 50 kpa
<b>S4</b>	clasificación basada en EMS		

*Tabla N° 03: NTE – E.030: Clasificación de los perfiles del suelo*

### 2.3 Términos básicos

- ✓ **Vivienda:** Edificio, construcción o habitación adecuada para que vivan las personas.
- ✓ **Autoconstruida:** Actividad manual y casera de reparación, instalación, montaje o cualquier otro tipo, que se realiza sin ayuda profesional.
- ✓ **Evaluación:** Proceso que tiene como finalidad determinar el grado de eficacia y eficiencia, con que han sido empleados los recursos destinados a alcanzar los objetivos.
- ✓ **Albañilería:** La albañilería se define como el arte de construir estructuras a partir de objetos individuales que se unen y pegan usando mortero u otras materias capaces de endurecer. Es uno de los trabajos más importantes en construcción y es esencial en la vida del ser humano, estando presente desde los tiempos más antiguos.
- ✓ **Cargas Estáticas:** son aquellas generadas por su propio peso o que son asignadas de acuerdo al uso de la edificación considerando también acabados y otros materiales.
- ✓ **Cargas Dinámicas:** Son aquellas que son generadas por un sismo o viento.

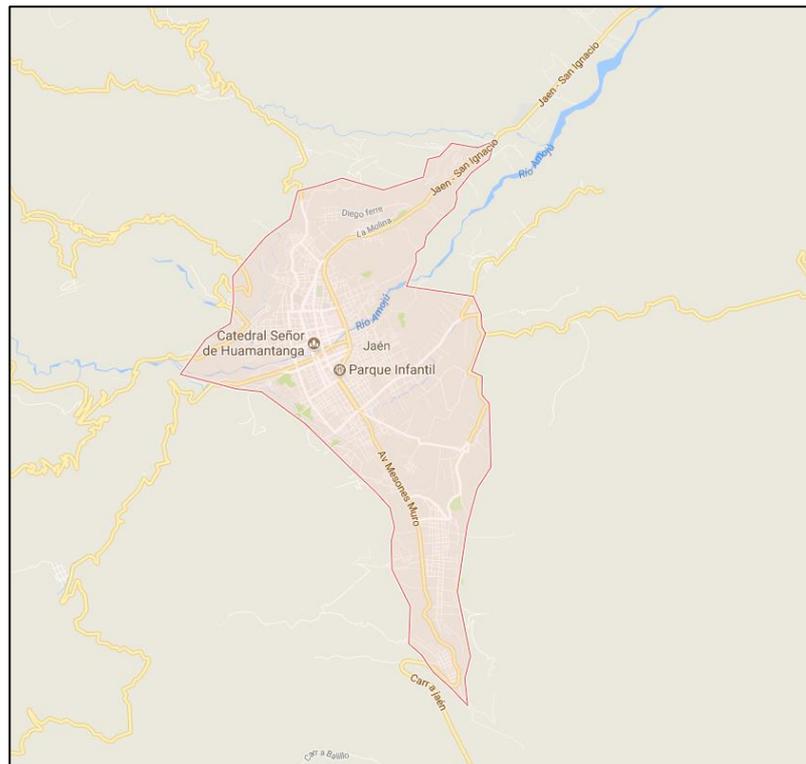
- ✓ **Cargas de Servicio:** Son aquellas cargas que intervienen estáticamente en la estructura considerando cargas muertas y cargas vivas.
- ✓ **Cargas Magnificadas:** Son aquellas cargas que son ampliadas o reducidas por los coeficientes ACI, con las cuales tendremos en cuenta para realizar un diseño. Éstas son llamadas también como combinaciones.
- ✓ **Elemento Estructural:** Todo elemento que sirva para transmitir cargas o esfuerzos de la edificación ya sea horizontal o verticalmente.
- ✓ **Fallas:** Es una irregularidad, deterioro o cambio brusco que haya sufrido una estructura.
- ✓ **Fisuras:** Todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial.
- ✓ **Cimentación:** Parte de la edificación que transmite al subsuelo las cargas de la estructura.
- ✓ **Cimentación por Placa de Cimentación:** Cimentación constituida por una losa sobre la cual se apoyan varias columnas y cuya área se aproxima sensiblemente al área total de la estructura soportada.
- ✓ **Sismo:** El sismo es definido como el movimiento de la corteza terrestre o como la vibración del suelo, causado por la energía mecánica emitida de los mantos superiores de la corteza terrestre, en una repentina liberación de la deformación acumulada en un volumen limitado.

## **CAPÍTULO III:**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación Geográfica:**

La Vivienda se encuentra ubicada en la Provincia de Jaén Región Cajamarca, se encuentra ubicado en el Norte del País, con una altura media sobre el nivel del mar de 729 m.s.n.m.



*Fig. N° 19: Provincia de Jaén fuente GOOGLE MAPS*

#### **3.2 Materiales y/o Equipos.**

- ✓ Equipo de computo
- ✓ Software: Etabs y safe
- ✓ Wincha
- ✓ Cámara fotográfica

#### **3.3 Tipo de Investigación.**

- ✓ Tipo de investigación: Tipo aplicada
- ✓ Nivel de investigación: explicativo y comparativo.
- ✓ Diseño de investigación: Diseño no experimental.
- ✓ Método de investigación: Método Directo- Experimental

### **3.4 Método**

El método que se utilizó es el método directo experimental.

- ✓ Se procedió a medir INSITU las dimensiones de las columnas, vigas y longitudes de los muros de la vivienda autoconstruida existente, así mismo se midieron los ambientes de dicha vivienda.
- ✓ Se dibujó el plano arquitectónico y estructural, teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo y los proporcionados por el maestro responsable de la construcción.
- ✓ Se realizó el estudio de suelos de un solar adyacente a la vivienda autoconstruida, para la cual se contrató con el laboratorio GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L, para tal fin se realizó una calicata de 3 metros de profundidad, para obtener las muestras para realizar el estudio.
- ✓ Se analizó en los Software: Etabs Y Safe, los comportamientos estructurales de la vivienda autoconstruida.

### **3.5 Topografía y Tipo de Suelo**

El lugar del Proyecto en mención, tiene como cota topográfica promedio de 729 m.s.n.m.

El suelo corresponde a suelos cohesivos flexibles blandos con una capacidad portante de 0.62Kg/cm<sup>2</sup> de Resistencia.

### **3.6 Napa Freática:**

El nivel de napa freática no se registra con calicatas de 2.50 m de profundidad.

### **3.7 Temperatura, Evaporación Y Viento**

El Clima de la región es variable, entre Cálido y templado con temperaturas medias a la sombra variando entre 18° a 25°C en los meses de invierno y verano respectivamente. La temperatura promedio es de 23°C. La humedad relativa es de 75%.

### 3.8 Consideraciones Estructurales

#### 3.8.1 De la Estructura

- ✓ Ubicación : Provincia de Jaén, Región Cajamarca.
- ✓ Uso : Viviendas Comunes.
- ✓ Sistema Estructural : Sistema de Albañilería.
- ✓ Sistema de Techado : Aligerado en una Dirección.
- ✓ Losas : Sin Parapetos
- ✓ Altura de Entrepiso : Primer piso 3.50m, 2° al 4° piso 2.90m.
- ✓ Vigas Principales : De acuerdo a lo Establecido en Construcción.
- ✓ Vigas Secundarias : De acuerdo a lo Establecido en Construcción.
- ✓ Peralte de Zapata : De acuerdo a lo Establecido en Construcción.

#### 3.8.2 De la Mecánica de Suelos

Según el estudio de mecánica de suelos, los parámetros más importantes para el análisis estructural son las siguientes:

- ✓ Módulo de Winkler : 1.52Kg/cm<sup>3</sup>
- ✓ Clasificación SUCS : Suelos Tipo S3.
- ✓ Capacidad Admisible : 1.86Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Capacidad portante : 0.62Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Desplante : -2.20m

#### 3.8.3 Materiales y Cargas de Diseño

##### 3.8.3.1 Materiales

###### a) Concreto Armado.

- ✓ Peso específico.  $Y_s = 2400Kg/m^3$
- ✓ Resistencia a la compresión del Concreto.  $f'_c = 175Kg/cm^2$
- ✓ Módulo de elasticidad del concreto.  $E_c = 198431.35Kg/cm^2$
- ✓ Módulo de Poisson.  $\nu = 0.15$
- ✓ Módulo de Corte.  $G = 91174.91Kg/cm^2$

###### b) Acero de Refuerzo: ASTM-615 Grado 60.

- ✓ Peso específico del Acero.  $Y_s = 7850Kg/cm^3$

- ✓ Módulo de elasticidad del Acero.  $E_c = 2000000Kg/cm^2$
- ✓ Módulo de Poisson.  $\nu = 0.3$
- ✓ Grado de fluencia  $f_y = 4200Kg/cm^2$

**c) Albañilería.**

- ✓ Ladrillo K-K Artesanal.
- ✓ Peso específico.  $E_c = 1800Kg/m^3$
- ✓ Módulo de Poisson.  $\nu = 0.25$

**a) Carga Muerta (CM).** Estas cargas corresponden al peso propio de los elementos que intervienen en el modelamiento de la estructura, así como las cargas de servicio (acabados, tabiquería, etc.) que serán impuestas por el proyectista según lo establezca la Norma Técnica E-020 de nuestro país.

- ✓ tabiquería repartida.  $Tab. = 270Kg/m^2$
- ✓ Acabados.  $Tab. = 100Kg/m^2$

**b) Carga Libre (SC).** Esta carga corresponde a la sobrecarga de diseño, también llamadas como carga viva, será considerada desde la **Norma Técnica E-020**, en el **Artículo 6 Tabla 1** para cargas vivas de piso.

- ✓ Sobrecarga de Diseño para Viviendas.  $Sc = 200Kg/m^2$
- ✓ Sobrecarga de Diseño para techos.  $Sc = 100Kg/m^2$

## CAPÍTULO IV:

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Estructura.

Describiremos de manera general el Módulo de vivienda multifamiliar proyectada para 4 pisos Ubicada en la Provincia de Jaén, Región Cajamarca, elaborando un modelo tridimensional que represente a la estructura.

La estructura en la actualidad solo está construida el primer piso de la cual se ha tenido las referencias para tomar nuestras medidas y poder determinar las secciones o espesores de los elementos estructurales del proyecto.

Para realizar nuestro análisis estructural de esta vivienda, se modelará toda la estructura en sus 4 niveles y así determinar su comportamiento estructural que es el objetivo de ésta tesis.

La estructura una vez llevada al software de cálculo estructural, se tendrá que evaluar irregularidad, tal como lo muestra la **NTE: E-030 en el capítulo 3 (3.5)** Regularidad estructural, por lo que será analizada, teniendo en cuenta las recomendaciones que ésta norma recomienda.

Según en la configuración estructural de los planos en plant, la estructura es regular, por lo que no será necesario evaluar a la estructura por efectos de irregularidad

#### 4.2 Normas y Códigos de Diseño

Para el análisis de estructuras se requiere de parámetros estándares que cada país lo establece, según estudios experimentales realizados y en nuestro país no es una excepción, por ello se considera en la verificación estructural los análisis que sugieren las siguientes normas:

- ✓ Norma Técnica de Edificación E-020-2006 "Cargas"
- ✓ Norma Técnica de Edificación E-030-2016 "Diseño Sismo Resistente".
- ✓ Norma Técnica de Edificación E-050-2006 "Suelos y Cimentaciones".
- ✓ Norma Técnica de Edificación E-060-2009 "Concreto Armado".
- ✓ Norma Técnica de Edificación E-070-2006 "Albañilería"
- ✓ A.C.I. 2014

### 4.3 Configuración Estructural

La configuración estructural del Módulo, estará conformada por:

- ✓ Vigas de arriostres de concreto armado.
- ✓ Albañilería.
- ✓ Columnas que confinarían a los muros de albañilería
- ✓ Losas aligeradas en un solo sentido en dirección a la menor luz existente, para ellos se utilizarán elementos tipo membrana que proveen la rigidez de las losas para el efecto de diafragma, así mismo transmiten las cargas muertas y vivas de las losas hacia las vigas columnas y muros.

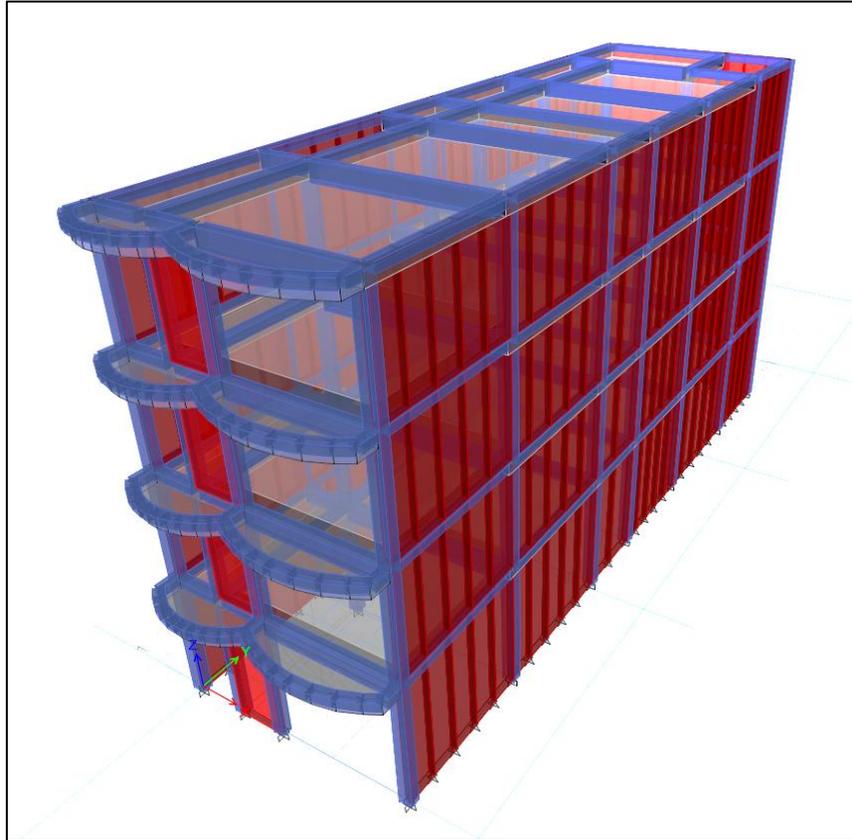
### 4.4 Modelamiento Estructural.

Los elementos estructurales que conforman la estructura de la vivienda, se modelarán como barras que pasarán por el centroide de cada elemento, para ello reduciremos la inercia producida por cada elemento estructural de la siguiente manera.

- ✓ Columnas  $I_{ef} = 0.70I_g$
- ✓ Vigas  $I_{ef} = 0.35I_g$
- ✓ Muros  $I_{ef} = 0.35I_g$

Este módulo de Inercia reducido se utilizará para considerar el efecto de reducción de inercia debido a la figuración en los elementos de concreto armado en la etapa de cargas últimas, de acuerdo a las recomendaciones dadas en la NTE: E-060 de concreto armado de nuestro país (Perú).

Todo modelamiento estructural requiere de una serie de complementos y consideraciones necesarias y útiles, estos serán asignados al modelo tridimensional generado en el software, teniendo en cuenta la funcionalidad y la coordinación entre cada uno de los elementos estructurales que conforman el modelo de la estructura, para garantizar la obtención de cálculos confiables, evitando así repercusiones desfavorables en la estructura. A continuación, pasaremos a mencionar algunas asignaciones en el modelo estructural considerados en el análisis estructural.

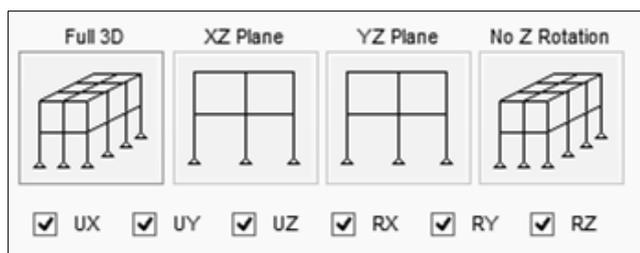


*Fig. N° 20: Modelo Estructural adoptado en el Software*

**4.4.1 Piso Automático.** Esta asignación, ajusta automáticamente los objetos de Shell a los que se asignan propiedades de la cubierta o propiedades de losas con comportamiento de membrana solamente. La malla ayuda a distribuir las cargas de manera realista, transfiriendo así cargas según proceda, hacia y desde vigas y paredes.

Los elementos Shell quedarán de forma automática asignados con una malla de elementos finitos (Mesh), para quedar sincretizadas exteriormente y el cálculo sea de mayor precisión.

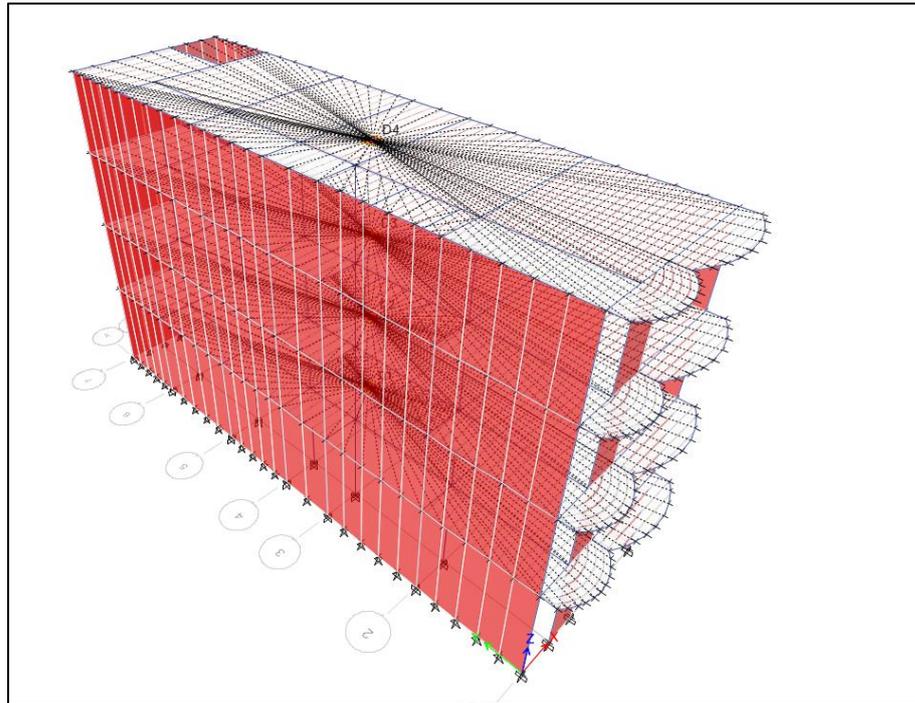
**4.4.2 Restricciones en la Base.** La base del edificio estará empotrada; es decir:



*Figura N° 21. Asignación de Restricciones en la Base para el análisis.*

**4.4.3 Diafragmas.** Por lo general, los pisos horizontales en cualquier nivel son modelados como un diafragma horizontal rígido, con una rigidez infinita en su plano, pero sin rigidez fuera de su plano. Puede haber uno o más elementos Flor Diaphragms (diafragmas) asociados con un solo nivel o piso. Este plano horizontal está conectado a los ejes de columnas asociados con el diafragma. En consecuencia, todos los ejes de columnas conectados a un diafragma rígido no podrían tener desplazamientos independientes entre sí. Algunos ejes de columnas pueden ser desconectados del diafragma rígido, para permitir desplazamientos independientes en las columnas. Un elemento diafragma puede tener rigidez infinita, no tener rigidez o tener una rigidez intermedia, mediante el uso de elementos flexibles.

Los diafragmas rígidos deben ser horizontales; los diafragmas flexibles pueden tener una inclinación. Las masas requeridas para el análisis dinámico están asociadas con los diafragmas rígidos. Las masas son concentradas en los centros de masas de los diafragmas correspondientes. Las masas de los elementos son incluidas automáticamente en una masa de diafragma conjunto, con la contribución correspondiente a los momentos de inercia de masa. El número de elementos diafragma en un nivel particular dependerá de la distribución de masas en el piso.



*Figura N° 22. Asignación de Diafragmas Rígidos a las Losas Aligeradas.*

**4.4.4 Propiedades de los Elementos No Prismáticos.** Se pueden definir secciones de cuadros no prismáticos con las propiedades que varían a lo largo de la longitud del elemento. Además, la longitud del elemento puede dividirse en cualquier número de segmentos de longitudes desiguales.

Las situaciones más comunes se pueden modelar usando de uno a cinco segmentos. La variación de las rigideces de flexión puede ser lineal, parabólica o cúbica sobre cada segmento de longitud.

Las propiedades axiales, de cizalladura, torsión, masa y peso varían linealmente en cada segmento. Las propiedades de la sección pueden cambiar discontinuamente de un segmento a otro.

**4.4.5 Restricciones de Borde.** Normalmente, en el análisis de elementos finitos, los elementos de la envoltura están conectados a otros elementos solamente en las juntas de las esquinas. La característica de restricciones de bordes automáticos puede usarse para especificar que los elementos que enmarcan el borde de un elemento de edge se conecten al elemento Shell.

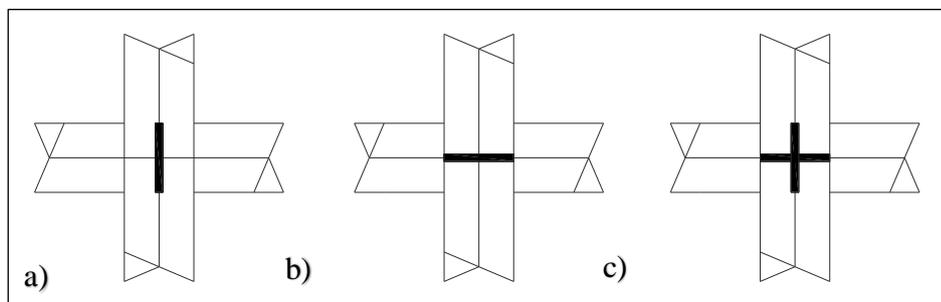
El software se encargará internamente de la conexión entre los elementos mediante la limitación de las articulaciones situadas a lo largo

de un borde del elemento de concha para moverse con ese borde del elemento.

**4.4.6 Brazos Rígidos.** Se le asignará los brazos rígidos en los nudos (unión viga-columna) con una constante de 0.5. Cuando las dimensiones de las columnas son relativamente grandes, el aumento de la rigidez de la estructura es grande, tanto en la consideración de deformaciones de corte como en el aumento de rigidez en las vigas, como resultado de un efecto de brazo rígido. El mismo efecto se produce en las columnas con las vigas de peralte considerable.

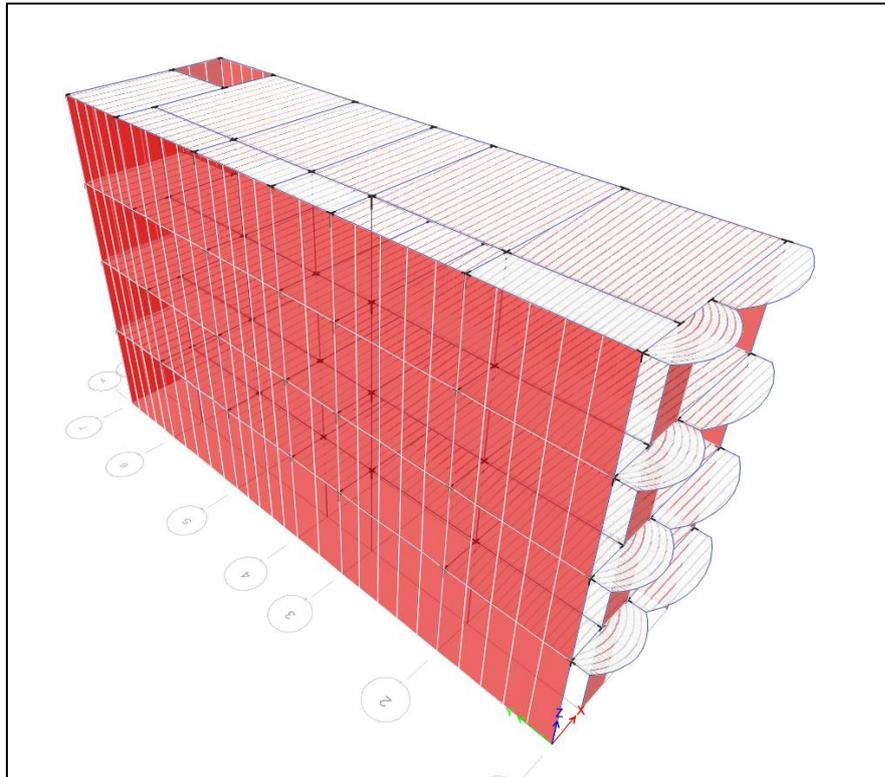
Las fuerzas internas en los elementos viga y columna son dadas en las caras externas de los brazos rígidos, lo cual tiene ventajas evidentes para fines de diseño. Puede considerarse una reducción en la dimensión del brazo rígido, para tomar en cuenta cierta flexibilidad y evitar una subestimación de los desplazamientos. En todo caso, las fuerzas internas siempre están dadas a nivel de las caras externas de los brazos rígidos.

- a)  $\sum Mn(Columnas) \geq 1.2 \sum Mn(Vigas)$  Ec. 08
- b)  $\sum Mn(Columnas) \geq 0.8 \sum Mn(Vigas)$  Ec. 09
- c)  $0.8 \sum Mn(Vigas) \leq \sum Mn(Columnas) \leq 1.2 \sum Mn(Vigas)$  Ec. 10



*Figura N°23. Configuración de brazos rígidos para nuestro análisis (a).*

Con esto se tratará de que las rotulas se generen en las vigas y no en las columnas. A continuación, se muestra en la **fig. 24** el modelo estructural con sus respectivos brazos rígidos.



*Figura N°24. Asignación de Brazos Rígidos en el Modelo.*

#### 4.5 Parámetros de Diseño.

Las cargas de sismo se considerarán teniendo en cuenta a lo que estable la Norma Técnica E-030 Norma para diseño sismo resistente en nuestro país (Perú). A continuación, detallaremos cada uno de éstos parámetros para la elaboración de nuestro espectro de aceleración.

**4.5.1 Periodo Fundamental de la Estructura (T).** El periodo fundamental de la estructura, según lo establece la Norma **Técnica E-030** en el **Capítulo 4(4.5.4)**. Periodo fundamental de vibración, se calculará en la ecuación siguiente:

$$T = \frac{H_n}{C_t} \quad \text{Ec. 03}$$

Donde:

- T : Periodo fundamental de vibración.
- H<sub>n</sub> : Altura total de la estructura.
- C<sub>T</sub> : Coeficiente según elementos resistentes.

CT = 35. Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- ✓ Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- ✓ Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

CT = 45. Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- ✓ Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- ✓ Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60. Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

Para estos coeficientes indicados el periodo fundamental de la estructura es:

$$T_1 = \frac{12.20}{60} = 0.203Seg$$

**4.5.2 Factor de Zona.** El factor de zona de la Edificación, se clasifica como "Z2" clasificada en la Zona 2, según lo establece la **Norma Técnica E-030**, en el **Capítulo 2(2.1)**. Peligro sísmico (Zonificación), Por tanto, las fuerzas sísmicas verticales se considerarán como una fracción de 2/3 del valor de la fuerza sísmica horizontal. **Factor de Zona (Z)**. Entonces el factor de zona "Z" será de 0.25.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	COEFICIENTE
Z4	0.45
Z3	0.35
<b>Z2</b>	<b>0.25</b>
Z1	0.1

*Tabla N° 04. Tabla de factores de zona Según Norma Técnica E-030 Tabla N°1.*

**4.5.3 Factor de Amplificación del Suelo (S).** El factor de Amplificación del suelo se calculará según la clasificación SUCS según lo establezca el estudio de suelos realizados, para éste proyecto el perfil del suelo se ha

considerado tipo “S3”, por lo tanto, verificaremos en la **Norma Técnica E-030 Tabla N°3**. Donde “S” resulta ser 1.40

FACTORES DE SUELO SEGÚN ZONIFICACIÓN				
SUELO	S0	S1	S2	S3
ZONA				
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

*Tabla 05. Tabla de factores de Amplificación del suelo según Norma Técnica E-030 Tabla N° 3.*

**4.5.4 Periodos Tp y Tl.** El periodo que define la plataforma del factor (C) y el periodo que define el inicio del factor (C), se considerará de acuerdo a lo que establece la **Norma Técnica E-030** en el **Capítulo 2(2.4)** Parámetros de Sitio en la **tabla N°4**. Estos periodos serán necesarios para el cálculo de nuestro factor de amplificación sísmica.

PERIODOS "TP" y "TL"				
PERIODOS	PERFIL DEL SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP(S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(S)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Tabla N° 06. Tabla de periodos Tp y Tl Según Norma Técnica E-030 Tabla °4.*

**4.5.5 Categoría de la Edificación y factor de uso (U).** Según el uso que está destinado éste edificio, lo clasificaremos en el grupo “C” de edificaciones Comunes, según lo establece la **Norma Técnica E-030**, en el **Capítulo 3(3.1)** por lo tanto el coeficiente del factor de uso “U” será de **1.0**.

A continuación, en la **Tabla 06** se muestra el tipo de edificaciones que abarca la categoría “C” de la **Tabla n° 4** de la **NTE: E-030** Factores de Uso.

CATEGORIAS DE EDIFICACION Y FACTOR USO			EDIFICACION	CATEG.	USO
CATEG.	DESC.	EDIFICACIONES QUE ABARCA			
		<b>Viviendas</b>	<b>Edificaciones Comunes</b>	<b>C</b>	<b>1.0</b>
<b>C</b>	<b>COMUNES EDIFICACIONES</b>	Oficinas	Edificaciones Comunes	C	1.0
		Hoteles	Edificaciones Comunes	C	1.0
		Restaurantes	Edificaciones Comunes	C	1.0
		Depósitos	Edificaciones Comunes	C	1.0
		Instalaciones Industriales	Edificaciones Comunes	C	1.0

*Tabla N° 07. Tabla de factores de Uso Según Norma Técnica E-030 Tabla N°1.*

#### 4.6 Combinaciones de Carga.

Las combinaciones de carga consideradas para éste Análisis han sido tomadas según lo establece: **NTE: E-060.**

- ✓ 1.4DL
- ✓ 1.4DL+1.7LL
- ✓ 1.25DL + 1.25LL + 1.25LLr ± Sx
- ✓ 1.25DL + 1.25LL + 1.25LLr ± Sy
- ✓ 0.9DL ± Sx
- ✓ 0.9DL ± Sy

Donde:

DL es la carga muerta, LL corresponde a la carga viva, LLr carga de techo o azoteas, Sx, Sy son la carga correspondiente al sismo en su dirección de análisis.

De dichas combinaciones, el diseño Estructural se efectúa con la “**ENVOLVENTE**” definida con la suma de todas las combinaciones existentes. Así mismo la **Norma E.060** en el **Artículo 9.3.2** señala que la resistencia de diseño ( $\phi R_n$ ) proporcionada por un elemento, en términos de flexión, carga axial, cortante

y torsión deberá tomarse como la resistencia nominal multiplicada por los factores  $\phi$  de reducción de resistencia.

TERMINOS CONSIDERADOS	$\phi$
Flexión sin carga axial	0.9
Carga axial y carga axial con flexión	
Para carga axial de tracción con o sin flexión	0.9
Para carga axial de compresión con o sin flexión	
Para elementos con refuerzo en espiral	0.75
Para otros elementos	0.7
Corte y torsión	0.85
Aplastamiento del concreto	0.7
Concreto simple	0.65

*Tabla N° 08. Coeficientes ACI de Reducción.*

#### 4.7 Análisis Estructural.

En este apartado indicaremos todas las consideraciones que se tuvieron en cuenta en el modelamiento estructural, donde serán representativos para cumplir los términos de resistencia y rigidez en la estructura. El análisis modal espectral está basado en el método de combinación cuadrática completa.

La estructura puede ser analizada con el sismo en dos direcciones diferentes con espectros de diseño independientes.

**4.7.1 Análisis Estático (AE).** Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Para realizar el análisis estático, consideraremos los parámetros de diseño anteriormente mencionados en el **apartado 4** de esta Tesis.

Este análisis también se lo puede llamar como análisis de las fuerzas estáticas equivalentes, que consiste en que las solicitaciones sísmicas se representarán como un conjunto de fuerzas concentradas en el centro de masa de cada nivel.

**4.7.2 Peso Sísmico (Ps).** Para determinar el peso sísmico de la estructura, consideraremos el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga

viva, más el 25% de la carga de techo, según lo establece la **Norma Técnica E-030** de nuestro país, en el **Capítulo 4 (4.3)** de Análisis Estructural.

$$Ps = 1.0(\text{Peso Propio} + \text{Carga muerta}) + 0.25(\text{carga viva}) + 0.25(\text{Carga de techo}) \quad \text{Ec.04}$$

**4.7.3 Factor de Amplificación Sísmica (C).** A continuación, mencionaremos las ecuaciones a considerar para encontrar nuestro factor de amplificación sísmico, según lo establece la **Norma Técnica E-030** de nuestro país, en el **Capítulo 2 (2.5)** para factor de amplificación sísmica(C).

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad \text{Ec.05}$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right) \quad \text{Ec.06}$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p \times T_L}{T^2} \right) \quad \text{Ec:07}$$

Al evaluar la ecuación, la **Norma Técnica E-030** en el **Capítulo 4 (4.5.4)** de Cortante Basal, nos indica que debe cumplir la relación:  $\frac{C}{R} \geq 0.125$  al ser menor se considerará el valor de 0.125.

A continuación, se muestran los procesos y cálculos para determinar este valor.

$$T = 0.203 \text{Seg.}$$

$$T_p = 1.0 \text{Seg.}$$

$$T_l = 1.6 \text{Seg.}$$

De acuerdo a estos valores obtenidos, la ecuación en la que encajan perfectamente es en la Ec.05 en la que podemos concluir que el valor de “C” es de 2.5. Luego este valor será verificado en el software de cálculo para el análisis de edificaciones, el periodo obtenido en el análisis estructural, se verificará en la tabla de espectro de aceleración **Tabla 1.8**, para comprobar que el coeficiente de amplificación sísmica se encuentra en el rango del periodo fundamental de la estructura analizada.

**4.7.4 Coeficiente de cortante basal.** Para calcular éste coeficiente, consideraremos los parámetros indicados en el **Ítem 4** de este informe en la Ec.08, determinando así el coeficiente de cortante basal estático.

$$Cb = \frac{Z.U.C.S}{lg.R}$$

Ec. 08

De acuerdo a los valores obtenidos esta cortante es de:

$$Cbx = \frac{0.25 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.40}{3} = 0.2917$$

**4.7.5 Cortante Estática (Ve).** Una vez calculada la cortante Basal Estática, se pasará a calcular el peso total de la edificación la cual se obtendrá del software de cálculo estructural, luego estos resultados serán reemplazados en la ecuación siguiente, determinándose así la cortante estática del análisis estático de la estructura.

$$Ve = \frac{Z.U.C.S}{R} \times (\text{Peso de la estructura}) \quad \text{Ec. 09}$$

$$Vex = 0.2917 \times 831.38Tn = 242.513Tn$$

$$Vey = 0.2917 \times 831.38Tn = 242.513Tn$$

Cabe indicar que el peso sísmico de la estructura se está calculando una vez realizado el modelamiento estructural en el software de cálculo de estructuras.

#### 4.8 Análisis Dinámico modal Espectral (ADME).

El análisis modal espectral está basado en el método de combinación cuadrática completa. La estructura puede ser analizada con el sismo en dos direcciones diferentes con espectros de diseño independientes. El efecto de amortiguamiento sísmico se considerará con un coeficiente del 5% para estructuras convencionales.

Para el análisis modal espectral consideraremos un total de:

$$N^{\circ} \text{ Modos} = (N^{\circ} \text{ Pisos}) \times N^{\circ} \text{ Grados de Libertad} \quad \text{Ec. 10}$$

Pero cada piso le asignaremos 3 grados de libertad y la estructura cuenta con 4 pisos, por lo que el número de modos que consideraremos para este análisis, será de 12 modos.

$$N^{\circ} \text{ Modos} = (3) \times (4) = 12$$

**4.8.1 Espectro de Aceleración.** Para elaborar nuestro espectro de aceleración en ambas direcciones, procederemos a procesar los parámetros sísmicos de diseño indicados en el **Ítem 4.5** de este informe,

donde la aceleración espectral estará dada por la ecuación Ec. 09 multiplicada por la gravedad.

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \times g \quad \text{Ec. 11}$$

A continuación, indicamos los parámetros sísmicos los cuales fueron necesarios para elaborar el espectro de aceleración de la estructura evaluada.

SPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIÓN NTE: E.030-2016-PERÚ						
DATOS DE LA ESTRUCTURA						
Diseño de:	Ht:	12.2	N° P.	4	Viviendas	
Ubicación:	DEP:	CAJAMARCA	PROV:	JAÉN	DIST:	JAÉN
Material:	CONCRETO					
Tipo de Sistema Usar:	DXX:	Albañilería Armada o Confinada.		DYY:	Albañilería Armada o Confinada.	
Tipo de Estructura:	ESTRUCTURA_REGULAR					
Planteamiento Estructural:	Albañilería y para todos, edificios de C.A duales, de muros estruct. Y muros de ductilidad limitada					
Según Estructura Corresp:	EDIFICACIONES COMUNES					
PARÁMETROS SÍSMICOS ( NTP.E-030)						
Categoría de Edificación:	C	Z	0.25		No es Necesario Aislamiento Sísmico, Use criterio del proyectista	
Zona Sísmica:	Z2	U	1.00			
Perfil del Suelo:	S3	C	2.50			
Sismo Moderado: Ry=3/4Rx:	1.00	S	1.40			
CT:	60.0	Coeficiente de Reg:	Lp	1.00	Le	1.00
Tp(seg):	1.0	Casos de Regularidad:	NO EXISTE IRREGULARIDAD		NO EXISTE IRREGULARIDAD	
Tl(seg):	1.6	Coef. De Red (x-x) ; (y-y):	Rx =	3.00	Ry =	3.00
T(seg):	0.20	Restricc. Según Zona y Suelo:	NO EXISTE IRREGULARIDAD EXTREMAS			

Tabla N° 09. Parámetros de Espectro de Seudo Aceleración NTE: E-030

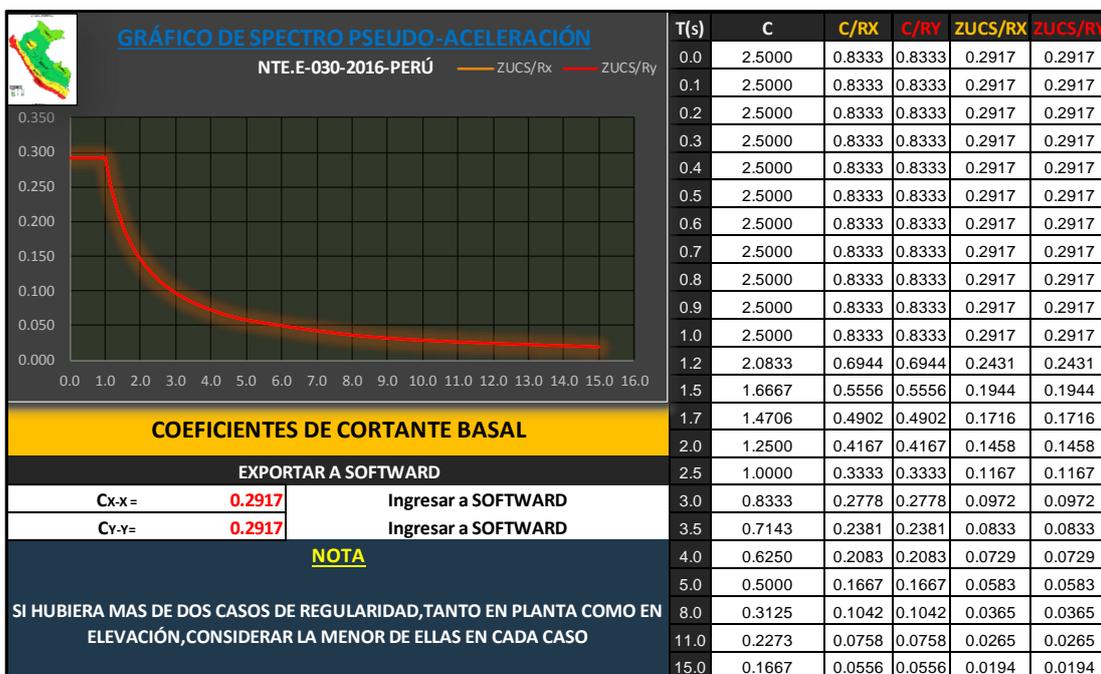


Tabla N°10. Espectro de Seudo Aceleración NTE: E-030

Este espectro se aplicará en las dos direcciones de manera independiente, hallándose las fuerzas cortantes totales de la superposición modal, los momentos, fuerzas cortantes y fuerzas axiales sobre los elementos y los desplazamientos elásticos.

**4.8.2 Efectos de Torsión.** Para considerar los efectos de incertidumbre en la ubicación de los centros de masa de la edificación, se consideró una excentricidad accidental del 5% en relación a la dimensión total del edificio en ambas direcciones. Esto fue realizado para ambas direcciones y se tomaron los efectos más desfavorables en cada caso.

$$e_x = 0.05Lx = 0.300 m \quad \text{Ec. 12}$$

$$e_y = 0.05Ly = 1.00m \quad \text{Ec. 13}$$

**4.8.3 Criterios de Combinación.** Mediante los criterios de combinación que son indicados, se puede calcular la respuesta máxima esperada, tanto para fuerzas internas como para los parámetros globales, fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, desplazamientos totales y relativos de entrepiso, ésta respuesta máxima esperada se podrá calcular, mediante la siguiente ecuación:

$$r = 0.25 \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

$r_i$  : Respuestas elásticas máximas por cada modo  $i$ .

$m$  : Número total de modos considerados para el análisis.

**4.8.4 Modos de Vibración.** Para el análisis Modal de la vivienda, se realizará por el método de superposición modal espectral, donde consideraremos los modos, cuya suma de masas participativas equivalgan mayor al 90%, tal como lo menciona la **Norma Técnica E-030**, en el **Capítulo 4 (4.6.1) Modos de Vibración**; es recomendable que ésta se encuentre en los tres primeros modos.

ACCIÓN	MODO	P	UX	UY	UZ	SUX	SUY	SUZ
	n°	Seg	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles
Modo	1	<b>0.626</b>	0.7857	4.11E-06	0	0.7857	4.11E-06	0
Modo	2	0.233	0.0575	0.0001	0	0.8432	0.0001	0
Modo	3	0.2	0.1046	0.165	0	0.9477	0.1651	0
Modo	4	0.199	0.0236	0.7385	0	0.9714	0.9036	0
Modo	5	0.115	0.0148	3.20E-06	0	0.9862	0.9036	0
Modo	6	0.087	3.20E-03	1.26E-06	0	0.9893	0.9036	0
Modo	7	0.079	0.0092	3.43E-05	0	0.9985	0.9036	0
Modo	8	0.068	7.96E-07	8.32E-02	0	0.9985	0.9868	0
Modo	9	0.049	0.0013	0.00E+00	0	0.9998	0.9868	0
Modo	10	0.043	0	1.16E-02	0	0.9998	0.9984	0
Modo	11	0.039	0.0002	0	0	1	0.9984	0
Modo	12	0.035	0	0.0016	0	1	1	0

*Tabla N°11(a). Factores de Participación Modal NTE: E-030*

ACCIÓN	MODO	P	RX	RY	RZ	SURX	SURY	SURZ
	n°	Seg	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles	unitlles
Modo	1	<b>0.276</b>	2.70E-06	0.1697	8.89E-02	2.70E-06	0.1697	8.89E-02
Modo	2	0.098	2.69E-05	0.0622	0.8183	2.96E-05	0.2319	0.9072
Modo	3	0.097	0.0271	0.5088	0.0017	0.0272	0.7407	0.9089
Modo	4	0.089	0.118	0.1137	0.0009	0.1452	0.8544	0.9098
Modo	5	0.042	3.83E-06	4.41E-02	0.0035	0.1452	0.8985	0.9133
Modo	6	0.039	2.48E-06	0.0207	1.45E-06	0.1452	0.9192	0.9133
Modo	7	0.027	0.0001	7.58E-02	7.44E-02	0.1453	0.995	0.9876
Modo	8	0.023	0.8122	3.46E-06	1.86E-06	0.9575	0.995	0.9876
Modo	9	0.023	5.42E-06	0.0034	1.09E-02	0.9575	0.9984	0.9986
Modo	10	0.021	0.026	0.00E+00	0.00E+00	0.9835	0.9984	0.9986
Modo	11	0.02	0	1.60E-03	1.40E-03	0.9835	1	1
Modo	12	0.019	0.0165	0.00E+00	0.00E+00	1	1	1

*Tabla N°11(b). Factores de Participación Modal NTE: E-030*

Como podemos notar en las **Tablas 11a y 11b** el porcentaje de la masa participativa en la dirección “X-X”  $(0.9478 \cdot 100\% = 94.78\%)$ , supera los 90%, mientras que en la dirección “Y-Y”  $(0.1651 \cdot 100\% = 16.51\%)$ , no supera el 90%; éstos se encuentran en los tres primeros modos de vibración lo que estamos cumpliendo con los requerimientos de análisis modal en la dirección “X-X”, mientras que en la dirección “Y-Y” no cumple estos requisitos de Norma.

ACCION	MODO	PERIODO	FRECUENCIA	CICL-FREC	EIGEN-EVAL
	n°	Seg	Cicl/Seg	Rad/Seg	Rad2/Seg2
Modo	1	0.626	1.596	10.0301	100.6025
Modo	2	0.233	4.301	27.0211	730.138
Modo	3	0.2	4.988	31.3423	982.3383
Modo	4	0.199	5.034	31.6289	1000.3902
Modo	5	0.115	8.7	54.6639	2988.1371
Modo	6	0.087	11.546	72.5473	5263.1082
Modo	7	0.079	12.688	79.7224	6355.6573
Modo	8	0.068	14.676	92.2146	8503.5309
Modo	9	0.049	20.441	128.4317	16494.7046
Modo	10	0.043	23.468	147.4564	21743.3974
Modo	11	0.039	25.474	160.0571	25618.2631
Modo	12	0.035	28.906	181.6191	32985.4953

*Tabla N°12. Periodos y Frecuencias NTE: E-030*

En la **Tabla 12** se muestra los periodos y frecuencias calculados en el análisis estructural para los modos de vibración considerados, en el cual se puede ver que el periodo máximo es de 0.626Seg.

En la **Tabla 13** se puede ver las cargas modales participantes en el análisis estructural.

TIPO	DIRECCIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE
	U	Estático	Dinámico
Aceleración	UX	99.9628	94.7292
Aceleración	UY	99.9465	95.2542
Aceleración	UZ	6.0148	1.291

*Tabla N°13 Porcentaje de las Cargas Modales Participantes*

**4.8.5 Fuerza Cortante Mínima.** De acuerdo con la **Norma Técnica E-030**, en el **Capítulo 4 (4.6.4)**. Fuerza de cortante Mínima; el cortante en la Base del análisis dinámico debe ser como mínimo el 80% del cortante en la Base del análisis estático, para estructuras regulares; mientras que, para estructuras irregulares, el porcentaje mínimo será del 90%.

De acuerdo al Análisis dinámico éstas cortantes serán:

CORTANTES POR ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL								
Material:	<u>Albañilería</u>		VX=	193.76 Tn				
RX =	3.00		VY=	220.05 Tn				
RY =	3.00							
Coef. Multip.	0.75							
Éstas cortantes fueron obtenidas por Espectro Inelástico mediante el software								
Tablas: resultados de la estructura story forces (fuerzas por piso)								
PISO	LOAD Case/Comb	UBICACIÓN	P	VX	VY	T	MX	MY
			Tn	Tn	Tn	T-m	T-m	T-m
PISO 4	SDX Max	Bottom	0.00	60.18	1.21	453.11	3.52	174.52
	SDY Max	Bottom	0.00	2.11	63.18	187.62	183.22	6.12
PISO 3	SDX Max	Bottom	0.00	122.66	2.39	941.82	9.67	527.85
	SDY Max	Bottom	0.00	2.12	134.21	389.29	571.16	12.24
PISO 2	SDX Max	Bottom	0.00	167.72	3.18	1317.52	18.77	1006.55
	SDY Max	Bottom	0.00	0.85	186.94	533.03	1108.36	10.74
PISO 1	SDX Max	Bottom	0.00	193.76	3.64	1560.77	31.46	1676.33
	SDY Max	Bottom	0.00	3.64	220.05	621.24	1869.07	5.79

*Tabla N°14 Tabla de Contratantes Dinámicas extraídas del Software*

Entonces al realizar la verificación de cortantes, tanto estáticas como dinámicas, se tiene lo siguiente.

COMPARACIÓN DE CORTANTES DINÁMICAS				
<b>La NTE. E-030-Perú-2016, en el Capítulo 4, Artículo 6.4</b>				
de requisitos de cortante mínima estable:				
Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso no podrá ser menor que el <b>80%</b> de la cortante Estática en <b>Estructuras regulares</b> ni menor que el <b>90%</b> en <b>Estructuras irregulares</b>				
CASO	0.8V(EST.) Tn	V(X-X) Tn	Y(Y-Y) Tn	CONCLUSIÓN
SDX Max	194.01	193.76	-	<b>VERIFIQUE</b>
SDY Max	194.01	-	220.05	<b>OK</b>
CORRECCIÓN POR CARGAS DINÁMICAS				
<b>La NTE. E-030-Perú-2016, en el Capítulo 4, Artículo 6.4</b>				
Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, Excepto los desplazamientos.				
VERIFICACIÓN DE CORTANTES EST.-DIN.				
CASO	0.8V(EST)	V(DIN.)	CORRECCIÓN	
SDX Max	194.01	193.76	1.001292320	
SDY Max	194.01	220.05	1.000000000	
<b>CONCLUSION:</b>				
- Es necesario corregir fuerzas dinámicas en la dirección X-X				
- No es necesario corregir fuerzas dinámicas en la dirección Y-Y				

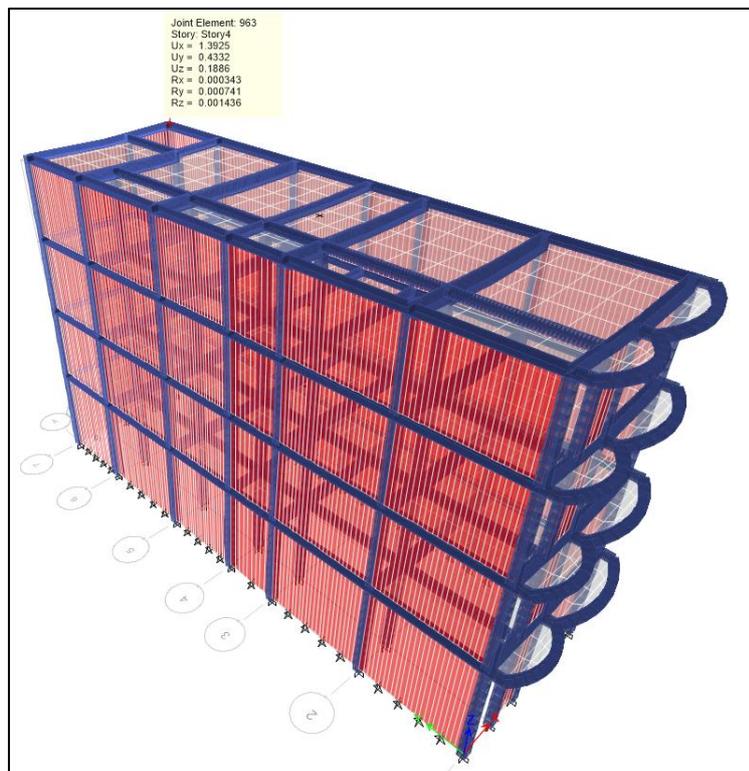
*Tabla N° 15. Tabla de Verificación de Cortantes Mínimas*

La que indica que es necesario corregir por fuerza dinámica, por lo tanto, no cumple con lo requerido en la norma para cortantes mínimas.

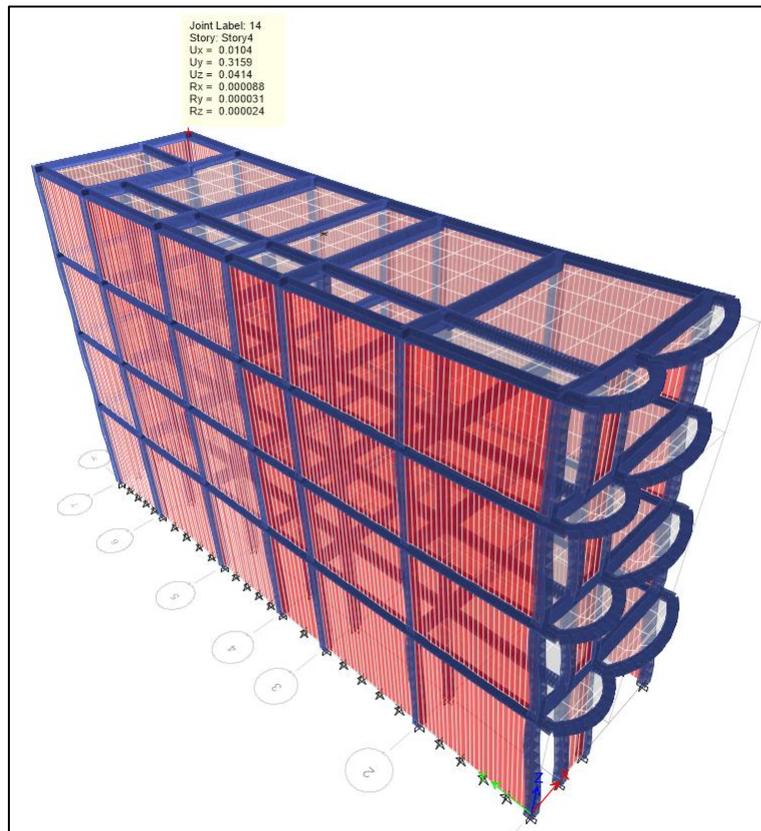
**4.8.6 Control de desplazamientos Laterales.** Para el control de desplazamientos laterales, la **Norma Técnica E-030** de sismo resistente en su **Capítulo 5(5.1)**, Determinación de los Desplazamientos Laterales, indica que:

Para estructura regular los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para estructuras Irregulares los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.



*Figura N° 25. Desplazamientos en la Dirección X-X,  $U_x=1.79\text{cm}$ ,  $U_y=0.43\text{cm}$*



*Figura N° 26. Desplazamientos en la Dirección Y - Y,  $U_y=0.01cm$ ,  $U_x=0.32cm$*

**4.8.7 Control de desplazamientos Laterales Relativos.** El máximo desplazamiento relativo calculado anteriormente en el control de desplazamientos laterales, no deberá exceder a la distorsión indicada en la **Tabla 16**, Según lo establece la **Norma Técnica E-030**, en su **Capítulo 5 (5.2)**. Desplazamientos laterales Relativos Admisibles. Para este modelamiento estructural por tratarse de diseño de albañilería la máxima distorsión (deriva máxima) será 0.005.

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$\Delta_i/h_{ei}$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
<b>Albañilería</b>	<b>0.005</b>
Madera	0.010
Edificios de C.A con Muros de Ductilidad Limitada	0.005

*Tabla N°16. Tabla de límites de distorsión permisibles Norma Técnica E-030  
Tabla N° 11.*

## CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES. NTE: E.030-2016-PERÚ

**DERIVA MAXIMA 0.005**

**JOIN DRIFTS**

Material: **Abañilería** DERIVA MAXIMA "X-X" **0.008 X**  
 RX = **3.0** **NÚMERO DE PISOS** **4** **0.001 OK**  
 RY = **3.0**  
 Coef. Multip. **0.75** Dato de NTE E-030-Perú-2016, para Requisitos de Rigidez y Resistencia

PISO	ETIQUETA	CASOS DE CARGA	SOLICITACIONES REDUCIDAS PRODUCIDAS POR SOFTWARE				DESPLAZAMIENTOS LATERALES ABS.(INEL.)		DESPLAZAMIENTOS LAT. RELAT.(INELASTICOS)	
			DESP.LATERALES ELÁSTICOS		DESP.RELATIVOS ELÁSTICOS		Despl. X-X	Despl. Y-Y	Distorc.X-X	Distorc.Y-Y
			Despl. X-X	Despl. Y-Y	Distorc.X-X	Distorc.Y-Y				
Story6	84	SQX Max	1.377	0.407	0.001	0.000	3.099	0.915	0.002	0.000
Story6	84	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.023	0.711	0.000	0.000
Story6	79	SQX Max	1.764	0.407	0.001	0.000	3.969	0.915	0.002	0.000
Story6	79	SQY Max	0.008	0.316	0.000	0.000	0.018	0.711	0.000	0.000
Story6	64	SQX Max	2.307	0.407	0.001	0.000	5.192	0.915	0.003	0.000
Story6	64	SQY Max	0.015	0.316	0.000	0.000	0.033	0.711	0.000	0.000
Story6	59	SQX Max	2.755	0.407	0.002	0.000	6.198	0.915	0.004	0.000
Story6	59	SQY Max	0.021	0.316	0.000	0.000	0.048	0.711	0.000	0.000
Story6	44	SQX Max	3.054	0.407	0.002	0.000	6.870	0.915	0.004	0.000
Story6	44	SQY Max	0.026	0.316	0.000	0.000	0.058	0.711	0.000	0.000
Story6	39	SQX Max	3.610	0.407	0.002	0.000	8.122	0.915	0.005	0.000
Story6	39	SQY Max	0.035	0.316	0.000	0.000	0.078	0.711	0.000	0.000
Story6	24	SQX Max	4.160	0.407	0.002	0.000	9.360	0.915	0.005	0.000
Story6	24	SQY Max	0.044	0.316	0.000	0.000	0.098	0.711	0.000	0.000
Story6	29	SQX Max	4.160	0.433	0.002	0.000	9.360	0.974	0.005	0.000
Story6	29	SQY Max	0.044	0.316	0.000	0.000	0.098	0.711	0.000	0.000
Story6	34	SQX Max	3.610	0.433	0.002	0.000	8.122	0.974	0.005	0.000
Story6	34	SQY Max	0.035	0.316	0.000	0.000	0.078	0.711	0.000	0.000
Story6	49	SQX Max	3.054	0.433	0.002	0.000	6.870	0.974	0.004	0.000
Story6	49	SQY Max	0.026	0.316	0.000	0.000	0.058	0.711	0.000	0.000
Story6	54	SQX Max	2.755	0.433	0.002	0.000	6.198	0.974	0.004	0.000
Story6	54	SQY Max	0.021	0.316	0.000	0.000	0.048	0.711	0.000	0.000
Story6	69	SQX Max	2.307	0.433	0.001	0.000	5.192	0.974	0.003	0.000
Story6	69	SQY Max	0.015	0.316	0.000	0.000	0.033	0.711	0.000	0.000
Story6	74	SQX Max	1.764	0.433	0.001	0.000	3.969	0.974	0.002	0.000
Story6	74	SQY Max	0.008	0.316	0.000	0.000	0.018	0.711	0.000	0.000
Story6	89	SQX Max	1.377	0.433	0.001	0.000	3.099	0.974	0.002	0.000

Story6	89	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.023	0.711	0.000	0.000
Story6	94	SQX Max	1.764	0.220	0.001	0.000	3.969	0.495	0.002	0.000
Story6	94	SQY Max	0.008	0.315	0.000	0.000	0.018	0.708	0.000	0.000
Story6	99	SQX Max	2.307	0.220	0.001	0.000	5.192	0.495	0.003	0.000
Story6	99	SQY Max	0.015	0.315	0.000	0.000	0.033	0.708	0.000	0.000
Story6	104	SQX Max	2.755	0.220	0.002	0.000	6.198	0.495	0.004	0.000
Story6	104	SQY Max	0.021	0.315	0.000	0.000	0.048	0.708	0.000	0.000
Story6	109	SQX Max	3.054	0.220	0.002	0.000	6.870	0.495	0.004	0.000
Story6	109	SQY Max	0.026	0.315	0.000	0.000	0.058	0.708	0.000	0.000
Story6	114	SQX Max	3.610	0.220	0.002	0.000	8.122	0.495	0.005	0.000
Story6	114	SQY Max	0.035	0.315	0.000	0.000	0.078	0.708	0.000	0.000
Story6	119	SQX Max	4.160	0.220	0.002	0.000	9.360	0.495	0.005	0.000
Story6	119	SQY Max	0.044	0.315	0.000	0.000	0.098	0.708	0.000	0.000
Story5	124	SQX Max	1.377	0.146	0.001	0.000	3.099	0.329	0.002	0.000
Story5	124	SQY Max	0.010	0.314	0.000	0.000	0.023	0.706	0.000	0.000
Story5	129	SQX Max	1.764	0.146	0.001	0.000	3.969	0.329	0.002	0.000
Story5	129	SQY Max	0.008	0.314	0.000	0.000	0.018	0.706	0.000	0.000
Story5	134	SQX Max	4.160	0.055	0.002	0.000	9.360	0.124	0.005	0.000
Story5	134	SQY Max	0.044	0.313	0.000	0.000	0.098	0.705	0.000	0.000
Story5	194	SQX Max	4.300	0.272	0.002	0.000	9.674	0.613	0.005	0.000
Story5	194	SQY Max	0.046	0.315	0.000	0.000	0.103	0.709	0.000	0.000
Story5	226	SQX Max	4.283	0.321	0.002	0.000	9.638	0.721	0.005	0.000
Story5	226	SQY Max	0.046	0.315	0.000	0.000	0.103	0.709	0.000	0.000
Story5	254	SQX Max	4.050	0.407	0.002	0.000	9.112	0.915	0.005	0.000
Story5	254	SQY Max	0.042	0.316	0.000	0.000	0.094	0.711	0.000	0.000
Story5	255	SQX Max	3.940	0.407	0.002	0.000	8.865	0.915	0.005	0.000
Story5	255	SQY Max	0.040	0.316	0.000	0.000	0.090	0.711	0.000	0.000
Story5	256	SQX Max	3.830	0.407	0.002	0.000	8.617	0.915	0.005	0.000
Story5	256	SQY Max	0.038	0.316	0.000	0.000	0.086	0.711	0.000	0.000
Story5	257	SQX Max	3.720	0.407	0.002	0.000	8.369	0.915	0.005	0.000
Story5	257	SQY Max	0.036	0.316	0.000	0.000	0.082	0.711	0.000	0.000
Story5	274	SQX Max	3.498	0.407	0.002	0.000	7.871	0.915	0.004	0.000
Story5	274	SQY Max	0.033	0.316	0.000	0.000	0.074	0.711	0.000	0.000
Story5	275	SQX Max	3.387	0.407	0.002	0.000	7.621	0.915	0.004	0.000
Story5	275	SQY Max	0.031	0.316	0.000	0.000	0.070	0.711	0.000	0.000
Story5	276	SQX Max	3.276	0.407	0.002	0.000	7.371	0.915	0.004	0.000
Story5	276	SQY Max	0.029	0.316	0.000	0.000	0.066	0.711	0.000	0.000
Story5	277	SQX Max	3.165	0.407	0.002	0.000	7.121	0.915	0.004	0.000
Story5	277	SQY Max	0.028	0.316	0.000	0.000	0.062	0.711	0.000	0.000
Story5	288	SQX Max	2.904	0.407	0.002	0.000	6.534	0.915	0.004	0.000
Story5	288	SQY Max	0.024	0.316	0.000	0.000	0.053	0.711	0.000	0.000
Story5	299	SQX Max	2.665	0.407	0.002	0.000	5.996	0.915	0.004	0.000
Story5	299	SQY Max	0.020	0.316	0.000	0.000	0.045	0.711	0.000	0.000
Story5	300	SQX Max	2.576	0.407	0.002	0.000	5.795	0.915	0.003	0.000
Story5	300	SQY Max	0.019	0.316	0.000	0.000	0.042	0.711	0.000	0.000
Story5	301	SQX Max	2.486	0.407	0.001	0.000	5.594	0.915	0.003	0.000
Story5	301	SQY Max	0.017	0.316	0.000	0.000	0.039	0.711	0.000	0.000
Story5	302	SQX Max	2.397	0.407	0.001	0.000	5.393	0.915	0.003	0.000
Story5	302	SQY Max	0.016	0.316	0.000	0.000	0.036	0.711	0.000	0.000
Story5	319	SQX Max	2.198	0.407	0.001	0.000	4.946	0.915	0.003	0.000
Story5	319	SQY Max	0.013	0.316	0.000	0.000	0.029	0.711	0.000	0.000
Story5	320	SQX Max	2.090	0.407	0.001	0.000	4.701	0.915	0.003	0.000
Story5	320	SQY Max	0.012	0.316	0.000	0.000	0.026	0.711	0.000	0.000
Story4	321	SQX Max	1.981	0.407	0.001	0.000	4.457	0.915	0.003	0.000
Story4	321	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.023	0.711	0.000	0.000
Story4	322	SQX Max	1.872	0.407	0.001	0.000	4.213	0.915	0.003	0.000
Story4	322	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.020	0.711	0.000	0.000
Story4	339	SQX Max	1.686	0.407	0.001	0.000	3.793	0.915	0.002	0.000
Story4	339	SQY Max	0.008	0.316	0.000	0.000	0.018	0.711	0.000	0.000
Story4	340	SQX Max	1.608	0.407	0.001	0.000	3.618	0.915	0.002	0.000
Story4	340	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.019	0.711	0.000	0.000
Story4	341	SQX Max	1.531	0.407	0.001	0.000	3.445	0.915	0.002	0.000

Story4	341	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.020	0.711	0.000	0.000
Story4	342	SQX Max	1.454	0.407	0.001	0.000	3.271	0.915	0.002	0.000
Story4	342	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.022	0.711	0.000	0.000
Story4	359	SQX Max	1.377	0.296	0.001	0.000	3.099	0.666	0.002	0.000
Story4	359	SQY Max	0.010	0.315	0.000	0.000	0.023	0.709	0.000	0.000
Story4	360	SQX Max	1.377	0.186	0.001	0.000	3.099	0.418	0.002	0.000
Story4	360	SQY Max	0.010	0.314	0.000	0.000	0.023	0.707	0.000	0.000
Story4	361	SQX Max	1.377	0.075	0.001	0.000	3.099	0.169	0.002	0.000
Story4	361	SQY Max	0.010	0.313	0.000	0.000	0.023	0.705	0.000	0.000
Story4	362	SQX Max	1.377	0.036	0.001	0.000	3.099	0.081	0.002	0.000
Story4	362	SQY Max	0.010	0.313	0.000	0.000	0.023	0.704	0.000	0.000
Story4	375	SQX Max	1.377	0.242	0.001	0.000	3.099	0.544	0.002	0.000
Story4	375	SQY Max	0.010	0.315	0.000	0.000	0.023	0.708	0.000	0.000
Story4	376	SQX Max	1.377	0.338	0.001	0.000	3.099	0.759	0.002	0.000
Story4	376	SQY Max	0.010	0.315	0.000	0.000	0.023	0.709	0.000	0.000
Story4	389	SQX Max	1.686	0.433	0.001	0.000	3.793	0.974	0.002	0.000
Story4	389	SQY Max	0.008	0.316	0.000	0.000	0.018	0.711	0.000	0.000
Story4	390	SQX Max	1.608	0.433	0.001	0.000	3.618	0.974	0.002	0.000
Story4	390	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.019	0.711	0.000	0.000
Story4	391	SQX Max	1.531	0.433	0.001	0.000	3.445	0.974	0.002	0.000
Story4	391	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.020	0.711	0.000	0.000
Story4	392	SQX Max	1.454	0.433	0.001	0.000	3.271	0.974	0.002	0.000
Story4	392	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.022	0.711	0.000	0.000
Story4	409	SQX Max	2.198	0.433	0.001	0.000	4.946	0.974	0.003	0.000
Story4	409	SQY Max	0.013	0.316	0.000	0.000	0.029	0.711	0.000	0.000
Story4	410	SQX Max	2.090	0.433	0.001	0.000	4.701	0.974	0.003	0.000
Story4	410	SQY Max	0.012	0.316	0.000	0.000	0.026	0.711	0.000	0.000
Story4	411	SQX Max	1.981	0.433	0.001	0.000	4.457	0.974	0.003	0.000
Story4	411	SQY Max	0.010	0.316	0.000	0.000	0.023	0.711	0.000	0.000
Story4	412	SQX Max	1.872	0.433	0.001	0.000	4.213	0.974	0.003	0.000
Story4	412	SQY Max	0.009	0.316	0.000	0.000	0.020	0.711	0.000	0.000
Story3	429	SQX Max	2.665	0.433	0.002	0.000	5.996	0.974	0.004	0.000
Story3	429	SQY Max	0.020	0.316	0.000	0.000	0.045	0.711	0.000	0.000
Story3	430	SQX Max	2.576	0.433	0.002	0.000	5.795	0.974	0.003	0.000
Story3	430	SQY Max	0.019	0.316	0.000	0.000	0.042	0.711	0.000	0.000
Story3	431	SQX Max	2.486	0.433	0.001	0.000	5.594	0.974	0.003	0.000
Story3	431	SQY Max	0.017	0.316	0.000	0.000	0.039	0.711	0.000	0.000
Story3	432	SQX Max	2.397	0.433	0.001	0.000	5.393	0.974	0.003	0.000
Story3	432	SQY Max	0.016	0.316	0.000	0.000	0.036	0.711	0.000	0.000
Story3	443	SQX Max	2.904	0.433	0.002	0.000	6.534	0.974	0.004	0.000
Story3	443	SQY Max	0.024	0.316	0.000	0.000	0.053	0.711	0.000	0.000
Story3	454	SQX Max	3.498	0.433	0.002	0.000	7.871	0.974	0.004	0.000
Story3	454	SQY Max	0.033	0.316	0.000	0.000	0.074	0.711	0.000	0.000
Story3	455	SQX Max	3.387	0.433	0.002	0.000	7.621	0.974	0.004	0.000
Story3	455	SQY Max	0.031	0.316	0.000	0.000	0.070	0.711	0.000	0.000
Story3	456	SQX Max	3.276	0.433	0.002	0.000	7.371	0.974	0.004	0.000
Story3	456	SQY Max	0.029	0.316	0.000	0.000	0.066	0.711	0.000	0.000
Story3	457	SQX Max	3.165	0.433	0.002	0.000	7.121	0.974	0.004	0.000
Story3	457	SQY Max	0.028	0.316	0.000	0.000	0.062	0.711	0.000	0.000
Story3	474	SQX Max	4.050	0.433	0.002	0.000	9.112	0.974	0.005	0.000
Story3	474	SQY Max	0.042	0.316	0.000	0.000	0.094	0.711	0.000	0.000
Story3	475	SQX Max	3.940	0.433	0.002	0.000	8.865	0.974	0.005	0.000
Story3	475	SQY Max	0.040	0.316	0.000	0.000	0.090	0.711	0.000	0.000
Story3	476	SQX Max	3.830	0.433	0.002	0.000	8.617	0.974	0.005	0.000
Story3	476	SQY Max	0.038	0.316	0.000	0.000	0.086	0.711	0.000	0.000
Story3	477	SQX Max	3.720	0.433	0.002	0.000	8.369	0.974	0.005	0.000
Story3	477	SQY Max	0.036	0.316	0.000	0.000	0.082	0.711	0.000	0.000
Story3	83	SQX Max	1.117	0.352	0.001	0.000	2.513	0.792	0.003	0.001
Story3	83	SQY Max	0.011	0.277	0.000	0.000	0.025	0.624	0.000	0.001
Story3	78	SQX Max	1.448	0.352	0.002	0.000	3.258	0.792	0.003	0.001
Story3	78	SQY Max	0.007	0.277	0.000	0.000	0.015	0.624	0.000	0.001

Story2	53	SQX Max	2.299	0.371	0.002	0.000	5.172	0.834	0.005	0.001
Story2	53	SQY Max	0.012	0.276	0.000	0.000	0.026	0.621	0.000	0.001
Story2	68	SQX Max	1.914	0.371	0.002	0.000	4.307	0.834	0.004	0.001
Story2	68	SQY Max	0.009	0.276	0.000	0.000	0.020	0.621	0.000	0.001
Story2	73	SQX Max	1.448	0.371	0.002	0.000	3.258	0.834	0.003	0.001
Story2	73	SQY Max	0.007	0.276	0.000	0.000	0.015	0.621	0.000	0.001
Story2	88	SQX Max	1.117	0.371	0.001	0.000	2.513	0.834	0.003	0.001
Story2	88	SQY Max	0.011	0.276	0.000	0.000	0.025	0.621	0.000	0.001
Story2	93	SQX Max	1.448	0.191	0.002	0.000	3.258	0.431	0.003	0.000
Story2	93	SQY Max	0.007	0.276	0.000	0.000	0.015	0.621	0.000	0.001
Story2	98	SQX Max	1.914	0.191	0.002	0.000	4.307	0.431	0.004	0.000
Story2	98	SQY Max	0.009	0.276	0.000	0.000	0.020	0.621	0.000	0.001
Story2	103	SQX Max	2.299	0.191	0.002	0.000	5.172	0.431	0.005	0.000
Story2	103	SQY Max	0.012	0.276	0.000	0.000	0.026	0.621	0.000	0.001
Story2	108	SQX Max	2.556	0.191	0.003	0.000	5.750	0.431	0.006	0.000
Story2	108	SQY Max	0.014	0.276	0.000	0.000	0.031	0.621	0.000	0.001
Story2	113	SQX Max	3.034	0.191	0.003	0.000	6.826	0.431	0.007	0.000
Story2	113	SQY Max	0.019	0.276	0.000	0.000	0.043	0.621	0.000	0.001
Story2	118	SQX Max	3.507	0.191	0.003	0.000	7.891	0.431	0.008	0.000
Story2	118	SQY Max	0.025	0.276	0.000	0.000	0.056	0.621	0.000	0.001
Story2	123	SQX Max	1.117	0.124	0.001	0.000	2.513	0.278	0.003	0.000
Story2	123	SQY Max	0.011	0.275	0.000	0.000	0.025	0.618	0.000	0.001
Story2	128	SQX Max	1.448	0.124	0.002	0.000	3.258	0.278	0.003	0.000
Story2	128	SQY Max	0.007	0.275	0.000	0.000	0.015	0.618	0.000	0.001
Story2	133	SQX Max	3.507	0.050	0.003	0.000	7.891	0.112	0.008	0.000
Story2	133	SQY Max	0.025	0.275	0.000	0.000	0.056	0.618	0.000	0.001
Story2	185	SQX Max	3.627	0.236	0.004	0.000	8.161	0.532	0.008	0.000
Story2	185	SQY Max	0.027	0.276	0.000	0.000	0.060	0.622	0.000	0.001
Story2	219	SQX Max	3.613	0.274	0.004	0.000	8.130	0.616	0.008	0.001
Story2	219	SQY Max	0.027	0.276	0.000	0.000	0.060	0.620	0.000	0.001
Story2	247	SQX Max	3.412	0.352	0.003	0.000	7.678	0.792	0.008	0.001
Story2	247	SQY Max	0.024	0.277	0.000	0.000	0.054	0.624	0.000	0.001
Story2	249	SQX Max	3.318	0.352	0.003	0.000	7.465	0.792	0.007	0.001
Story2	249	SQY Max	0.023	0.277	0.000	0.000	0.051	0.624	0.000	0.001
Story1	251	SQX Max	3.223	0.352	0.003	0.000	7.252	0.792	0.007	0.001
Story1	251	SQY Max	0.022	0.277	0.000	0.000	0.049	0.624	0.000	0.001
Story1	253	SQX Max	3.129	0.352	0.003	0.000	7.039	0.792	0.007	0.001
Story1	253	SQY Max	0.020	0.277	0.000	0.000	0.046	0.624	0.000	0.001
Story1	267	SQX Max	2.938	0.352	0.003	0.000	6.611	0.792	0.007	0.001
Story1	267	SQY Max	0.018	0.277	0.000	0.000	0.041	0.624	0.000	0.001
Story1	269	SQX Max	2.843	0.352	0.003	0.000	6.396	0.792	0.006	0.001
Story1	269	SQY Max	0.017	0.277	0.000	0.000	0.038	0.624	0.000	0.001
Story1	271	SQX Max	2.747	0.352	0.003	0.000	6.180	0.792	0.006	0.001
Story1	271	SQY Max	0.016	0.277	0.000	0.000	0.036	0.624	0.000	0.001
Story1	273	SQX Max	2.651	0.352	0.003	0.000	5.965	0.792	0.006	0.001
Story1	273	SQY Max	0.015	0.277	0.000	0.000	0.034	0.624	0.000	0.001
Story1	287	SQX Max	2.427	0.352	0.002	0.000	5.461	0.792	0.005	0.001
Story1	287	SQY Max	0.013	0.277	0.000	0.000	0.029	0.624	0.000	0.001
Story1	292	SQX Max	2.222	0.352	0.002	0.000	4.999	0.792	0.005	0.001
Story1	292	SQY Max	0.011	0.277	0.000	0.000	0.025	0.624	0.000	0.001
Story1	294	SQX Max	2.145	0.352	0.002	0.000	4.826	0.792	0.005	0.001
Story1	294	SQY Max	0.010	0.277	0.000	0.000	0.023	0.624	0.000	0.001
Story1	296	SQX Max	2.068	0.352	0.002	0.000	4.653	0.792	0.005	0.001
Story1	296	SQY Max	0.010	0.277	0.000	0.000	0.022	0.624	0.000	0.001
Story1	298	SQX Max	1.991	0.352	0.002	0.000	4.480	0.792	0.005	0.001
Story1	298	SQY Max	0.009	0.277	0.000	0.000	0.021	0.624	0.000	0.001
Story1	312	SQX Max	1.821	0.352	0.002	0.000	4.096	0.792	0.004	0.001
Story1	312	SQY Max	0.008	0.277	0.000	0.000	0.019	0.624	0.000	0.001

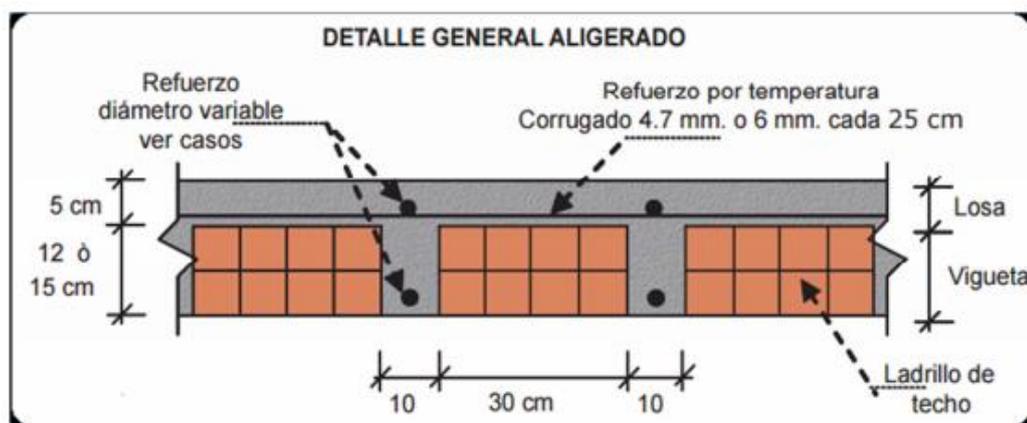
*Tabla N°17. Tabla de límites de derivas Según NTP: E-030.*

Como podemos ver en la **Tabla N° 17**, los desplazamientos relativos o derivas exceden de lo permitido en la **Tabla N° 16**, por lo que la estructura no es lo suficientemente rígida, tal como lo establece la norma en los requisitos de rigidez.

#### 4.9 Análisis de losas Aligeradas.

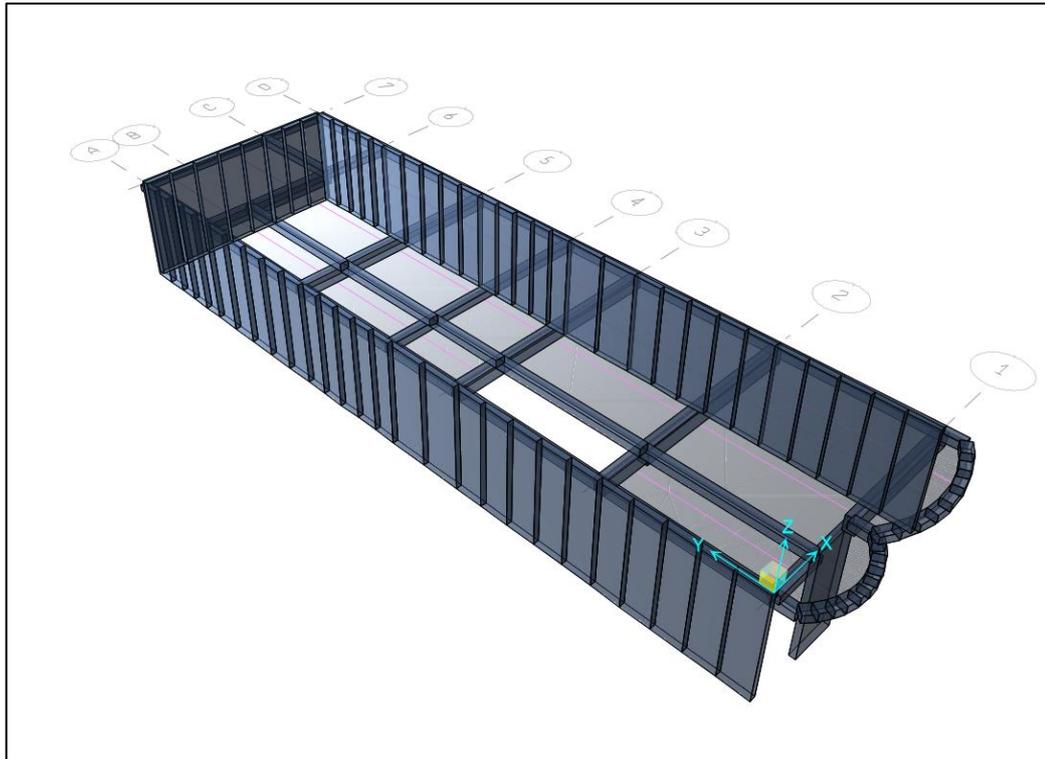
Los aligerados son elementos monolíticos de concreto formados por nervaduras regularmente espaciadas, unidas por una losa superior más delgada, el espacio que hay entre las nervaduras está relleno por un ladrillo aligerado, con vacíos tubulares. El espaciamiento y dimensiones de los componentes de este tipo de losa son tales que su comportamiento estructural permite ser analizada como una viga T. Para el cálculo estructural y diseño, se considera que sólo las viguetas aportan rigidez y resistencia.

Según el estudio realizado insitu, se llegó a obtener una losa aligerada de 20cm de espesor, con lo cual se modelará y analizará en el software de cálculo estructural Safe.



*Figura N° 27. Detalle de Losa Aligerada.*

Las cargas consideradas para el análisis de losas aligeradas, fueron consideradas las mismas que intervinieron en el análisis estructural de la estructura (cargas de gravedad), las cuales fueron exportadas y consideradas en el software Safe.



*Figura N° 28. Modelamiento de la Losa del Primer Nivel en Safe.*

Las losas se diseñaron para cargas de gravedad ya que esta se supuso como diafragma rígido para su análisis, por lo tanto, solamente se usaron las 3 primeras combinaciones.

Losas Aligeradas están compuestas por los siguientes elementos: vigueta, Unidades de Arcilla, acero en flexión y la de compresión (concreto  $f'c$ ), resultando una construcción sencilla y de bajo costo.

**4.9.1 Idealización** En el análisis de aligerados se han usado las siguientes consideraciones:

- ✓ La luz de cálculo es igual a la distancia entre ejes de apoyo.  
Se han tomado las características geométricas de una sección T.
- ✓ La condición de apoyo en el encuentro con vigas es “simplemente apoyado”.
- ✓ La condición de apoyo en el encuentro con placas es “empotrado”. La alternancia de cargas vivas es una situación real en una estructura y puede generar momentos mayores a los obtenidos al considerar todos los tramos uniformemente cargados, así como zonas donde se produzcan inversiones de momentos.

Las alternancias de cargas son las siguientes:

- ✓ La carga muerta aplicada sobre todos los tramos, con la totalidad de la carga viva aplicada simultáneamente en todos los tramos.
- ✓ La carga muerta aplicada sobre todos los tramos, con la totalidad de la carga viva en dos tramos adyacentes.
- ✓ La carga muerta aplicada sobre todos los tramos, con la totalidad de la carga viva en tramos alternos. Una muestra de la alternancia de carga viva, para un aligerado de cinco tramos, se puede observar en el ejemplo práctico incluido en este capítulo.

#### 4.9.2 Análisis Estructural – Programas de Ayuda.

El análisis estructural de cada alternancia de cargas se efectuó mediante la aplicación del programa de ayuda SAFE 2016, de este programa se obtuvieron los momentos flectores y las reacciones en los ejes de los apoyos.

Para la construcción de los diagramas de envolvente de esfuerzos se utilizó una hoja de cálculo desarrollada en Microsoft “EXCEL”. En los extremos de los modelos de aligerados, en los que el momento negativo es cero, se consideró un momento determinado por la siguiente expresión.

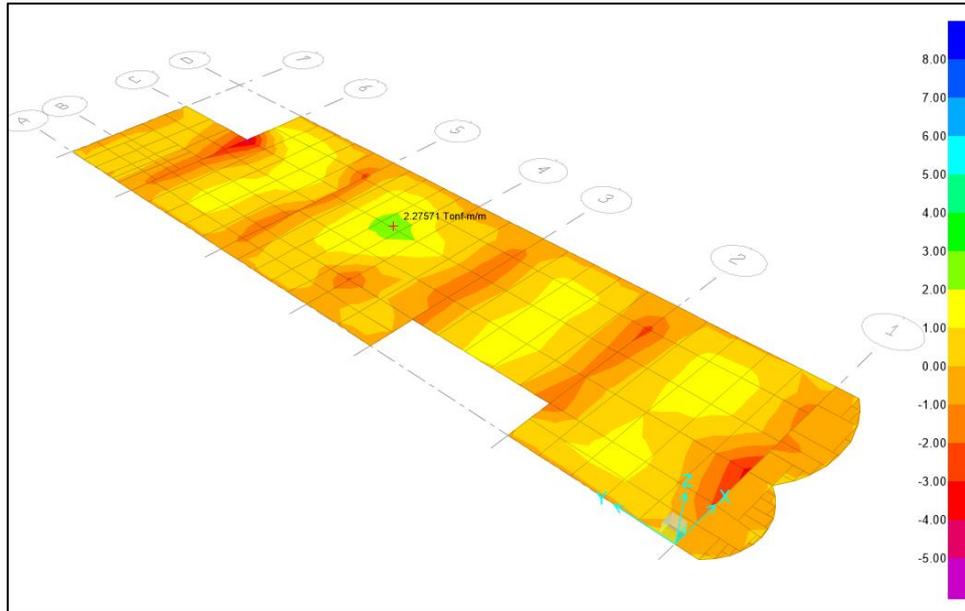
$$M = \frac{w_u}{24} x L^2 \quad Ec. 15$$

Donde:

wu: Carga última = 1.5 \* CM + 1.8 \* CV

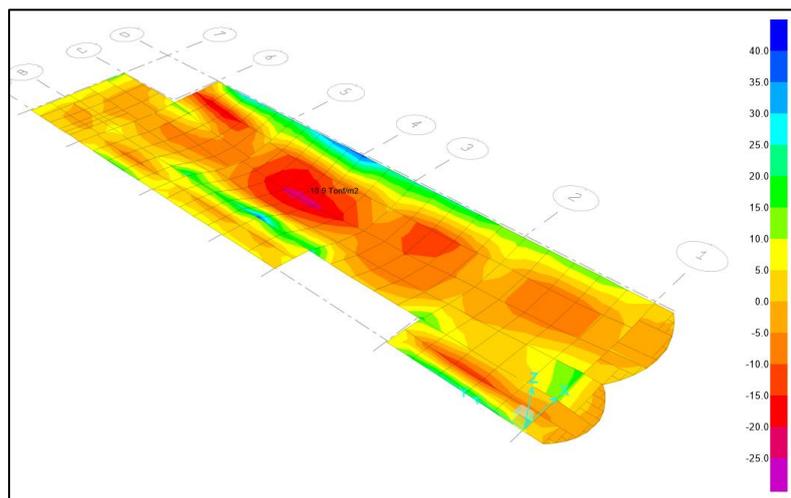
L: Luz libre de tramo de aligerado.

**4.9.3 Flexión.** Se calcularon los momentos flectores máximos, positivos y negativos, al centro del paño y en los bordes respectivamente ocasionados por la carga última. En losas estructurales donde el refuerzo por flexión se extienda en una dirección deberá proporcionarse refuerzo perpendicular al refuerzo por flexión, para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura. El acero previsto para resistir los momentos de flexión es suficiente para resistir, en esa dirección, los esfuerzos por contracción y temperatura.



*Figura N° 29. Evaluación de los Momentos positivos generados en la losa del Primer Nivel en Safe.*

**4.9.4 Corte.** La resistencia al corte del concreto puede ser aumentada en un 10% debido al buen comportamiento en conjunto, donde el ladrillo toma algo del esfuerzo cortante. La verificación se hace a una distancia “d” de la cara del apoyo y si no cumpliese, será necesario hacer uso de ensanches en las viguetas, retirando ladrillos en forma alternada, hasta que se cubran las necesidades de resistencia.



*Figura N° 30. Evaluación de los Momentos Negativos generados en la losa del Primer Nivel en Safe.*

Como se Puede apreciar en las **fig. 29** y **30** se obtienen los momentos positivos y negativos respectivamente, en su mayor dimensión en los ejes

que conforman las vigas donde éstas reciben las cargas y dirigiéndolas hacia las columnas, por lo tanto, se tendrá que considerar acero por flexión y corte no menor 1/2".

De acuerdo a la NTE:E-060 Y ACI-2014		ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS "T" Y "L"	
De acuerdo a la NTE:E-060 Y ACI-2014		Diseño de la sección I	Verificación de la sección I
<b>Tipo de Estudio</b> Zon Sísmica Método de Est.	Analisis de Sección SI	Parámetros de Diseño	Si el eje esta en el Alma
<b>Método de Est.</b> Simetría	Método Elástico Vigas Aislada	* $b \leq L_n/4$ * $b \leq B - bw$ * $B - bw \leq 16hf$ * Por lo tanto b. * Peralte efectivo * Recubrimiento ef. * $\beta_1$ Factor * Cuantía balanceada. (pb)	* Acero Propuesto (+), (-) * Acero en el Ala * $a \geq hf$ (a) * Distancia al eje neutro @ * Ubicación del eje Neutro * La sección es. * el Nuevo Valor de a. <b>Verif. de fluencia del A*</b>
<b>Materiales:</b> * Concreto * Barras * Estribos	210 Kg/cm2 4200 Kg/cm2 4200 Kg/cm2	90 40.00 Cumple 40 16.23 3.77 0.85 0.0213	1.27 0.71 0.75 0.88 En el Ala Sección R -2.01
<b>Sección:</b> * Peralte * bw * hf * Long. Ala (b) * Longitud * B * Recub.	20.00 10.00 5.00 40.00 3.60 30.00 2.5	Diseño de la sección SR 1° Tanteo para $hf = a$ . * Acero Calculado As+ Verificación de la sección SR * Nuevo valor de a * Ubicación del eje neutro * Distancia del eje neutro @ * La viga es?	* Es * Ey * El Acero fs=fy * Momento último (M'u) * M. Último resist. (M'ur)
<b>Momentos:</b> * (+), (-) Mn * Cortante * Torsión	0.30 - -	5.00 0.58 0.34 En el Ala 0.40 Viga R	0.00196 - 0.00757
<b>Verificación de Sección</b> * $hf \geq bw/2$ * $b \leq 4bw$	Cumple Cumple	2° Tanteo * El valor tomado de a. * Acero Calculado As+ * El nuevo valor de a. * Seguir a 3° tanteo? * Distancia al eje neutro	Por Cuantía Balanceada * Cuantía de Acero (p) * pf * Cuantía Máxima (pmax)
<b>Factor</b> * Considere:	0.9	0.34 0.49 0.29 No siga 0.34	La sección si verifica por cuantía balanceada Diseño por por cortante * Vc 0.41 Tn
Flexión sin carga axial, con carga axial y carga axial con flexión, carga axial de tracción c/s flexión, carga axial de compresión c/s flexión		La viga está siendo diseñada como viga Rectangular Diseño para Sección I * Acero final (As+H) * Nuevo valor de a. * Acero total calculado As+ * Acero en el Ala (1.3xMIn)	Estribos de montaje * $V_u < V_c * \phi/2$ No necesita estribos de montaje * Av 0.63 Cm2 * Long. De conf. 40.00 Cm * Separación. 76.01 Cm * Distribución. 1.00 Unid.
		Diagrama de una viga T con parámetros: hf, b, bw, B, As+, As-, As+ = 1.27, As- = 0.71	
		Diagrama de distribución de estribos: 1/4" ø, 5 cm, 40 cm, 1 @ 5,9 @ 5, Rest: @ 10	
		Diagrama de parámetros de reforzamiento: N° Bar.P, N° Bar.Ad, Indicador, Superior, Inferior	

Tabla N°18. Tabla de verificación de acero por flexión de una viga.

#### 4.10 Cimentaciones.

La cimentación se diseñará con un programa de cálculo estructural para cimentaciones, considerando los parámetros indicados en el estudio de suelos brindados por el responsable del proyecto. La cimentación que plantearemos en este diseño, estará conformada por zapatas conectadas por medio de vigas de cimentación y zapatas continuas, las que serán previamente pre dimensionadas de acuerdo al total de cargas que éstas reciben de la estructura luego del análisis dinámico realizado, luego éstas serán verificadas con la ayuda de un software de cálculo estructural para ser considerados en los planos.

De acuerdo con los datos proporcionados por el estudio de suelos, el cual fue brindado por el laboratorio de mecánica de suelos, la profundidad a cimentar es de 2.20mts, los datos del suelo son lo que se presentan a continuación:

<b>MÓDULO NAVE INDUSTRIAL - CALCULO DE ZAPATAS</b>	
$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_m \times h_f - S/C$	Propiedades del Suelo de Fundación
$\sigma_t = 0.62 \text{ Kg/cm}^2$	(Cap. Portante del Terreno según Mecánica de Suelos)
$\gamma_m = 1520 \text{ Kg/m}^3$	(Densidad Promedio según Mecánica de Suelos)
$h_f = 1.50 \text{ m}$	(Profundidad de Cimentación desde NPT)
$S/C = 500 \text{ Kg/m}^2$	(Sobrecarga según NTE:E-050)
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	Resistencia del Concreto a los 28 días
$r_e = 7.50 \text{ cm}$	Recubrimiento Efectivo
$d_b = 1.59 \text{ cm}$	Diámetro de la Varilla 1/2 (1.27) 5/8 (1.59) 3/4 (1.91)
$t = 30.0 \text{ cm}$	Lado Mayor de la Columna
$b = 25.0 \text{ cm}$	Lado Menor de la Columna

*Tabla N°19. Tabla de las propiedades mecánicas del suelo según estudio de laboratorio.*

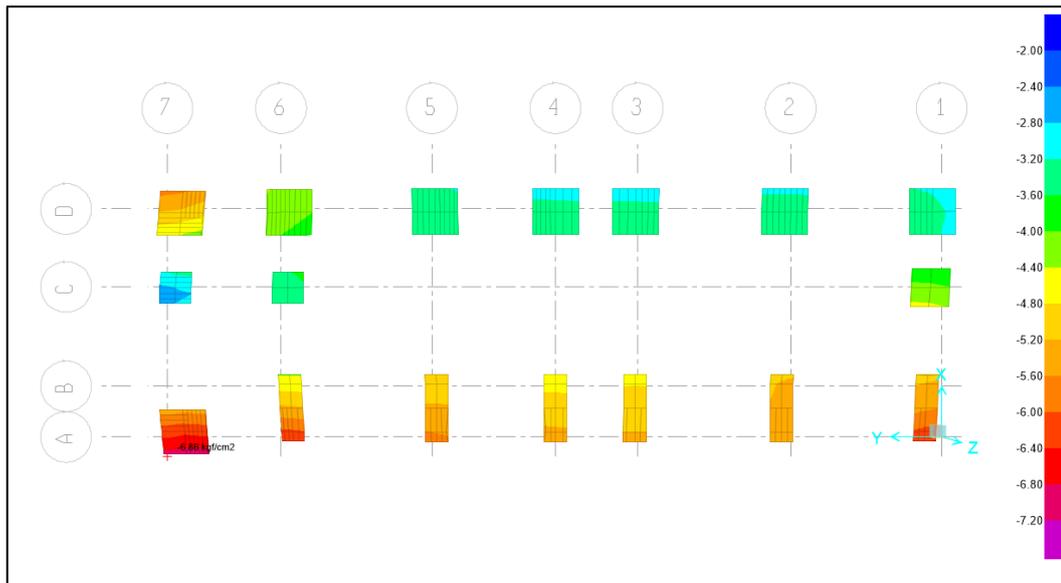
Las combinaciones de carga de servicio por la cual se hicieron las verificaciones fueron las que se muestran a continuación:

$$Servicio_1 = DL + LL + LLr$$

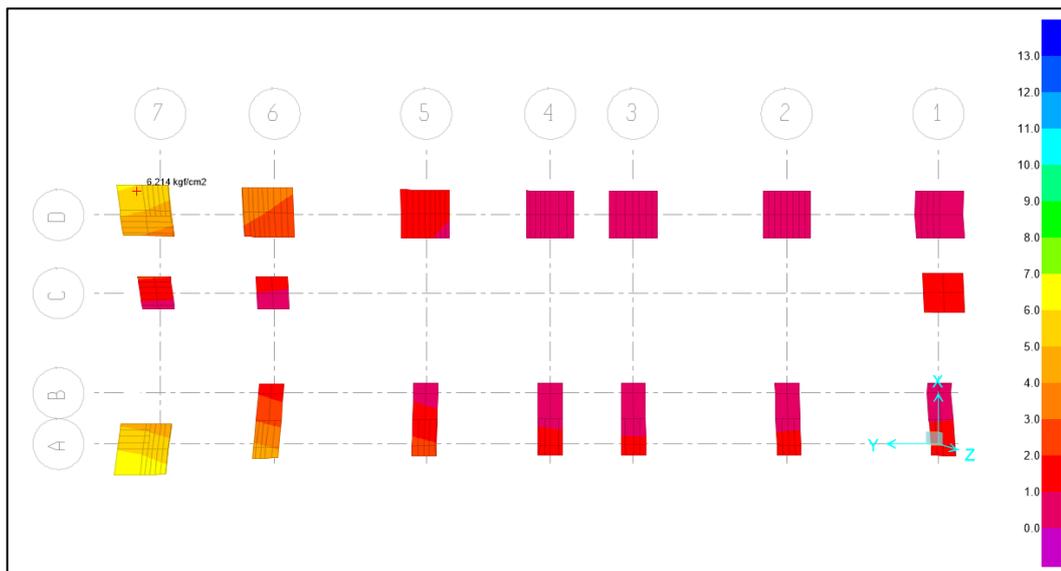
$$Servicio_2 = DL + 0.75(LL + LLr) \pm 0.5CS$$

$$Servicio_3 = DL \pm 0.70CS$$





*Figura N° 32. Presiones en la cimentación por cargas de servicio de la estructura en estudio en el software de cálculo estructural Safe.*



*Figura N° 33. Presiones en la cimentación por cargas de sismo de la estructura en estudio en el software de cálculo estructural Safe.*

Como se puede observar en las **fig. 32 y 33**, las reacciones que se producen en las zapatas son mucho mayor a las presiones del suelo según estudio de mecánica de suelos, por lo que si se desea seguir con la construcción a los 4 niveles se tendrán que reforzar en su totalidad o prohibir la construcción de los demás niveles.

#### 4.11 Análisis de Albañilería.

##### Densidad de Muros

La densidad mínima de muros se obtiene de la relación obtenida del ítem b) del Artículo 19.2 de la **NTE E.070** de Albañilería que se muestra a continuación:

$$\frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Aplicando la fórmula *Ec.01*, la verificación de la densidad de muros para cada dirección de análisis, queda de la manera siguiente:

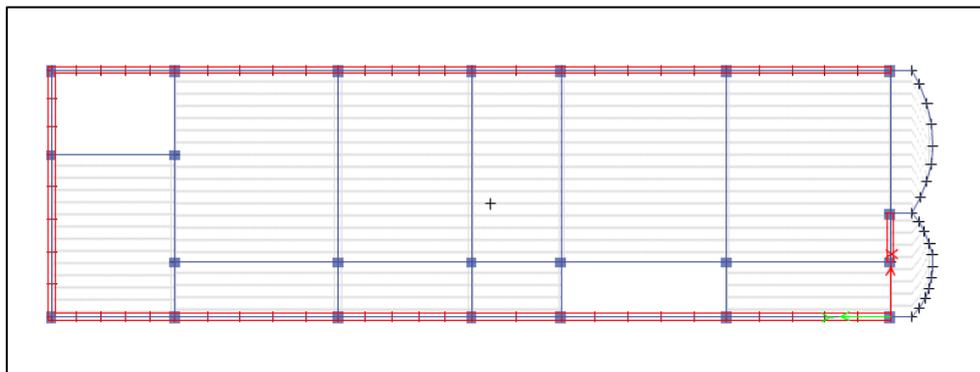
✓ Dirección X:

$$\frac{18.54}{120.00} \geq \frac{(0.25)(1.0)(1.20)(4)}{56}, \quad \rightarrow \quad 0.1545 \geq 0.021 \dots (OK)$$

✓ Dirección Y:

$$\frac{8.077}{120} \geq \frac{(0.25)(1.0)(1.2)(4)}{56}, \quad \rightarrow \quad 0.073 \geq 0.021 \dots (OK)$$

Con lo cual podemos concluir que la estructura es estable en cuanto a el análisis de estabilidad de muros.



*Figura N° 34. Visibilidad de muros para análisis de estabilidad de muros de albañilería.*

**CAPÍTULO V:**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**5.1 CONCLUSIONES**

- ✓ Al evaluar estructuralmente la vivienda, **se concluye que esta no cumple los requerimientos exigidos por la Norma Técnica E - 030.**
- ✓ Se Evaluó El Comportamiento Estructural De La Vivienda Autoconstruida, En El Año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías – Provincia De Jaén.
- ✓ Se modelo la estructura en los programas Etabs Y Safe, para conocer su comportamiento estructural ante los sismos.
- ✓ Se determinó las siguiente deficiencias estructurales:
  - ✚ Al verificar valor de la **cortante basal dinámica fue de 193.76Ton.** en la dirección X-X y en la dirección Y-Y 220.05Tn. y el cortante basal estático basal fue de 242.513Ton., obteniendo una relación del  $V_{din} = 80\% < V_{est}$ , cumpliendo con el paramento de 80% que exige la norma para estructuras en la dirección Y-Y, mientras que en la dirección X-X, no cumple este requisito de norma, por lo que estas fuerzas dinámicas se tendrían que escalar.
  - ✚ La deriva máxima de la edificación fue de 0.008 y el desplazamiento máximo en los puntos de control fue de 1.79 cm. No Cumpliendo con la deriva máxima para estructuras de albañilería confinada según la Norma E.030 por lo que la estructura fallará por efectos de rigidez en la dirección X-X, mientras que en la dirección Y-Y, si cumple con este requisito de norma (deriva máxima 0.001).
  - ✚ Se verificó las secciones de las columnas de la vivienda si los aceros asignados para dichas secciones cumplen con los esfuerzos máximos, lo que se pudo concluir que dichas secciones son deficientes para una estructura de 4 niveles.
  - ✚ Según el comportamiento estructural de las losas los esfuerzos que se producen por efectos de corte son considerables por lo que el acero propuesto según los planos no es suficiente.
  - ✚ En el caso de las cimentaciones, las presiones generadas por la estructura son mucho más grandes que las que se obtuvieron en la mecánica de suelos, por lo

que sus dimensiones son pequeñas, donde para una eventual construcción de los demás niveles, se tendrá que reforzar estructuralmente cada una de estas.

- ✚ El Comportamiento estructural de estas viviendas autoconstruidas son muy relevantes y deficientes por no cumplir los requisitos mínimos de que las normas Exigen, por lo que es indispensable la intervención de un especialista y que la estructuras estén monitoreada constantemente para ver en que ámbitos pueda producirse una anomalía estructural y ser reforzada para evitar daños considerables en un futuro.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que, para próximas investigaciones sobre temas similares a esta tesis, considerar como elemento de estudio una edificación en procesos de construcción, para obtener con más certeza, los datos estructurales de la misma.
- ✓ La universidad apoyada de docentes y alumnos deben incentivar a la modelación de estos sistemas estructurales (Prototipos) a Escala para observar el comportamiento sísmico profundizando el conocimiento de este tema, en un contexto real.
- ✓ Las entidades deben exigir y proponer que, para obtener una licencia de construcción, estas deberán presentar o incluir en su proyecto un diseño sísmico elaborado y firmado por un especialista.

## **LINEAS FUTURAS**

A fin de promover el desarrollo de la Investigación Científica se plantean las siguientes Líneas Futuras de Investigación:

- ✓ Evaluar el reforzamiento para éste tipo de viviendas autoconstruidas.
- ✓ Incorporar los riesgos considerables que generan las construcciones informales.
- ✓ Determinación de la Vida Útil para estas viviendas autoconstruidas, ya que las patologías que afectan a este tipo de estructura son muy importantes para este tipo de edificación.
- ✓ Comparativo de la durabilidad de una Estructura de albañilería analizadas estructuralmente por un especialista y otra estructura de albañilería autoconstruida.
- ✓ El uso de aisladores sísmicos en construcciones para este tipo de construcciones.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ Ing. Mosqueira Moreno, Miguel y el Ing. Tarque Ruíz, Sabino (Lima, junio 2005). “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”- tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil.
- ✓ Tinoco, Nilda; “Problemas en viviendas autoconstruidas en el distrito de Ate”. En boletín de investigación (dedicado a la autoconstrucción de viviendas). 2da. Edición digital. Febrero 2011.pp 3-10.
- ✓ De La Cruz Antony R, “Evaluación de los procedimientos constructivos y el uso inadecuado de materiales en las viviendas autoconstruidas, Distrito de Independencia”, En boletín de investigación (dedicado a la autoconstrucción de viviendas). 2da. Edición digital. Febrero 2011.pp 15-22.
- ✓ Shaquihuanga, Darwin (Jaén – Noviembre 2014), “Evaluación Del Estado Actual De Los Muros De Albañilería Confinada En Las Viviendas Del Sector Fila Alta – Jaén” - tesis para obtener el título de ingeniero civil.
- ✓ MVCS. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana. E-020 cargas. Lima, Perú.
- ✓ MVCS. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana. E-030 sismorresistente. Lima, Perú.
- ✓ MVCS. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana. E-050 Suelos y Cimentaciones. Lima, Perú.
- ✓ MVCS. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana. E-060 Concreto Armado. Lima, Perú.
- ✓ Mg.Ing. Delgado, Genaro. “Diseño Estructural De Viviendas Económicas” (octubre – 2011).

## **ANEXOS**

- ✓ Planos de Arquitectura, Estructuras y Cimentación de la Edificación en estudio.
- ✓ Estudio de Suelos – Obra: “vivienda autoconstruida en el año 2012, Sector Camino Real II, Calle Tres Marías en la Provincia de Jaén”
- ✓ Panel Fotográfico.

