



# UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### TESIS:

“INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA  
DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017”

### Autores:

CYNTHIA FIORELLA SAAVEDRA GARCÍA

DANNY ARLAN RAMIREZ VIGO

### Asesor:

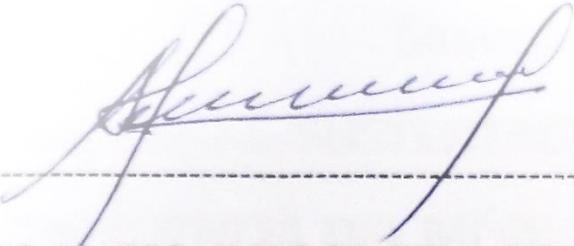
Ing. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA.

Requisito para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

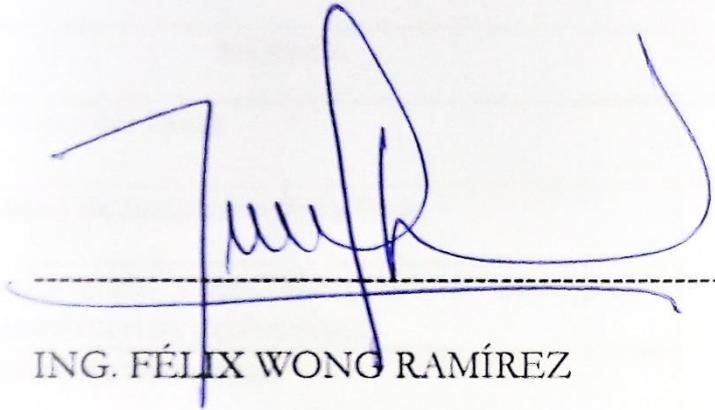
IQUITOS – PERÚ

2017

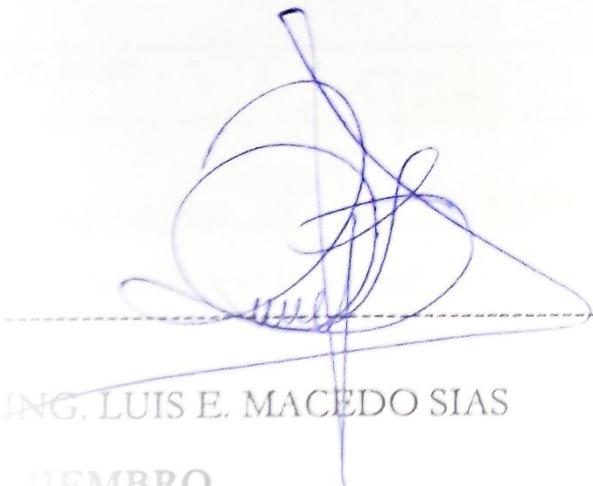
**MIEMBROS DEL JURADO**



ING. MARIO AMADOR VELA RODRÍGUEZ  
**PRESIDENTE**



ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ  
**MIEMBRO**



ING. LUIS E. MACEDO SIAS  
**MIEMBRO**



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

FACULTAD  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Iquitos, a las 18:00 horas del día jueves 18 de mayo del año 2017, se reunió el Jurado Examinador, que firma al final del presente documento, para evaluar la Sustentación de los bachilleres en Ingeniería Civil:

**Ramírez Vigo Danny Arlan**

**Saavedra García Cynthia Fiorella**

En la modalidad de: **SUSTENTACIÓN DE TESIS**

### **"INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017"**

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar:

Indicador	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Promedio
A) Dominio del Tema	13	15	14	14
B) Calidad de Redacción de la Tesis	14	14	14	14
C) Competencia Expositiva (Claridad conceptual, argumentación y coherencia)	13	14	15	14
D) Calidad de Respuestas	13	14	14	14
E) Uso de Terminología Especializada	14	15	15	15
Calificación Final:	CATORCE (14)			14

Aprobado Por: MAYORÍA  
Calificación Final (en letras): CATORCE

**Presidente:** Ing. Mario Amador Vela Rodríguez

**Miembro:** Ing. Félix Wong Ramírez

**Miembro:** Ing. Luis Macedo Sias

INDICADOR	PUNTAJE
Desaprobado	Menos de 13 puntos
Aprobado por Mayoría	De 14 a 15 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 16 a 17 puntos
Aprobado por Excelencia	De 18 a más puntos

## DEDICATORIA

A mis padres Sergio y Nataly por haberme apoyado constantemente, por alentarme a luchar por el preciado objetivo y por el amor brindado.

A mis abuelitos Ángel Saavedra (Q.E.P.D) y Zoraida Soto, que apostaron por mí y me apoyaron de manera desinteresada a culminar la carrera.

CYNTHIA

A mis padres Ruller y Flora, también a mi amada esposa Yane, que gracias a Dios se preocuparon y apoyaron de manera constante en el desarrollo de mis estudios Universitarios y de la presente tesis.

DANNY

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien supo guiarme y permitirme llegar hasta este punto y haberme dado la sabiduría y la salud para lograr mis objetivos; también por haberme puesto en el trayecto a personas que han sido una bendición para mí. A mi casa de estudios superiores y a los profesionales quienes la conforman; por haber contribuido con mi formación personal y profesional.

CYNTHIA

Gracias a Jehová nuestro Dios y Padre de nuestro Señor Jesucristo, dador de la vida, quien da el conocimiento y de su boca viene la sabiduría y la inteligencia que nos da todas las cosas abundantemente para que los disfrutemos.

Gracias a mis padres, a mi esposa, asesor de la presente tesis y profesores que nos inculcaron sus enseñanzas y experiencias, para nuestro desarrollo profesional.

Agradezco muy de veras a mi casa superior de estudios (UCP), por haber contribuido con nuestra formación personal y profesional.

DANNY

## **PRESENTACIÓN**

Presenta la tesis titulada “INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017”, con la finalidad de contribuir con la metodología para el diseño y evaluación de estructuras de concreto en diferentes zonas del país, donde debido a los diferentes tipos de agregados se obtienen diferentes valores del módulo de elasticidad, en cumplimiento de las Normas de Diseño Sismorresistente y de Concreto E.030 y E.060; así como su comparación con Normas de diseño similares de otros países; en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Científica del Perú para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El documento consta de “IX” Capítulos, además de la Presentación: Introducción, Marco Teórico Referencial, Marco metodológico, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía consultada y Anexos.

Saavedra García Cynthia Fiorella

Ramírez Vigo Danny Arlan

## TABLA DE COTENIDO

<b>MIEMBROS DEL JURADO</b> .....	II
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	V
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	VI
<b>TABLA DE COTENIDO</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	XI
Resumen .....	IXII
Abstract .....	XIII
I. Introducción.....	1
<b>1.1. Planteamiento del Problema</b> .....	3
<b>1.1.1 Descripción y Formulación del Problema</b> .....	3
<b>1.1.1.1 Problema General</b> .....	3
<b>1.1.1.2 Problemas Específicos</b> .....	3
<b>1.2. Justificación e Importancia de la Investigación</b> .....	3
<b>1.2.1. Objetivo General</b> .....	4
<b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....	5
II. Marco Teórico Referencial.....	6
<b>2.1. Antecedentes del Estudio</b> .....	6
<b>2.2. Bases Teóricas</b> .....	17
<b>2.2.1. Glosario</b> .....	17
<b>2.2.2. Característica de los materiales</b> .....	21
<b>2.2.3. Propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales para el análisis de los edificios</b> .....	22
<b>2.2.4. Aspectos de concepción estructural</b> .....	24
<b>2.2.4.1. Funcionalidad Estructural para el análisis</b> .....	24
<b>2.2.4.2. Propiedades Mecánicas de las edificaciones</b> .....	25
<b>2.2.4.3. Elementos que integran el sistema</b> .....	26
<b>2.2.4.4. Cargas del diseño</b> .....	26
<b>2.2.5. Alcances establecidos en la N.T.P. E 0.30 de Diseño Sismorresistente</b> .....	28
<b>2.2.5.1. Condiciones Generales</b> .....	28
<b>2.2.5.2. Concepción Estructural Sismorresistente</b> .....	29

2.2.5.3. Peligro Sísmico .....	30
2.2.5.4. Condicioneds Geoténicas.....	32
2.2.5.5. Parámetros de Sitio.....	35
2.2.5.6. Factor de Amplificación Sísmica .....	36
2.2.5.7. Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente .....	37
2.2.5.8. Sistemas Estructurales .....	40
2.2.5.9. Cálculo de peso Sísmico efectivo.....	41
2.2.5.10. Aceleración espectral .....	41
2.2.5.11. Modelos para el análisis .....	42
2.2.5.12. Control de distorsiones del modelo .....	43
2.2.6. Alcances establecidos en la N.T.P. E 0.60 del Concreto Armado .....	44
2.2.7. Alcances de estudios hechos en Colombia .....	44
2.2.7.1. Diferentes expresiones para determinar el módulo de elasticidad.....	47
2.2.7.2. Resultados de investigaciones experimentales realizadas en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.....	49
2.2.8. Resultados de investigaciones experimentales realizadas en la Pontificia Católica del Perú.....	51
2.2.9. Del programa de diseño estructural ETABS 2016 .....	52
III. Marco Metodológico.....	54
3.1. Descripción y características del área de emplazamiento de los edificios en estudio	54
3.2. Característica de los Edificios en Estudio .....	55
3.3. Módulos de Elasticidad.....	72
3.4. Análisis de las Estructuras .....	72
3.5. Modelos Estructurales.....	84
3.6. Método de la Investigación.....	88
3.6.1. Tipo de Investigación .....	88
3.6.2. Diseño de Investigación.....	88
3.6.3. Población y Muestra .....	88
3.6.3.1. Población .....	88
3.6.3.2. Muestra.....	89
3.6.4. Hipótesis .....	89
3.6.5. Variables y Operacionalización .....	89
3.6.5.1. Identificación de las Variables .....	89
3.6.5.2. Definición de las Variables.....	89

<b>3.3.5.3. Operacionalización de las Variables</b> .....	90
<b>3.7. Métodos, Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos</b> .....	91
<b>3.7.1. Métodos y Técnicas</b> .....	91
<b>3.7.2. Instrumentos</b> .....	92
<b>3.7.3. Procedimientos de Recolección de Datos</b> .....	92
<b>3.7.4. Procesamiento y análisis de la información</b> .....	92
IV. Resultados.....	93
<b>4.1. Resultados de la Investigación</b> .....	93
V. Discusión .....	111
VI. Conclusiones.....	1144
VII. Recomendaciones .....	1155
VIII. Referencias Bibliografías.....	1166
IX. Anexos.....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 5. Categoría de las Edificaciones y Factor “U” .....	39
Tabla N° 1. Factores de Zonas “Z” .....	32
Tabla N° 2. Clasificación de los Perfiles de Suelo.....	35
Tabla N° 3. Factores de Suelo “S” .....	36
Tabla N° 4. Períodos “T <sub>p</sub> ” y “T <sub>1</sub> ” .....	36
Tabla N° 6. Sistemas Estructurales.....	42
Tabla N° 7. Límites para desplazamiento Lateral de entrepisos.....	43
Tabla N° 8. Evaluación de las Variables que influyen en la resistencia a la compresión del Hormigón.....	46
Tabla N° 09. Operacionalización de las Variables.....	90
Tabla N° 10. Resultado de la Deriva – Edificio Lima, con el Ec de la NTP E.060 del Concreto Armado.....	95
Tabla N° 11. Resultado de la Deriva – Edificio Lima, con el Ec de la NRC, anexo C.....	97
Tabla N° 12. Resultado de la Deriva – Edificio Huancayo, con el Ec de la NTP E.060 del Concreto Armado.....	99
Tabla N° 13. Resultado de la Deriva – Edificio Huancayo, con el Ec de la NRC, anexo C .....	101
Tabla N° 14. Resultado de la Deriva – Edificio Cusco, con el Ec de la NTP E.060 del Concreto Armado.....	103
Tabla N° 15. Resultado de la Deriva – Edificio Cusco, con el Ec de la NRC, anexo C .....	105
Tabla N° 16. Resultado de la Deriva – Edificio Pucallpa, con el Ec de la NTP E.060 del Concreto Armado .....	107
Tabla N° 17. Resultado de la Deriva – Edificio Pucallpa, con el Ec de la NRC, anexo C .....	109
Tabla N° 18. Resumen de los Resultados.....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Zonificación.....	31
Figura N° 2. Propiedades de los Materiales ( Ec de la NTP E.030).....	75
Figura N° 3. Propiedades de los Materiales (Ec de la NRC, anexo C).....	76
Figura N° 4. Combinación de Cargas.....	77
Figura N° 5. Combinación de Cargas (Envolvente X) .....	77
Figura N° 6. Combinación de Cargas (Envolvente Y).....	78
Figura N° 7. Combinación de Cargas(U1X) .....	78
Figura N° 8. Combinación de Cargas(U1Y) .....	79
Figura N° 9. Combinación de Cargas(U2X) .....	79
Figura N° 10. Combinación de Cargas(U2Y) .....	80
Figura N° 11. Combinación de Cargas de servicio.....	80
Figura N° 12. Combinación de Carga Última.....	81
Figura N° 13. Definición de La Fuente de Masa.....	83

Figura N°15. Definición de la Fuente de Masa.....	83
FiguraN°16. Modelo Estructural de Vivienda Multifamiliar .....	84
Figura N° 17. Modelo Estructural de Edificio Multifamiliar.....	85
Figura N° 18. Modelo Estructural de Oficinas.....	86
Figura N° 19. Modelo Estructural de Mercado Municipal.....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Curva Esfuerzo Deformación unitaria de un cilindro de concreto.....	10
Gráfico N° 2. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Lima.....	58
Gráfico N° 3. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Lima.....	59
Gráfico N° 4. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Huancayo.....	62
Gráfico N° 5. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Huancayo.....	63
Gráfico N° 6. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Cusco.....	66
Gráfico N° 7. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Cusco.....	67
Gráfico N° 8. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Pucallpa.....	70
Gráfico N° 9. Cálculo de espectro de pseudo – aceleración, Edificio Pucallpa.....	71

“INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017”

Resumen

En Perú, sin importar la zonificación sísmica y el origen de los agregados se viene usando para el diseño de estructuras de concreto; y, hasta en la evaluación y reparación de estructuras que estuvieron sometidas a eventos sísmicos, un mismo valor de módulo elástico  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg de /cm<sup>2</sup>). Para contribuir en la solución de esta problemática, a través de la presente Tesis, se determinó la “influencia del módulo de elasticidad en los resultados del análisis de la deriva de edificios de concreto armado ubicados en diferentes zonas del país, utilizando el programa “ETABS”, aplicando el módulo de elasticidad de la N. T. P. E.060 y el promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural.

El tipo de investigación fue el descriptivo correlacional, correspondiéndole el diseño transeccional correlacional descriptivo comparativo. La muestra estuvo conformada por: vivienda multifamiliar (Lima, distrito San Miguel); edificio multifamiliar (Huancayo, distrito El Tambo); edificio de oficinas (Cusco, distrito Cusco); y la edificación del mercado municipal distrital (Ucayali, distrito Campo Verde). La técnica que se empleó en la recolección de datos fue el análisis documental y el instrumento fue la lista de verificación.

El resultado principal fue: “La *deriva* en los sistemas de estructuración dual es superior cuando menor sea el módulo elástico, no superando el 9,55% cuando se aplicó el módulo de elasticidad promedio de la Norma Sismo Resistente Colombiana; sin embargo, cuando la estructura es aporticada los valores superan el 9,51%; y, cuando la estructura es a base de albañilería confinada el valor de la deriva si bien es superior, pero no supera el 2.47%.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño sismorresistente; Módulo de elasticidad; Deriva; Perú.

Abstract

In this thesis named “Influence of elastic module in the analysis of drift concrete buildings in Peru 2016 ” it is discussed a very important issue in Peru, where no matter where the earthquake location and the aggregates origins are, it is common to use for the design and concretes structures evaluation, an unique elastic module value  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), nonetheless, in countries neighbouring and located in the Pacific Belt of Fire, Academy is suggesting different values for this elastic module depending on the aggregates nature involved in the concrete preparation, especially if we talk about for the maintenance and repair of structures that were under seismic pressures.

Our target research is to determine the Influence of elastic module in the analysis of drift concrete buildings located at different geographic zones in Peru, the Peruvian technical standard elastic module E.060 armed concrete was applied on those buildings, as well as the elastic module got through the average calculation of the included elastic modules in the Colombian regulation of seismic-resistant construction NSR-10, Tittle C, Structural Concrete.

The research type was descriptive, and the research design was experimental use, transactional descriptive comparative type.

The study population was performed by concrete buildings located at different geographic zones of Peru and the study sample was performed by multifamily seismic-resistant design of houses (Lima); multifamily buildings (Huancayo); offices (Cusco); municipal and district markets (Pucallpa).

Our data collection technique was documental analysis, and the study instrument was the check list.

Our principal output was: the drift in the dual structuration systems is higher when lowest is the elastic module, under the 9.55% when the Colombian seismic-resistant standard elastic module obtained by the average calculation was applied, nonetheless, when the structure is like frame, the result values are higher than 9.51%, and, when the structure is based in confined masonry, the drift value is higher but not as 2.47%

KEY WORDS: Earthquake Resistant Design, Elastic Module, Drift, Peru.

## I. Introducción

La presente investigación titulada: “Influencia del módulo de elasticidad en el análisis de la deriva de edificios de concreto en el Perú, 2017”; se centra en el problema de: la influencia del módulo de elasticidad en los resultados del análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas zonas del país, determinada a partir de la aplicación del módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana E.060 y el promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural.

En el Perú, sin importar la zonificación sísmica y el origen de los agregados se viene usando para el diseño de estructuras de concreto; y, hasta en la evaluación y reparación de estructuras que estuvieron sometidas a eventos sísmicos, un mismo valor de módulo elástico  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg /cm<sup>2</sup>), no obstante a que en otros países, desde la academia, en cuanto haya diferencia del origen de los agregados que se usen o haya estado expuestas a fuerzas dinámicas, se viene proponiendo valores para el coeficiente mostrado de hasta 8800 en kg/cm<sup>2</sup> en reemplazo de 15000 en las diversas fases del proyecto, (planeación, diseño, ubicación, construcción, operación y mantenimiento o reconstrucción).

El trabajo de investigación ha tenido dos etapas: **la de planeamiento**, búsqueda de edificaciones con características y modelamiento estructural y de servicio similares, en las cuatro regiones de zonificación sísmica, con la complementaria elaboración de guías de observación y recolección de datos; y **la de trabajo de gabinete** efectuado mediante el uso del software estándar para el análisis y diseño estructural de edificaciones “ETABS”.

El tipo de investigación es: el descriptivo correlacional, correspondiéndole el diseño transeccional correlacional descriptivo comparativo; y, el tipo de análisis es predominantemente

cuantitativo, pero con interpretación cualitativa. La muestra estuvo conformada por: vivienda multifamiliar (Lima, distrito San Miguel); edificio multifamiliar (Huancayo, distrito El Tambo); edificio de oficinas (Cusco, distrito Cusco); y la edificación del mercado municipal distrital (Ucayali, distrito Campo Verde). La técnica que se empleó en la recolección de datos fue el análisis documental y el instrumento fue la lista de verificación. Los datos recogidos fueron incorporados al programa de cálculo mencionado y se presentan como informaciones, en cuadros y gráficos respecto de los cuales se formularon apreciaciones, que serían analizadas, calificadas e interpretadas, dando lugar, a su vez, a la apreciación resultante del análisis que luego se usa como premisa para contrastar la hipótesis correspondiente, referida a la diferencia significativa del valor de la deriva estimada usando el módulo elástico de la N.T.P. E.030 y el módulo elástico promedio de los valores sugeridos por la Norma Colombiana.

El resultado principal fue: “La *deriva* en los sistemas de estructuración dual es superior cuando menor sea el módulo elástico, no superando el 9,55% cuando se aplicó el módulo de elasticidad promedio de la Norma Sismo Resistente Colombiana; sin embargo, cuando la estructura es aporticada los valores superan el 9,51%; y, cuando la estructura es a base de albañilería confinada el valor de la deriva si bien es superior, pero no supera el 2.47%.

Las conclusiones han dado base a nuestras recomendaciones, que esperamos contribuyan a precisar la relación dependiente entre el módulo elástico y los agregados utilizados y su influencia significativa en la estimación de la deriva de edificaciones emplazadas en diferentes zonas; recomendándose para su cálculo considerar el promedio de los módulos de elasticidad sugeridos por la Norma Técnica Colombiana, por ser nuestros agregados de similar origen y presentarse otras características estructurales, tectónicas y similares períodos sísmicos a los que tiene Colombia.

## **1.1. Planteamiento del Problema**

### **1.1.1 Descripción y Formulación del Problema**

En la ingeniería estructural el módulo de elasticidad es uno de los parámetros más importantes en el proceso de análisis y diseño estático o dinámico de edificios, ya que este valor tiene relación directa con la rigidez y ésta a su vez con las deformaciones y las derivas. La elasticidad es la propiedad que hace que los materiales elásticos se deformen y vuelvan a su forma inicial después de cesar la carga aplicada sin que se generen deformaciones residuales, siempre y cuando esta carga no obligue al límite de deformación; pues, una vez que sobrepasan este límite entran al rango plástico en donde las deformaciones residuales permanecen (Muñoz, 2011). Si bien, el módulo de elasticidad del concreto bajo condiciones de carga lenta podría emplearse en el análisis y diseño de estructuras de concreto sometidas a cargas dinámicas; sin embargo, realmente existe influencia significativa del módulo de elasticidad del concreto en los resultados de la evaluación de los esfuerzos y deformaciones de las estructuras; en consecuencia, conocer con precisión sobre la influencia del mismo en el comportamiento real del concreto, es aún más trascendente si las edificaciones se someten a fuerzas generadas por acción de un sismo, porque en estos eventos se desarrollan ciclos de carga que hacen que el comportamiento del material sea diferente al que presentan cuando las cargas son estáticas (Emiliani, N. y Rincón, J., 2012).

Cuando se analiza una estructura bajo cargas cíclicas es importante tener en cuenta el módulo de elasticidad. No obstante, a ser bastante conocida ya, esta influencia en nuestro país no solamente se usa indistintamente para ambos casos de carga, el mismo valor del módulo elástico, sino también un único valor de módulo elástico para el concreto sin importar el origen, granulometría y otras características físicas de los agregados, entre otros.

Esta problemática nos indujo a investigar la influencia del módulo de elasticidad del concreto en el análisis de la deriva de edificios emplazados en diferentes zonas geográficas del Perú; y, para cumplir con los objetivos de la investigación el problema quedó formulado de la siguiente manera:

### 1.1.1.1 Problema General

¿Cómo influye el módulo de elasticidad en el análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, si aplicamos el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado y el módulo de elasticidad promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural?

### 1.1.1.2 Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el resultado del análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas zonas geográficas del Perú, si aplicamos el módulo de elasticidad según la Norma Técnica E.060 del Concreto Armado:  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)?

2. ¿Cuál es el resultado del análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas zonas geográficas del Perú, si se aplica el módulo de elasticidad promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural:  $E_c = 13\,674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)?

## 1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

La presente tesis está justificada por su aporte teórico y metodológico a la investigación como se detalla a continuación:

- **Justificación Teórica**

Los diferentes valores en las derivas obtenidas en la evaluación de edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica E.030 de Diseño sismorresistente, aplicando

el módulo de elasticidad de la Norma Técnica E.060 de Concreto Armado:  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y aplicando el módulo de elasticidad promedio calculado en base al Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente vigente NSR-10 Título C- Concreto Estructural:  $E_c = 13\ 674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), amplía el conocimiento en el análisis y diseño de edificaciones expuestas a fuerzas resultantes de sismo, al quedar demostrado que menores valores del módulo elástico incrementa el valor de la deriva; por tanto, esta investigación ha quedado teóricamente justificada y para investigaciones futuras se tendrá en cuenta esta influencia (Muñoz, 2011; Andrade, 2004)

- **Justificación Metodológica**

La presente investigación aporta metodológicamente a la evaluación estructural de edificaciones existentes; y amplía conceptualmente la capacidad de análisis y diseño estructural. La determinación del módulo de elasticidad dinámico a partir del módulo estático que recomiendan Emiliani y Rincón (2012) y que sirvió como motivación, también es sugerida por la presente y constituye, por tanto, un aporte metodológico.

### 1.2.1. Objetivo General

Determinar la influencia del módulo de elasticidad en el análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas zonas geográficas del Perú, si aplicamos el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado y el módulo de elasticidad promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el resultado de la deriva de cuatro edificios de concreto ubicados distintas zonas geográficas del Perú aplicando el módulo de elasticidad como lo especifica la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado, equivalente a  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

- Analizar el resultado de la deriva de cuatro edificios de concreto ubicados en distintas zonas geográficas del Perú aplicando el módulo de elasticidad promedio de los módulos de elasticidad estipulados en el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 Título C – Concreto Estructural  $E_c = 13\,674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

## II. Marco Teórico Referencial

### 2.1. Antecedentes del Estudio

Taboada, J. y De Izcue, A. (2009), en la Tesis: Análisis y Diseño de Edificaciones asistido por computadoras – Pontificia Universidad Católica del Perú; llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Al usar un programa de cómputo se reduce el tiempo de creación del modelo y se pueden realizar modificaciones muy rápidamente. Sin embargo, la veracidad de los resultados está en función de un modelo que se aproxime al comportamiento de la estructura real.

2. Durante el análisis de secuencia constructiva, ETABS resuelve las cargas que se aplican en los elementos del edificio, realizando un análisis estático no lineal. Para los elementos verticales (columnas y muros), será necesario comparar estas cargas con un metrado manual que tome en cuenta el criterio de área tributaria (para verificar su validez), antes de utilizarlas para realizar las combinaciones de los casos de carga utilizados para el diseño.

3. Una herramienta útil para el diseño de columnas y muros es el Diseñador de secciones, un sub programa dentro de ETABS, porque facilita la obtención del diagrama de interacción de cualquier sección transversal dibujada en él.

4. En el caso de las vigas, el programa calcula las cargas por el criterio del área tributaria, por lo cual es posible utilizar los resultados del diseño automático (que se muestra como áreas o cuantías de acero) para obtener directamente y de manera rápida el armado de acero en estos elementos.

5. Nuestra norma no está contemplada dentro del programa ETABS, pero es posible obtener los mismos resultados que se obtendrían al diseñar con ésta, si se selecciona para el diseño el código ACI 318-99 y se especifica que los elementos son del tipo "Ordinario" (sway ordinary).

6. En cuanto a la interfase gráfica, que ofrece opciones intuitivas para la creación del modelo estructural (ordenadas dentro de menús secuenciales y lógicos), así como a las opciones de

presentación de resultados (por medio de gráficos realísticos y tablas) y a la diversidad de análisis que puede realizar el programa, podemos concluir que ETABS es una herramienta que ha probado ser sencilla y bastante completa para el análisis de edificios.

Saravia, L. (2009), en la Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Análisis y Diseño con ETABS, Su aplicación adecuada y comprobación de resultados, aplicado a edificios de concreto armado; Concluyó lo siguiente:

1. El programa de ETABS es eficiente para análisis y diseño estructural, como se comprobó en el modelo realizado. Este programa es una herramienta de gran ayuda, pero se debe entender que cualquier error, se reflejará en los resultados, por lo tanto, no se debe ver como un programa de introducir datos.

2. Es importante tomarse el tiempo necesario para plasmar en papel, la geometría (planta y elevaciones) y distribución de cargas, con criterios propios, es decir introducir información en las dimensionales que siempre uno trabaja, (kg-m, lbs-pie) esto evita muchos errores.

3. El monitorear el proceso, es decir chequeos constantes en las diferentes fases del Análisis y diseño estructural. (Geometría, cargas gravitacionales, estáticas y dinámicas.) Nos genera confianza y certeza en el programa.

4. Tomar en cuenta que NO se llegará a dominar el programa al 100%, por lo que se puede usar solo para Análisis o Análisis y Diseño según el conocimiento y confianza que se tenga.

5. Este programa, ETABS, está bien idealizado, que muchas veces se cree que realizan los cálculos y diseños con solo pulsar un botón, siendo esto un concepto erróneo.

6. Por ningún motivo se elimina el criterio del ingeniero estructural, como quedó demostrado en el análisis y diseños estructural, simplemente estos programas facilitan los procesos de análisis y diseños.

7. Las diferencias de datos finales están dentro del rango del 1% al 5% máximo, y se consideran bien, considerando que al final la cantidad de refuerzo siempre es mayor a la requerida, esto debido a que siempre se colocan varillas completas.

Corzo, K. (2005). En la Tesis de la Universidad San Carlos de Guatemala: Diseño de un modelo estructural con el programa ETABS; concluyó lo siguiente:

1. La utilización de programas automatizados de estructuras llevan a una optimización del diseño estructural, por lo consiguiente, la utilización del programa ETABS siendo uno de los programas estructurales que existen se pueden obtener grandes beneficios, ya sea en rapidez en el Cálculo estructural de algún proyecto requerido con la facilidad en el manejo del programa.

2. Se demuestra la eficacia que posee el programa ETABS en el Cálculo estructural con esto se desea despertar la introducción de tecnología por medio de software a todos los cursos profesionales, en el área de Ingeniería Civil.

3. Este programa es una herramienta de gran utilidad para el ingeniero que diseña estructuralmente y ayuda a minimizar errores que se cometen en el diseño con la exactitud mostrada que posee.

4. El programa por sí solo no puede ser manejado, es necesario la participación de una persona capacitada en el ramo de ingeniería civil en el área de estructuras.

Dávila, D. y Vargas, E. (2006), en la Tesis: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, utilizando agregado fino de la cantera Boca Negra del sector de Peña Negra, distrito de San Juan Bautista – Universidad Particular de Iquitos (hoy UCP); concluyeron lo siguiente:

1. El módulo de elasticidad como se ha mencionado en el marco de referencia varía con diversos factores, notablemente con la resistencia del concreto, la edad del mismo, las proporciones del

agregado y el cemento, y la definición del módulo de elasticidad en sí, sí es el módulo tangente, inicial o secante. Aún más, el módulo puede variar con la velocidad de la aplicación de la carga y con el tipo de muestra o probeta. Por consiguiente, es casi imposible predecir con exactitud el valor del módulo para un concreto dado.

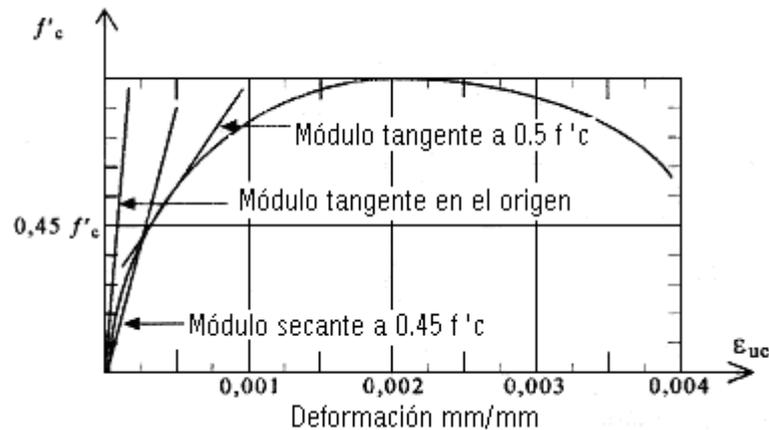
2. El modelo matemático aproximado del módulo de elasticidad del concreto cemento – arena obtenido al correlacionar los resultados de los ensayos de deformación unitaria en probetas cilíndricas con la resistencia a la compresión especificada ( $f'_c$ ), es la siguiente:  $Ec = 10,074\sqrt{f'_c}$ .

3. El modelo matemático del módulo de elasticidad del concreto cemento-arena obtenida, es válido para aquel concreto cemento-arena cuyas características de sus componentes sean similares a las usadas en la presente investigación.

Marulanda, F. (2012), en la Tesis: Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales – Universidad Nacional de Colombia, explica lo siguiente:

1. El concreto es un material frágil compuesto por cemento, arena, grava y agua y su comportamiento se establece por el estudio de pruebas realizadas a los 28 días de edad sobre cilindros circulares de 15cm de diámetro y 30cm de altura, fallados a compresión. La NSR98 establecía la forma de determinar el módulo de elasticidad del concreto en el artículo C.8.5.4 como la pendiente de la línea secante trazada desde el origen hasta el punto en la curva esfuerzo deformación correspondiente a un esfuerzo de  $0.45f'_c$  en compresión de acuerdo con la norma NTC 4025, donde  $f'_c$  es la resistencia máxima de dicho diagrama. En la NSR10 se realizan simplificaciones, sin embargo, en los comentarios de la NSR10 realizados por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, se llega a procedimientos similares a los de la NSR98. A pesar de lo anterior existen otros métodos para determinar el módulo de elasticidad del concreto tomando el módulo tangente en el origen o tomando

el módulo tangente en  $0.5f'_c$ . Estos métodos dan resultados que difieren entre sí, mostrando la variabilidad que se obtiene en los resultados de acuerdo con las definiciones empleadas:



**Gráfica N° 1. Curva esfuerzo deformación unitaria de un cilindro de concreto**

Los valores teóricos para calcular el módulo de elasticidad del concreto  $E_c$ , por correlación con la resistencia a la compresión a los 28 días  $f'_c$ , son proporcionales a la raíz cuadrada de  $f'_c$  como se mencionaba en la NSR98 artículo C.8.5.4.1. y en la NSR10 artículo C.8.5.1 y en los comentarios de la NSR10. Por ejemplo, la media nacional está dada por la ecuación C.8-2d de la NSR98 y los comentarios de la NSR10:

$$E_c = 3900\sqrt{f'_c}$$

Donde  $f'_c$  y  $E_c$  están dados en MPa.

2. El mortero es un material frágil, de comportamiento similar al concreto y por lo tanto el módulo de elasticidad se puede calcular como se describe para el concreto presentándose igualmente diferentes formas para su cálculo.

La NSR10 en el artículo D.5.2.1.3, ecuación D.5.2-4 establece la correlación entre el módulo de elasticidad del mortero de relleno  $E_{cr}$ , y la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del mortero de relleno  $f'_{cr}$  como se muestra en la ecuación:

$$E_{cr} = 2500\sqrt{f'_{cr}}$$

En este trabajo se determinó el módulo de elasticidad del mortero de pega por correlación con el módulo de elasticidad del mortero de relleno así:

$$E_{cp} = E_{cr} \frac{\sqrt{f'_{cp}}}{\sqrt{f'_{cr}}}$$

Donde:

$E_{cp}$  = Módulo de elasticidad del mortero de pega.

$E_{cr}$  = Módulo de elasticidad del mortero de relleno.

$f'_{cp}$  = Resistencia a la compresión a los 28 días del mortero de pega.

$f'_{cr}$  = Resistencia a la compresión a los 28 días del mortero de relleno.

Quimbay, R.. En su Trabajo de investigación: “*Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM*”; concluyó lo siguiente:

1. El método de la madurez del concreto permite estimar las características mecánicas de concreto y morteros instrumentados in situ, incluyendo resistencia a compresión y módulo de elasticidad E, a partir de los cuales es factible también determinar los módulos de cortante G, Energía de fractura y módulo de bulk, entre otros, de una manera más confiable y rápida que los métodos de estimación tradicionales, permitiendo un mejoramiento en el control de calidad en proyectos de construcción.

2. Los valores estimados de módulo de elasticidad del concreto a edad temprana y tardía a partir de la resistencia determinada por el método de la madurez para placas y muros presentan una variación considerable debida a la influencia de la temperatura ambiente, de las condiciones de protección y curado, así como a la variabilidad propia del concreto colocado, situación que puede ser incidente en el comportamiento estructural.

Emiliani, N. & Rincón, J. (2012), en la tesis: Estudio del comportamiento dinámico de tres edificios de concreto de la Pontificia Universidad Javeriana mediante vibraciones ambientales; dicen lo siguiente:

Anteriormente se han realizado estudios que involucran vibraciones ambientales en estructuras como edificios y puentes tanto a nivel internacional como nacional. Estos últimos han sido llevados a cabo por las pocas instituciones que cuentan con los equipos necesarios para este estudio, como los son el Centro Internacional de Física (CIF), la Universidad de los Andes, la Pontificia Universidad Javeriana, el Grupo Salazar-Ferro y la Universidad Industrial de Santander.

Entre los estudios más relevantes de La Universidad de los Andes, se debe resaltar el estudio en el edificio FONADE, con una altura de 40 pisos, en el que se midieron vibraciones ambientales y se establecieron los periodos naturales de vibración. En la Universidad de los Andes también se realizó un estudio con el fin de establecer parámetros que eviten los daños en edificaciones vecinas en el proceso de hincado de pilotes. En la Universidad Militar Nueva Granada se realizó una estimación de los periodos naturales de vibración en viviendas con muros de concreto de uno y dos pisos en el año 2009. De esta investigación se llegó a la conclusión de que los periodos de vibración obtenidos a partir de mediciones de vibraciones ambientales están asociados a amplitudes de excitación bajas y, por esto es muy probable que se incrementen durante una sollicitación sísmica.

El INVIAS y la Pontificia Universidad Javeriana liderada por el grupo de investigación de estructuras y construcción realizaron un análisis de vulnerabilidad del viaducto atirantado de Pereira

Cesar Gaviria Trujillo, en el cual se realizaron mediciones ambientales para poder determinar el periodo del puente en rango elástico entre otros ensayos. Así mismo se realizó un estudio de vulnerabilidad sísmica para un puente de acero en Cajamarca, vía La Línea. También, en otros trabajos de grado de la Pontificia Universidad Javeriana, se realizó un estudio de vibraciones ambientales del edificio Don Guillermo Castro (parqueadero), el cual está constantemente sometido a cargas vehiculares y peatonales, con el fin de estimar su respuesta sísmica. También la Pontificia Universidad Javeriana en el 2012 realizó un análisis del comportamiento dinámico por medio de vibraciones ambientales en el puente de Portachuelo.

En Cartagena, con el fin de establecer la viabilidad técnica para sistemas de transporte masivo, el grupo Salazar-Ferro junto a la Sociedad Colombiana de Geotecnia, realizó mediciones de vibraciones en las murallas debido al paso de vehículos. La Universidad del Sur de California, junto a la Universidad de Montenegro, realizaron un estudio de vibraciones en las tres dimensiones, de un edificio de 7 pisos en Van Nuys, California, el cual había sido afectado por un sismo cuyo epicentro fue a solo 1.5 kilómetros de distancia, y tuvo una magnitud de 5.3 grados en la escala de Richter. En Italia, el Politécnico de Milán ejecutó pruebas de vibraciones ambientales en un campanario de mampostería de 74 metros de altura, ya que esta presentaba grietas en los muros cargueros principales y los en estos debían ser evaluados.

Todos estos estudios, son efectuados con un solo fin, el de poder estimar el comportamiento que cierta estructura tendrá ante un sismo intenso. Para poder llegar a este objetivo final, antes se debe calcular la fuerza sísmica en la base de la estructura y un modelo numérico que permita estimar dicha respuesta sísmica.

Mediante este modelo numérico se van a poder determinar esfuerzos, desplazamientos y deformaciones de todos los elementos del edificio en función del tiempo; todos estos debidos a cargas tanto estáticas como dinámicas y oscilatorias en el sentido horizontal. Para poder llegar a un modelo numérico de calidad y que represente de manera correcta el comportamiento dinámico en el rango

elástico de la edificación ya construida, es necesario realizar una calibración. Entre los parámetros que se planean calibrar, resaltan la rigidez y la masa de la estructura. El objetivo principal de la calibración es la rigidez ya que la masa no es variable en el tiempo; sin embargo, no se puede despreciar la masa que aportan los elementos no estructurales debido a que todos estos elementos son la principal fuente de la masa oscilante en el momento en que se presente un evento sísmico y pueden llegar a aportar rigidez y resistencia en el rango elástico.

En vista futura de realizar un estudio de vulnerabilidad y rehabilitación sísmica en las edificaciones que vamos a estudiar, es de vital importancia la existencia de un modelo numérico calibrado ya que por medio de este se va a obtener un valor de confianza mayor y va a ser posible tomar decisiones más certeras sobre la rehabilitación a realizar. En el caso de los tres edificios de Ciencias Básicas, nos encontramos con pórticos en concreto y muros divisorios en mampostería, construidos bajo normativas antiguas las cuales eran menos exigentes y no tenían en cuenta diferentes hipótesis de diseño que hoy en día son vitales para atenuar el riesgo sísmico. Estos edificios sufren solicitaciones de carga viva de magnitudes bastante altas, debidas a la circulación de personas y de vehículos en zonas cercanas (carrera séptima y calle 45). Con el fin de estimar las características y propiedades de la respuesta dinámica de estas edificaciones y calibrar dichos modelos, se deben realizar mediciones de las vibraciones ejercidas por las cargas ya antes mencionadas mediante equipos de alta sensibilidad.

La finalidad de este trabajo de grado es brindarle a la Pontificia Universidad Javeriana el estudio del comportamiento dinámico real de los tres edificios de ciencias básicas, para que esta pueda tomar decisiones más certeras a partir de los resultados que se obtendrán en pro de la comunidad Javeriana. El objetivo principal para llevar esto a cabo es la estimación de los periodos fundamentales de vibración en el rango elástico de cada uno de los 3 edificios. Para lograr estimar los periodos fundamentales de vibración primero es necesario estimar el módulo de elasticidad del concreto de cada uno de los edificios, esto con el fin de generar modelos numéricos de rigidez representativa; estos resultados serán comparados con los resultados obtenidos mediante el estudio y análisis de señales

arrojadas por las vibraciones ambientales. De esta forma se procede a calibrar los modelos numéricos hasta que la diferencia o error sea inferior al 10%.

2. El módulo de elasticidad es uno de los parámetros más importantes en el momento de realizar un estudio estático o dinámico en un edificio, ya que este valor está directamente relacionado con la rigidez y esta a su vez con las deformaciones y las derivas. La elasticidad es la propiedad mecánica que hace que los cuerpos se deformen y vuelvan a su deformación inicial después de aplicar una carga sin que se generen deformaciones residuales. Los materiales elásticos tienen un límite de deformación y carga para el cual se cumple lo anterior, una vez que sobrepasan este límite entran al rango plástico en donde las deformaciones residuales permanecen. Tener un buen conocimiento del módulo de elasticidad del concreto bajo condiciones de carga lenta podría emplearse en futuras investigaciones acerca del módulo de elasticidad dinámico de concreto (es decir bajo cargas rápidas) lo anterior sería importante para conocer el comportamiento real del concreto bajo la acción de un sismo, ya que en estos eventos se desarrollan ciclos de carga que hacen que el comportamiento del material sea diferente al que presentan cuando las cargas son estáticas. Cuando se analiza una estructura bajo cargas cíclicas es importante tener en cuenta el módulo de elasticidad dinámico, para el cual es necesario realizar un ensayo de ultrasonido y con los datos obtenidos, y utilizando la siguiente fórmula se puede obtener el módulo de elasticidad dinámico.

$$E_d = v^2 \frac{\gamma (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{g (1 - \nu)}$$

**E<sub>d</sub>** = Módulo dinámico de elasticidad del Concreto

**V<sup>2</sup>** = Velocidad transversal del pulso ultrasónico.

**γ** = Peso específico del concreto

$g$  = Aceleración de la gravedad

$\nu$  = Coeficiente de Poisson (0.2)

Andrade, L. (2004), en su Tesis: Control de Derivas en las Normas de Diseño Sismorresistente – Pontificia Universidad Católica del Perú llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los procedimientos y límites para el cálculo y control de la deriva, están sustentados en la experiencia de los profesionales de cada país, más que en trabajos analíticos y experimentales. Sin embargo, cada vez son mayores los trabajos de investigación que cuestionan este proceder y los resultados de algunos códigos.

2. El Código más exigente para períodos de hasta 0.45 segundos es el peruano, que el código colombiano es el de mayor exigencia para períodos entre 0,45 y 1,45 segundos, y que el código chileno es largamente más exigente para períodos mayores a 1.45 segundos. En contraste, entre los códigos menos exigentes estuvieron los norteamericanos (UBC e IBC).

3. Valores típicos de distorsión angular de entrepiso promedio, usadas para definir el límite de daño estructural en edificaciones de concreto armado, muestran que, los valores de distorsión angular decrecen con la altura del edificio, tomando en cuenta por anticipado, la distribución no uniforme de la deriva sobre la altura de la edificación; es decir, que cuanto más alto sea un edificio, es más probable que algunos pisos tengan mayores valores de distorsión angular que la promedio; así, según estos investigadores, los valores de 0,004; 0,008; 0,025; 0,050, corresponden a daño leve (leves grietas en todo el elemento), daño moderado (severo agrietamiento, fisuras localizadas), daño severo (aplastamiento del concreto y exposición del refuerzo), daño completo, respectivamente.

Ruiz, Vacca y León (2007), citados en su Tesis por Borrero M. (2011), a partir de los resultados del módulo elástico en función de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión para datos en Bogotá, señalan que, el coeficiente de 12 500 en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  para Bogotá es muy poco conservativo, y peor aún,

usar un coeficiente de 15000 en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  como se presenta ahora en la NSR 10, observando que los datos del módulo de elasticidad están concentrados entre los 150 000 y los 230 000  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , aunque se tienen valores entre 24 000 y 350 000  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Borrero M. (2011), concluye “el hecho de que el módulo de elasticidad del concreto continúe considerándose como 15 000  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , es incompatible con los niveles de seguridad, pues si se considera la variabilidad de agregados en cada zona, la deriva puede llegar hasta duplicarse, teniendo las respectivas consecuencias para los elementos estructurales y no estructurales”

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Glosario**

- Módulo de elasticidad: Relación entre esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material, se emplea en el cálculo de la rigidez de los elementos estructurales.

- Fuerzas Internas: fuerzas que mutuamente se ejercen entre sí las diferentes partículas del cuerpo o sistema. Las fuerzas internas son iguales y opuestas dos a dos de acuerdo con la 3ª Ley de Newton, por lo que analizando el cuerpo o sistema globalmente la suma de todas sus fuerzas internas es nula.

- Deriva: Deformación angular de una estructura debido a las fuerzas laterales que actúan sobre ella.

- Agregados: Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento. Son generalmente encontrados en canteras y lechos de ríos, donde han sido depositados por las corrientes de agua, (arena, grava o roca).

- Peso Volumétrico: Relación del peso de la masa de un elemento entre su volumen de masa; se le conoce también como densidad, peso unitario o peso específico de masa.

- Resistencia del Concreto: Resistencia a la compresión o tracción del concreto endurecido.

- Coeficiente de Poisson: Constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

- Período de Vibración: Intervalo de tiempo en el que la estructura completa un ciclo y se representa por  $T$ . El valor  $T$  se determina haciendo:  $x(t) = x(t+T)$ , entonces, se obtiene:  $T = \frac{2\pi}{W}$

- Material Elástico lineal: En donde las tensiones y deformaciones están relacionadas linealmente (linealidad material).

- Material Isótropo: Cuando presenta las mismas propiedades físicas en todas las direcciones, en el sentido de que, si se miden magnitudes como conductibilidad eléctrica y térmica, dilatación, etc., no dependen de la dirección.

- Espectro de Diseño: Herramienta, que permite calcular las construcciones, teniendo en cuenta la actividad sísmica de la región, las condiciones locales de la respuesta del suelo, y las características de la estructura (periodo de vibración).

- Respuesta Sísmica: Está representada por las deformaciones y fuerzas que aparecen en una estructura al verse sujetas a la acción de un sismo

- Sismo: Vibraciones de la corteza terrestre, generadas por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico.

- Microzonificación Sísmica: Consiste en establecer zonas de suelos con comportamiento similar durante un sismo, de manera que puedan definirse allí, recomendaciones precisas para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes. Para cada una de las zonas, además de especificarse la fuerza sísmica posible, deben identificarse los tipos de fenómenos asociados que pueden desencadenarse a raíz del sismo, como son los deslizamientos, la amplificación exagerada del movimiento o la posibilidad de la licuación del suelo. La definición de estas zonas se hace con base en

criterios tipográficos, estratigráficos, espesores y rigidez relativa de los materiales, entre otras características de los suelos.

- Peligro Sísmico: Probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. No debe confundirse este concepto con el de riesgo sísmico, que depende de factores antrópicos y se refiere a los daños potenciales.

- Solicitaciones Sísmicas: Puede definirse como las cargas que se inducen a una estructura por un movimiento de su base producido por la propagación de las ondas sísmicas. (Fuerzas de inercia). Este movimiento es irregular y puede presentar componentes en los ejes de un sistema de coordenadas tridimensional.

- Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

- Concreto estructural: Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado.

- Concreto armado o reforzado: Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero preesforzado o no.

- Concreto Simple: Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado.

- Concreto de peso normal: Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 Kg/m<sup>3</sup>.

- Inercia: Propiedad que poseen los cuerpos de oponerse a un cambio de su estado de reposo o movimiento en que se encuentran. Como tal, la inercia es la resistencia ofrecida por un cuerpo a la alteración de su estado en reposo o movimiento.

- Deformación axial: Cambio de longitud que sufre un cuerpo debido a una carga axial, también se le conoce como deformación Total, y se representa por  $\delta$  (delta).

- Elemento Estructural: Partes diferenciadas, aunque vinculadas, en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño. El diseño, cálculo y comprobación de estos elementos se hace de acuerdo con los postulados de la resistencia de materiales en el ámbito de la arquitectura, la ingeniería civil, la ingeniería mecánica y la ingeniería estructural.

Básicamente los elementos estructurales pueden tener estados de tensión uniaxiales, biaxiales o triaxiales según su dimensionalidad y, según cada una de las direcciones consideradas, pueden existir tanto tracciones como compresiones. Dicho estado puede ser uniforme en ciertas secciones transversales, o variar dentro de la sección.

Los elementos estructurales suelen clasificarse en virtud de tres criterios principales:

- Dimensionalidad del elemento, según puedan ser modelizados como elementos unidimensionales (pilares, vigas, arcos, etc.), bidimensionales (placas, láminas, membranas) o tridimensionales.
- Forma geométrica y/o posición, la forma geométrica concreta afecta a los detalles del modelo estructural usado; así si la pieza es recta como una viga o curva como un arco, el modelo debe incorporar estas diferencias, también la posición u orientación afecta al tipo de estado tensional que tenga el elemento.
- Estado tensional y/o solicitaciones predominantes, los tipos de esfuerzo predominante pueden ser: Tracción (membranas y cables), compresión (pilares), flexión (vigas, arcos, placas, láminas) o torsión (ejes de transmisión, etc.).

- Cargas Gravitacionales: Se deben a la acción de la gravedad sobre los diferentes elementos que componen la estructura, es decir, el peso de estos elementos, y se incluye aquellos elementos que se mueven en la estructura.

- Modelo Matemático: Sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo a lo que se quiere contemplar. Te permiten obtener resultados en base a experiencias anteriores o estadística. Hay que rescatar que todo modelo matemático sufre de error cuando se compara con la realidad, pues siempre será un cálculo y factores externos que no permitan la exactitud.

### **2.2.2. Características de los materiales**

“La respuesta sísmica de una estructura es influida en forma determinante por las características del material que la componen. Entre estas características las principales son : el peso volumétrico del material (éste define la masa de la estructura y por tanto influye en las fuerzas de inercia que se generan en los períodos de vibración); el módulo de elasticidad del material, que es determinante en la rigidez lateral de la estructura y en su período natural de vibración; la forma de la curva esfuerzo-deformación del material es importante más allá del solo módulo de elasticidad; la ductilidad del comportamiento y la forma de los lazos de histéresis define el amortiguamiento inelástico con que puede contarse” (Bazán y Meli, 2001)

Concreto: La forma de la curva esfuerzo-deformación del concreto simple es bien conocida. el comportamiento es frágil, tanto en compresión como en tensión y la resistencia en tensión es muy limitada (del orden de 10% de la resistencia en compresión). El módulo de elasticidad inicial depende de la calidad de los agregados, el peso volumétrico del concreto y de la velocidad con que se aplica la carga. El tramo de comportamiento lineal es reducido, ya que para esfuerzos de compresión mayores del 40% del máximo resistente  $f_c$ , ocurre un microagrietamiento que reduce la rigidez del material. El esfuerzo máximo en compresión se alcanza para deformaciones unitarias cercanas a 0.002 y la falla por aplastamiento para deformaciones de entre 0.003 y 0.004 (Bazán y Meli, 2001)

La curva esfuerzo-deformación se vuelve más frágil para concretos de mayor resistencia. Cuando la sollicitación se aplica muy rápidamente, como en el caso de un sismo, la curva esfuerzo-deformación muestra incrementos en el módulo de elasticidad y en la resistencia que son del orden de 15%, estos

incrementos suelen ignorarse en el diseño sísmico por ser poco significativos y por depender de la frecuencia de vibración de la estructura (Bazán y Meli, 2001)

### **2.2.3. Propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales para el análisis de los edificios**

Para efectuar el análisis lineal de un marco se requiere conocer el módulo de elasticidad del material que constituye los elementos estructurales, el área y el momento de inercia de las secciones transversales de los mismos.

Según las Normas de Concreto del RCDF, el módulo de elasticidad del concreto (en Kg/cm<sup>2</sup>) debe tomarse como  $13000\sqrt{f'_c}$ . Para concreto clase 1 y como  $8000\sqrt{f'_c}$  para concreto clase 2. El concreto clase 1 es el que elabora con agregados de alta calidad y peso volumétrico normal, mientras que el clase 2 es el que se obtiene con los agregados que se encuentran normalmente en el Valle de México y que tienen un peso volumétrico bajo y un elevado contenido de polvos.

Para evaluar las propiedades geométricas de las columnas de concreto reforzado se puede considerar la sección bruta, pensando que las mismas, por estar sujetas generalmente a compresiones altas, no tendrán mucho agrietamiento.

En vigas de concreto reforzado que no estén coladas monolíticamente con las losas, es razonable usar el momento de inercia de la sección agrietada transformada, el cual, para secciones rectangulares con porcentajes usuales de refuerzo, vale alrededor del 60% del momento de inercia de la sección bruta. Si las vigas están colocadas monolíticamente con losas, entonces, en las zonas de momentos positivos, existen patines que dan lugar a una sección T cuyo momento de inercia vale de 1.5 a 2 veces el de la sección rectangular. Este efecto tiende a compensarse con el de la reducción debido al agrietamiento, y parece adecuado en estos casos emplear el momento de inercia de la sección rectangular bruta (sin considerar la reducción por agrietamiento, ni el aumento por la contribución de losa).

Cuando el marco por analizar es una idealización de un sistema a base de losas planas (aligeradas o macizas) y columnas, se recomienda, de acuerdo con resultados experimentales, considerar que el ancho efectivo de la losa es  $c + 3h$ , donde  $c$  es el ancho de la columna (perpendicular al plano del marco) y  $h$  el peralte total de la losa plana. Si la losa es aligerada, entonces conviene considerar un momento de inercia promedio entre el de los apoyos (donde hay una zona maciza) y el de la zona central (donde se deben descontar los huecos de los casetones).

Como puede inferirse de las correspondientes matrices de rigidez, para analizar sistemas con muros es necesario conocer los módulos de elasticidad y de cortante, el módulo de inercia, el área axial y el área de cortante de cada muro.

En el caso de diagonales se deben conocer módulos de elasticidad y el par de sección transversal de cada una de ellas. Es aceptable considerar que el concreto es un material isótropo, con un módulo de Poisson de aproximadamente 0.2, lo cual implica que su módulo de cortante  $G_C$  es igual a  $EC/2.4$ .

Para estos muros se acostumbra calcular el momento de inercia con base en su sección bruta, incluyendo el aporte de columnas o muros perpendiculares en los extremos, que trabajan como si fuesen patines y dan lugar secciones de los tipos T, L, C o similares. El área de cortante de secciones de formas distintas se deriva de consideraciones de resistencia de materiales. En estos casos, si un muro que funge como patín tiene un espesor  $t$ , su ancho efectivo puede considerarse igual a  $6t$ , a menos que el ancho real sea menor. La contribución de estos anchos efectivos también puede incluirse en el área de la sección transversal que interviene en el cálculo de las deformaciones axiales, pero debe excluirse al evaluar el área de cortante, la cual es igual al área del muro que hace las veces de alma (Bazán y Meli, 2001)

#### **2.2.4. Aspectos de concepción estructural**

Estos se deben tomar en cuenta al momento de desarrollar la estructuración de una determinada edificación. En la primera etapa del diseño se define la ubicación, el tamaño, la geometría, la naturaleza y la ubicación de todos los elementos estructurales y los elementos no estructurales que puedan influir en el comportamiento de la estructura.

Se establece el tipo de material a emplear, tales como, el concreto cemento-arena, acero estructural, entre otros.

Se determinan las estructuras destinadas a soportar cargas gravitacionales y sísmicas.

Se proponen secciones y dimensiones de los elementos estructurales y de los elementos no estructurales y su sistema de fijación.

Las nociones estructurales deben ser aplicadas de forma correcta para obtener edificaciones bien concebidas.

##### **2.2.4.1. Funcionalidad estructural para el análisis**

En algunos puntos del edificio quedan algunas columnas más juntas que las otras y del tamaño típico de manera que provocan una concentración de masa.

Esto resulta ser más costoso, ya que por la rigidez que presenta se considera una estructura estable sísmicamente. Si la concentración de masa se presenta en los últimos niveles, se convierte en un peligro, debido a que la estructura actúa como un péndulo invertido.

De manera general, lo que se debe tener en cuenta es el diseño arquitectónico y por ende es una gran responsabilidad del ingeniero estructural en conjunto con el arquitecto, ya que el último mencionado define la funcionalidad del edificio, la cual debe estar aplicada a lo estructural.

#### **2.2.4.2. Propiedades Mecánicas de las edificaciones**

##### **Inercia:**

Resistencia al movimiento o cambio de dirección. La inercia de una estructura es proporcional a su masa y las fuerzas que se aplican sobre ella para simular un episodio sísmico son un porcentaje de su peso total.

##### **Resistencia:**

Fuerza en que se oponen los materiales a su ruptura por impacto o percusión. Se expresa en kilogrametros por centímetro cuadrado ( $\text{kgm}/\text{cm}^2$ ) o en Julios por metro cúbico ( $\text{J}/\text{m}^3$ ). Es la Capacidad de la estructura para soportar cargas vivas y su propio peso sin colapsar.

La Resistencia depende de las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos (Resistencia mecánica, Modulo de Elasticidad, etc.) y del tamaño de la sección.

##### **Ductilidad:**

Define la posibilidad de la estructura o algunos de sus componentes estructurales de experimentar deformaciones más allá del límite elástico sin reducir de manera significativa su resistencia o rigidez. Desde que un elemento sobrepasa el límite de fluencia o elástico, la curva que define su comportamiento empieza a cambiar su inclinación acercándose a la orientación del eje horizontal.

##### **Resiliencia:**

Propiedad de los materiales que acumulan energía cuando se someten a situaciones de estrés como las rupturas. Los materiales resilientes, después de un momento de tensión no son dañados por tener la capacidad de volver a la normalidad. Es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada.

La resiliencia es la memoria de un material para recuperarse de una deformación, producto de un esfuerzo externo.

**Tenacidad:**

Es una de las características más importantes en un proyecto de estructuras. Es importante que la tenacidad sea combinada con la resistencia, esto es porque la experiencia ha demostrado que muchas fallas en el proyecto a temperaturas por debajo del caudal no se producen como consecuencia de la deformación plástica, sino debido a la fractura de estrés por debajo del límite de elasticidad.

Un material que presenta un bajo nivel de tenacidad es denominado como frágil y su fractura puede ser reducida con la aplicación de un pequeño esfuerzo.

**2.2.4.3. Elementos que integran el sistema**

Generalmente las estructuras de los edificios están constituidas por una retícula ortogonal en tres direcciones: Una vertical definida por las columnas y dos horizontales definidas por las vigas. Cuando los marcos forman ángulos rectos, intentar hacer un análisis tridimensional puede resultar laborioso e impráctico (si no se hace con un software adecuado), por lo que el problema se puede reducir a un sistema de marcos planos en dos direcciones que da por resultado una forma aproximada de análisis simplificado aceptable.

**2.2.4.4. Cargas del diseño**

Las cargas son fuerzas externas o fuerzas internas que actúan sobre la estructura, las cuales provocan reacciones internas dentro del sistema estructural para resistirlas; Estas cargas son a las que se ve sometida la estructura por su propio peso, por la función que cumple y por efectos ambientales.

Se pueden subdividir en cargas gravitacionales, cargas hidrostáticas y fuerzas ambientales (sismo y viento).

**Cargas gravitacionales:**

**- Cargas muertas:**

Son cargas permanentes y que no son debidas al uso de la estructura. En esta categoría se pueden clasificar las cargas correspondientes al peso propio y al peso de los materiales que soporta la estructura tales como acabados, divisiones, fachadas, techos, etc. Dentro de las cargas muertas también se pueden clasificar aquellos equipos permanentes en la estructura. En general las cargas muertas se pueden determinar con cierto grado de exactitud conociendo la densidad de los materiales.

**- Cargas vivas:**

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. Debido a la característica de movilidad y no permanencia de estas cargas el grado de incertidumbre en su determinación es mayor.

Las cargas vivas no incluyen las cargas ambientales como sismo o viento.

Para efectos de diseño es el calculista quien debe responder por la seguridad de la estructura en su vida útil, para esto cuenta con las ayudas de las normas y códigos de diseño de nuestro país donde se especifican las cargas vivas mínimas a considerar.

**Fuerzas Ambientales:**

**- Cargas de viento:**

El viento produce una presión sobre las superficies expuestas. A mayor altura mayor velocidad del viento.

El aire tiene una masa partículas (densidad o peso) y se mueve en una dirección particular a una velocidad particular. Por consiguiente, posee energía cinética expresada como:

$$E = 1/2 mv^2$$

Lo que más interesa para el diseño de edificios u otras estructuras es la velocidad máxima que alcanza el viento.

#### **- Cargas de Sismo:**

El sismo es una liberación súbita de energía en las capas interiores de la corteza terrestre que produce un movimiento ondulatorio del terreno.

Este movimiento ondulatorio se traduce en una aceleración inducida a la estructura que contando esta con su propia masa y conociendo la 2da ley de Newton se convierte en una fuerza inercial sobre la estructura. Es inercial porque depende directamente de la masa de la estructura sometida al sismo.

### **2.2.5. Alcances establecidos en la NTP E.030 de Diseño Sismorresistente**

#### **2.2.5.1. Consideraciones Generales**

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las sollicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la sollicitación sísmica máxima elástica.

#### **2.2.5.2. Concepción Estructural Sismorresistente**

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

### 2.2.5.3. Peligro Sísmico

#### Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. 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.



*Figura N° 1. Zonificación*

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. 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.

Tabla N° 01 Factor de Zona “Z”

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente

#### 2.2.5.4. Condiciones Geotécnicas

##### 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 ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 metros superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación. Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $N_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  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

$\bar{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  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  $\bar{V}_s$  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  $\bar{V}_s$ .

**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  $\bar{V}_s$  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  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  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  $\bar{V}_s$ , 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  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.

- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , 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  $\bar{V}_s$ , 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  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.

- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , 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 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  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° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

*Tabla N° 02. Clasificación de los perfiles de suelo*

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 KPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 KPa a 100 KPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 KPa a 50 KPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en EMS		

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

#### 2.2.5.5. Parámetros de Sitio

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

*Tabla N° 03. Factor de Suelo "S"*

ZONA \ SUELO	SUELO			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

*Tabla N° 04. Períodos “ $T_P$ ” y “ $T_L$ ”*

	Perfil de Suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P(S)$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L(S)$	3,0	2,5	2,0	1,6

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

#### 2.2.5.6. Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$T$  es el período. Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

#### 2.2.5.7. Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a) Evitar pérdida de vidas humanas.
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c) Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

1. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
2. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderado para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
3. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

<i>Tabla N° 05. Categoría de las edificaciones y factor U</i>		
Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones esenciales	A1: Establecimiento de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver Nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, Aeropuertos, Locales municipales, centrales de comunicación, Estaciones de bomberos, cuarteles de fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósito de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado.	1,5

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

*Tabla N° 05. Categoría de las edificaciones y factor U*

Categoría	Descripción	Factor U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: Viviendas, Oficinas, Hoteles, Restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver Nota 2

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga.

Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar:

$$U = 1$$

**Nota 1:** Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir

si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

**Nota 2:** En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

#### 2.2.5.8. Sistemas Estructurales

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 6. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente  $R_0$  que corresponda.

Tabla N° 06. Sistemas Estructurales

Sistema Estructural	Coeficiente básico de reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	8
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto armado:</b>	
Pórtico	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería armada o confinada</b>	3
<b>Madera (por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente

Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

#### 2.2.5.9. Cálculo de peso Sísmico efectivo

El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B se tomará el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

A manera de fórmula, el peso sísmico efectivo del edificio,  $P$ , se determinará como:

$$P = (\text{Peso propio} + CM) + 0.50CV + 0.25CVT$$

#### 2.2.5.10. Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

$Z$  = Factor de zona (Tabla N° 1).

$U$  = Factor de uso (Tabla N° 5).

$C$  = Factor de amplificación sísmica.

$S$  = Factor de suelo, de acuerdo a las condiciones locales establecidas en la Tabla N° 2.

$R$  = Coeficiente de reducción de fuerza sísmica.

#### **2.2.5.11. Modelos para el análisis**

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

#### 2.2.5.12. Control de distorsiones del modelo

De acuerdo a la Norma Técnica de diseño sismo resistente, los desplazamientos laterales permisibles son los siguientes:

*Tabla N° 07. Límites para la distorsión del entrepiso*

<b>Material Predominante</b>	<b><math>\Delta_i / h_{ei}</math></b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,050
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

*Fuente: Norma Técnica Peruana E. 030 del Diseño Sismorresistente*

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75xR los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas.

$$\text{LIMITE DISTORSION LATERAL: } \Delta_i / h_i \times 0.75R \leq 0.007 \text{ C}^\circ\text{A}^\circ$$

### 2.2.6. Alcances establecidos en la NTE E.060 del Concreto Armado

#### Módulo de elasticidad:

- Para concretos de peso unitario  $W_c$  comprendido entre 1450 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, el módulo de elasticidad,  $E_c$ , para el concreto puede tomarse como:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa})$$

- Para concretos de peso unitario normal ( $W_c = 2300$  kg/m<sup>3</sup>),  $E_c$ , puede tomarse como:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa})$$

- Pueden usarse otros valores de  $E_c$  que estén suficientemente respaldados por resultados de laboratorio.

### 2.2.7. Alcances de estudios hechos en Colombia

La utilización de la Norma Técnica Colombiana NTC 4025 (ASTM C469) Método de ensayo para determinar el Módulo de Elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión es el ensayo más común para evaluar la elasticidad-ductilidad del concreto, cargando cilindros estándar de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura hasta la falla, midiendo la deformación para valores de hasta 0.45  $f'_c$  (zona elástica). Sin embargo, este ensayo está también sujeto a numerosas variables por tratarse de un ensayo destructivo, entre las que se encuentran el tamaño de la probeta, punto de medición de la deformación (en la superficie o en la mitad del cilindro), velocidad de carga, esbeltez de la probeta, tipo de refrentado y tipo de curado en laboratorio, entre otros. Los valores del módulo de elasticidad

del concreto dependen de la elasticidad de sus componentes, esto es, del módulo de elasticidad de los agregados, de la elasticidad de la pasta y de la interacción de la interface pasta-agregados. Es factible que, para concretos de mayor contenido de pasta, de resistencia baja, donde el comportamiento del material es más dúctil, se presenten mayores deformaciones, por lo que el valor del módulo de elasticidad se afectaría, debido a que la resistencia depende de la pasta y la falla se genera en ella en concretos de resistencia normal ( $f^c$  menor a 42 MPa).

A nivel internacional los códigos europeos (CEB), norteamericanos (ACI) y asiáticos difieren en los valores determinados del módulo de elasticidad del concreto y en las expresiones de correlación en función de la resistencia debido a la amplia variedad de materias primas (cementantes, agregados, aditivos, adiciones) usadas en la producción del concreto, así como también en los enfoques establecidos en las correlaciones, disparidad en repetibilidad y reproducibilidad de ensayos y variabilidad en el tiempo y en el origen de los agregados usados. En Colombia las modificaciones del antiguo código de construcciones sismorresistentes-CCCSR, actual Norma Sismorresistente NSR-98, en revisión y actualización han venido incorporando modificaciones a las expresiones de estimación del valor del módulo de elasticidad, con variaciones apreciables debidas a las variaciones de las materias primas usadas, teniendo en cuenta especialmente origen de los agregados (Quimbay, 2012).

El número de variables estimadas que afectan el ensayo de determinación del módulo de Elasticidad estático del concreto conforme NTC 4025 es mínimo el mismo presentado para el ensayo de resistencia a compresión de la NTC 673 por efectos de aspectos referido a la reproducibilidad y repetibilidad de los ensayos destructivos (Ver tabla de evaluación de variables).

*Tabla N°8. Evaluación de las variables que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón*

Variable	Pérdida de resistencia %	Laboratorio u obra
Extremos Convexos	Hasta 75	Lab
Consolidación Insuficiente	Hasta 61	Obra
Congelación inmediata por 24 horas	Hasta 56	Obra
Refrentado de goma, sin restricción	Hasta 53	Lab
Compuesto de recubrimiento suave, débil	Hasta 43	Lab
Partícula plana, orientación vertical	Hasta 40	Obra
Extremos cóncavos	Hasta 30	Lab
Terminación áspera antes de recubrir	Hasta 27	Obra
7 días en obra, Temperatura cálida	Hasta 26	Obra
Reutilización de los moldes plásticos	Hasta 22	Lab
Molde de cartón	Hasta 21	Obra
7 días en obra a 73°F , sin adición de humedad	Hasta 18	Obra
Molde plástico	Hasta 14	Obra
Terminación áspera, huecos de aire bajo el refrentado	Hasta 12	Obra
Extremo convexo refrentado	Hasta 12	Obra
Carga excéntrica	Hasta 12	Lab
Diámetro disparejo	Hasta 10	Obra
Extremos no perpendiculares al eje	Hasta 8	Obra
Manejo descuidado	Hasta 7	Obra
Tres días a 37°F, Mezclado a 73°F	Hasta 7	Obra
Un día a 37°F, Mezclado a 46°F	Hasta 7	Obra
Golpeto excesivo	Hasta 6	Obra
Refrentado grueso	Hasta 6	Obra
Terminación en pendiente, nivelado por el refrentado	Hasta 5	Obra
Mezcla húmeda sometida a vibraciones	Hasta 5	Obra
Refrentado descantillado	Hasta 4	Lab
Reforzamiento con barra apisonado	Hasta 3	Obra

*Fuente: Norma Técnica Colombiana 673*

### 2.2.7.1. Diferentes expresiones para determinar el módulo de elasticidad

No existe un consenso internacional en la determinación del tipo de modelo de correlación entre el módulo de Elasticidad y la resistencia a compresión y/o la densidad del concreto. La tendencia en occidente es a emplear modelos matemáticos determinísticos que correlacionan con base en ecuaciones exponenciales a la potencia  $n$ , donde el valor de  $n$  tiende a ser 0.5 (Estados Unidos, Canadá, Colombia), y  $n$  de 0.33 (Europa). Lo anterior debido a la experiencia de investigación propia de cada país y a la variabilidad propia de los materiales y diseños usados en los tipos de concreto. Así mismo el nivel de resistencia especificada del material implica modelos diferentes de estimación. En general para nuestro país la NSR-98 acepta variación dependiendo del origen de los agregados usados (ígneos, metamórficos y sedimentarios) pero aun así no se especifica claramente debido a que las características de los materiales pétreos no siempre son las mismas, aun para una misma fuente. Así mismo aun cuando se usen agregados similares para un mismo tipo de concreto, y dosificaciones con relaciones agua/cementante conforme métodos de diseño tradicional, esto no asegura comportamientos similares en elasticidad, pues esta depende de los volúmenes de pasta y agregados incluidos en el concreto (Quimbay, 2012).

#### **Expresiones para estimar el módulo de elasticidad del concreto:**

##### **Concreto de resistencia normal-Colombia: ( $f_c$ entre 21MPa y 42MPa):**

- $E_c = 3900\sqrt{f_c}$  o  $12500\sqrt{f_c}$  (NSR-98,  $f_c$  en MPa, o Kg/cm<sup>2</sup>, sin distingo del origen del agregado)
- $E_c = 5500\sqrt{f_c}$  (NSR-98,  $f_c$  en MPa, agregado de origen ígneo)
- $E_c = 4700\sqrt{f_c}$  (NSR-98,  $f_c$  en MPa, agregado de origen metamórfico)
- $E_c = 3600\sqrt{f_c}$  (NSR-98,  $f_c$  en MPa, agregado de origen sedimentario)
- $E_c = 13000\sqrt{f_c}$  ( $f_c$  en Kgs/cm<sup>2</sup>, ref. antiguo CCCSR)
- $E_c = 15110\sqrt{f_c}$  ( $f_c$  en Kgs/cm<sup>2</sup>, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo)

**Concreto de alta resistencia-Colombia: ( $f_c$  mayor a 42MPa):**

-  $E_c = 12700 \sqrt{f_c} + 30120$  ( $f_c$  entre 500 y 800 Kgs/cm<sup>2</sup>, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo, Humo de sílice).

-  $E_c = 16590 \sqrt{f_c}$  ( $f_c$  entre 500 y 800 Kgs/cm<sup>2</sup>, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo, Humo de sílice)

-  $E_c = 10350 \sqrt{f_c}$  ( $f_c$  entre 200 y 700 Kgs/cm<sup>2</sup>, Gomez-Lopez, agregado sedimentario, Fiscalá)

-  $E_c = 11650 \sqrt{f_c}$  ( $f_c$  entre 200 y 700 Kgs/cm<sup>2</sup>, Gomez-Lopez, agregado sedimentario, Guasca).

**Concreto de resistencia normal - Europa y USA:**

-  $E_c = 12000 (f_c)^{0.333}$  (Codigo Frances,  $f_c$  hasta 60 MPa)

-  $E_c = 3320\sqrt{f_c} + 6900$  (Carrasquillo,  $f_c$  en MPa)

-  $E_c = 63,096\sqrt{f_c}$  (Oluokun, Burdette,  $f_c$  mayor a 500 PSI)

-  $E_c = 9500 (f_c)^{0.3}$  (Codigo Noruego,  $f_c$  hasta 85 MPa)

**Concreto de alta resistencia - Europa y USA:**

ACI 363:  $E = 3,32 (f'_c)^{0,5} + 6,9$

NS 3473:  $E = 9,5 (f'_c)^{0,3}$

CEB MC- 91:  $E = 10 \dot{a} (f'_c / 10)^{0,33}$

donde  $\dot{a} = 1,2 * 2,15$

$= 2,15$

$= 0,9 * 2,15$

para agregados basálticos  
para agregados cuarcíticos  
para agregados calcáreos

En estas fórmulas,  $f'_c$  y  $E$  se expresan en MPa y Gpa respectivamente.

**Otras expresiones se han usado anteriormente entre las que encontramos:**

-  $E_c = \sqrt{f'c + 8}$  (CEB,  $f'c$  en MPa)

-  $E_c = 3320 \sqrt{f'c} + 6900$  (Neville, Inglaterra,  $f'c$  entre 21MPa y 83MPa)

**Expresiones para estimar el módulo de elasticidad del mortero:**

**Mortero de resistencia normal: ( $f'c$  entre 1000 y 3000 psi)**

-  $E_c = 9100 \sqrt{f'c}$  (Cuba MICONS, sin distingo del agregado)

-  $E_c = 6000 \times D \times \sqrt{f'c}$  (Colombia, ref. Universidad Nacional sin distingo del agregado).

*(Quimbay Herrera, MSc "Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM")*

**2.2.7.2. Resultados de investigaciones experimentales realizadas en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá**

En estas investigaciones se aplicó el sesgo necesario para tener en cuenta que en las ecuaciones para obtener el módulo se introduce el valor nominal de  $f'c$  de acuerdo con la resistencia de diseño y el concreto en la estructura en realidad tendrá una resistencia mayor. El sesgo se obtuvo de la misma población usada para calcular el módulo de elasticidad del concreto utilizando la estadística de la diferencia entre la resistencia nominal y real del concreto ensayado. El trabajo investigativo de aplicación del sesgo lo realizó una estudiante de post grado de la Universidad de los Andes en Bogotá.

En caso de que no se disponga de este valor experimental para concretos cuya masa unitaria varíe entre 1440 y 2460 Kg/cm<sup>3</sup>, puede tomarse como:

**Para agregado grueso de origen ígneo:**

$$E_c = W_c^{1.5} 0.047 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**Para agregado grueso de origen metamórfico:**

$$E_c = W_c^{1.5} 0.041 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**Para agregado grueso de origen sedimentario:**

$$E_c = W_c^{1.5} 0.031 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**El valor medio para toda la información experimental nacional, sin distinguir por tipo de agregado, es:**

$$E_c = W_c^{1.5} 0.034 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**Cuando no se disponga del valor de la masa unitaria del valor de la masa unitaria del concreto, puede utilizarse:**

**Para agregado grueso de origen ígneo:**

$$E_c = 5500 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**Para agregado grueso de origen metamórfico:**

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**Para agregado grueso de origen sedimentario:**

$$E_c = 3600 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

**El valor medio para toda la información experimental nacional, sin distinguir por tipo de agregado, es:**

$$E_c = 3900 \sqrt{f_c} \text{ en MPA}$$

### **2.2.8. Resultados de investigaciones experimentales realizadas en la Pontificia Universidad Católica del Perú**

“Los fuertes terremotos acontecidos en las diversas zonas sísmicas de nuestro planeta, han dejado en evidencia la directa relación entre los desplazamientos laterales y el nivel de daño estructural y no estructural presentado en las edificaciones. Esto ha motivado que tanto los procedimientos de cálculo como los valores máximos de la deriva de entrepiso se hayan tenido que revisar y modificar recientemente en los códigos de varios países” (Andrade, 2004).

“Los sismos acontecidos en los últimos años en diversas regiones de nuestro planeta, han dejado en evidencia la directa relación entre el daño estructural y los niveles de desplazamiento lateral al que son llevadas las estructuras durante un movimiento telúrico” (Andrade, 2004).

“Con el fin de controlar el daño, los códigos de diseño sismorresistente han considerado necesario contar con límites máximos para los desplazamientos laterales y con procedimientos adecuados para estimar dichas deflexiones. Un parámetro muy utilizado en los códigos de diseño sismorresistente para controlar el daño, es la llamada deriva de entrepiso, cuyo valor máximo depende de muchos factores como el material estructural (acero, concreto, madera, mampostería, etc), el tipo de sistema estructural para cargas laterales, el nivel de carga axial presente en el entrepiso, el nivel de detallado de los elementos estructurales, y el nivel de daño que se esté dispuesto a aceptar en la estructura” (Andrade, 2004).

“Para cumplir con el objetivo de evitar daños no estructurales ante sismos moderados, la mayoría de los códigos requieren que se mantengan los desplazamientos laterales del edificio dentro de límites admisibles. Se usan desplazamientos que se calculan para el sismo severo, y se comparan con desplazamientos admisibles que son muy superiores a los que ocasionan daño no estructural. Por ejemplo la Norma Peruana E.030 acepta desplazamientos relativos de entrepiso de 0.007 veces la altura del mismo entrepiso, para edificaciones hechas predominantemente de

concreto armado. Estas deformaciones son del orden de 3.5 veces mayores que las que son suficientes para iniciar daños en elementos no estructurales de albañilería. Eso implica que sólo se pretende evitar daño no estructural para sismos del orden de poco menos de un tercio de la intensidad del sismo de diseño” (Andrade, 2004).

Andrade (2004), indica que para la cuantificación del daño sísmico, la mayoría de los códigos de diseño sismorresistente requieren que se mantengan los desplazamientos laterales de las edificaciones dentro de límites admisibles. Desafortunadamente la mayoría de estos reglamentos, no fundamentan ni dan referencias que justifiquen los valores de la distorsión máxima asumidos. En la Metodología de Estimación de Daños del FEMA/NIBS, se listan algunos valores de la distorsión angular máxima de entrepiso, utilizados para predecir el nivel de daño estructural y no estructural que pudiera producirse durante un movimiento sísmico. Estos valores son una recopilación del trabajo de diversos investigadores, cuyos resultados han dado lugar a los límites de desplazamientos laterales utilizados en los códigos sísmicos estadounidenses, como el UBC 1997, IBC 2000 y el NEHRP 2000. Los estados específicos de daño a los que pueden llegar las estructuras, han sido asociados a los desplazamientos obtenidos en el último piso significativo (comúnmente la azotea); estos valores han sido obtenidos de ensayos realizados en varios tipos de sistemas estructurales

### **2.2.9. Del programa de diseño estructural ETABS 2016**

Para el desarrollo del trabajo se implementó una metodología que sirve como esquema básico del desarrollo de las funciones y la interfaz del ETABS. Esto permite que el trabajo contenga la información necesaria para la evaluación y correcta modelación de la Estructura (CSI Computers & Structures, Inc. Caribe. Morrison Ingenieros, 2015)

ETABS 2016 posee una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis, todos integrados usando una base de datos común. Aunque es fácil y sencillo para estructuras simples, ETABS también puede manejar grandes y complejos modelos de edificios, incluyendo un

amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción (CSI Computers & Structures, Inc. Caribe. Morrison Ingenieros, 2015)

Se encajan poderosos métodos numéricos, procedimientos de diseño y códigos internacionales de diseño que funcionan juntos desde una base de datos. Esta Integración significa que usted crea solo un sistema de modelo de piso y sistema de barras verticales y laterales para analizar y diseñar el edificio completo (CSI Computers & Structures, Inc. Caribe. Morrison Ingenieros, 2015)

Las convenciones de entrada y de salida usadas corresponden a la terminología común de edificaciones. Con ETABS, los modelos se definen de forma lógica: piso por piso, viga por viga, columna por columna, tramo por tramo, muros por muros y no como corrientes de puntos y elementos no descritos como lo hacen la mayoría de los programas para fines generales. Así la definición estructural es simple, ordenada y significativa (CSI Computers & Structures, Inc. Caribe. Morrison Ingenieros, 2015).

### III. Marco Metodológico

#### 3.1. Descripción y características del área de emplazamiento de los edificios en estudio

##### Ubicación Geográfica:

El territorio del Perú se extiende en la parte occidental de América del Sur, desde el litoral pacífico hasta la llanura amazónica y se divide en tres regiones geográficas o regiones naturales diferenciadas, las cuales son: Costa, Sierra y Selva.

Para llevar a cabo la investigación, hemos optado por ubicar los edificios en las tres regiones naturales del Perú, de modo que, se pueda observar la variación en los resultados:

- En la Costa: Vivienda Multifamiliar

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : San miguel

- En la Sierra: Edificio Multifamiliar y Oficinas (respectivamente)

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Distrito : El Tambo

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : Cusco

- En la Selva : “ Mercado”  
Departamento : Ucayali  
Provincia : Coronel Portillo  
Distrito : Campo Verde

### **Microzonificación Sísmica:**

Son estudios multidisciplinarios, que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuefacción de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras. Será requisito la realización de los estudios de microzonificación en los siguientes casos:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Complejos industriales o similares.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

Los resultados de estudios de microzonificación serán aprobados por la autoridad competente, que puede solicitar informaciones o justificaciones complementarias en caso lo considere necesario.

### **3.2. Características de los edificios en estudio**

Se determinó investigar la influencia del módulo de elasticidad en los resultados del análisis de la deriva de edificios de concreto en Perú, obtenido en ETABS 2016. Los modelos de estructuración de los edificios fueron actualizados cumpliendo las indicaciones de las Normas Técnicas peruanas vigentes (E.030 del Diseño Sismorresistente y E.060 del Concreto Armado). A continuación, se

presenta la descripción física de cada uno de los edificios en donde se nombran las condiciones más relevantes para el desarrollo del proyecto:

**Departamento** : Lima

**Provincia** : Lima

**Distrito** : San Miguel

**Proyecto** : “REMODELACION DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”

**Consultor** : Ing. Holder Contreras Calderon. C.I.P. 48500

**Año**: 2012

#### GENERALIDADES:

La presente memoria corresponde al análisis sísmico y calculo estructural del proyecto “REMODELACION DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”, de Propietario “Sr. Teófilo Herrera Huayanay y Sr. Gloria Carrasco Narváez”; edificación existente conformada por 3 niveles, proyectada para ampliarse nuevos ambientes en el 1° y 2° nivel; con ubicación en av. Precursores n° 721; distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima.

#### ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA:

✓ Del sistema existente:

Concreto:

- Resistencia ( $f'c$ ): 210 Kg/cm<sup>2</sup> (todo).
- Módulo de Elasticidad (E): 217,000 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>).
- Acero corrugado (ASTM A-615): Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ): 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (G° 60):“E”:  
2’100,000 Kg/cm<sup>2</sup>

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

✓ Del sistema proyectado:

Concreto:

- Resistencia ( $f'c$ ): 210 Kg/cm<sup>2</sup> (todo).
- Módulo de Elasticidad (E) : 217,000 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>).
- Módulo de Poisson (u): 0.20.
- Peso Específico ( $\gamma_C$ ): 2300 Kg/m<sup>3</sup> (concreto simple); 2400 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado).
- Acero corrugado (ASTM A-615): Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ): 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (G° 60):“E”: 2'100,000 Kg/cm<sup>2</sup>

Albañilería tubular:

- Resistencia ( $f'm$ ): 65 Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Elasticidad (E) : 32,500 Kg/cm<sup>2</sup> ( $E = 500 * f'm$ )
- Módulo de Poisson(u) : 0.15
- Peso Específico ( $\gamma_C$ ) : 1850 Kg/m<sup>3</sup>

Recubrimientos mínimos (R):

- Columnas, Vigas 4.00 cm
- Losas macizas, Escaleras 2.50 cm

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES					
Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)			Ing. Aldo Greco Nuñanca Herrera FIC - UNSAAC		
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 4	0.45			
Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL
	S1	Roca o Suelos Muy Rígidos	1.00	0.40	2.50
Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA		U	OBSERVACIONES	
	"C" Edificaciones Comunes		1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014	
Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL			RO
	DIR X-X	Sistema Dual			7
	DIR Y-Y	Albañilería Armada o Confinada			3
Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA			Ia Dir X-X	Ia Dir Y-Y	
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	<b>Se toma el valor mas critico</b>		<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	
Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA			Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y	
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	<b>Se toma el valor mas critico</b>		<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	

Tabla N° 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Tabla N° 6 CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

**Ia:** Factor de irregularidad en altura.  
**Ip:** Factor de irregularidad en planta.  
**Ro:** Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.  
**g:** Aceleración de la gravedad.  
**T:** Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.  
**TP:** Período que define la plataforma del factor C.  
**TL:** Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.  
**C:** Factor de amplificación sísmica.

Gráfico N° 2: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw\\_k\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw_k_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavtzy/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavtzy/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

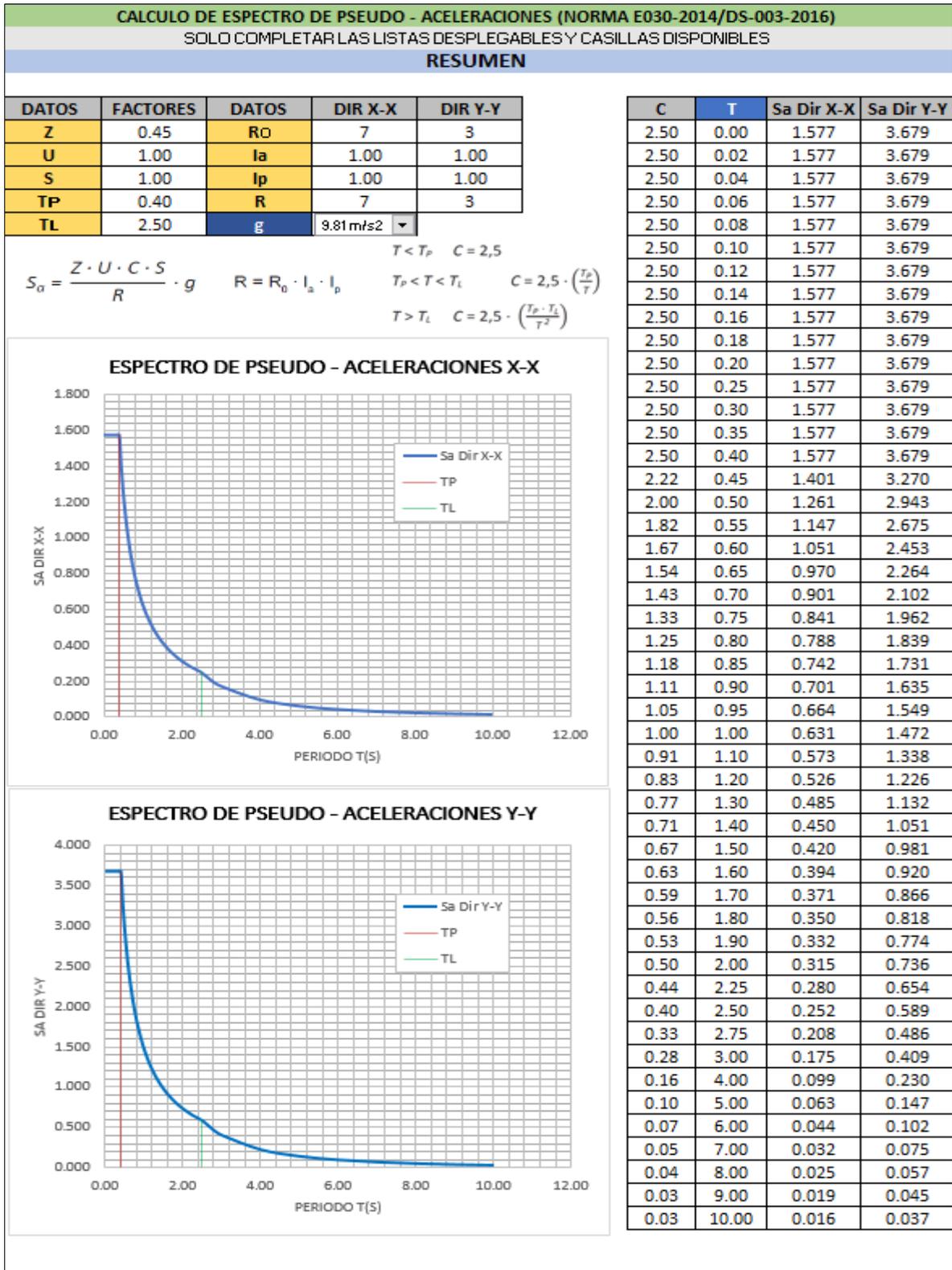


Gráfico N° 3: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgvk\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgvk_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavrtz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavrtz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**Departamento** : Junín

**Provincia** : Huancayo

**Distrito** : El Tambo

**Proyecto:** “EDIFICIO MULTIFAMILIAR”

**Consultor:** Ing. Liliam Ingaroca Valenzuela C.I.P. 114598

Bach. Ing. NORMAN SANCHEZ TELLO

**AÑO** : 2011

**GENERALIDADES:**

La presente Memoria corresponde al análisis sísmico y cálculo estructural del proyecto “EDIFICIO MULTIFAMILIAR”, de Propietario “ORCA CONSTRUCTORA Y CONSULTORA”; edificación conformada por 10 niveles más azotea; con ubicación en jr. Los Rosales N° 251; distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín.

**ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA:**

**Concreto:**

- Resistencia ( $f'c$ ): 210 Kg/cm<sup>2</sup> (todos los elementos).
- Módulo de Elasticidad (E): 217,000 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>).
- Módulo de Poisson ( $\mu$ ): 0.20
- Peso Específico ( $\gamma_c$ ): 2300 Kg/m<sup>3</sup> (concreto simple); 2400 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado).
- Acero corrugado (ASTM A-615): Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) : 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (G° 60): “E”:  
2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

- Casetones de polietileno (Techos Aligerados): “ $\gamma$ ”: 24 Kg/m<sup>3</sup>

Recubrimientos mínimos (r):

- Cimientos, zapatas, vigas de cimentación 7.50 cm
- Columnas, Vigas, Placas, Muros (Cisternas, Tanques) 4.00 cm
- Losas Aligeradas, Vigas chatas, Vigas de borde 3.00cm
- Losas macizas, Escaleras 2.50 cm

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES					
Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)				Ing. Aldo Greco Nuñonca Herrera FIC - UNSAAC	
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 3	0.35			
Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL
	S2	Suelos Intermedios	1.15	0.60	2.00
Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES		
	"C" Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014		
Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL			RO
	DIR X-X	Pórticos de Concreto Armado			8
	DIR Y-Y	Pórticos de Concreto Armado			8
Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA			Ia Dir X-X	Ia Dir Y-Y	
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		1.00	1.00	
Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA			Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y	
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00	
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00	
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		1.00	1.00	
Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		Tabla N° 6 CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES			
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones	Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades	A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	1	No se permiten irregularidades extremas		2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF.
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas	A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Sin restricciones		1	Cualquier sistema.
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas	B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF.
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total		4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Sin restricciones		1	Estructuras de madera
			C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

**Ia:** Factor de irregularidad en altura.  
**Ip:** Factor de irregularidad en planta.  
**Ro:** Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.  
**g:** Aceleración de la gravedad.  
**T:** Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.  
**TP:** Período que define la plataforma del factor C.  
**TL:** Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

Gráfico N° 4: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgwK\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgwK_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavytz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavytz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

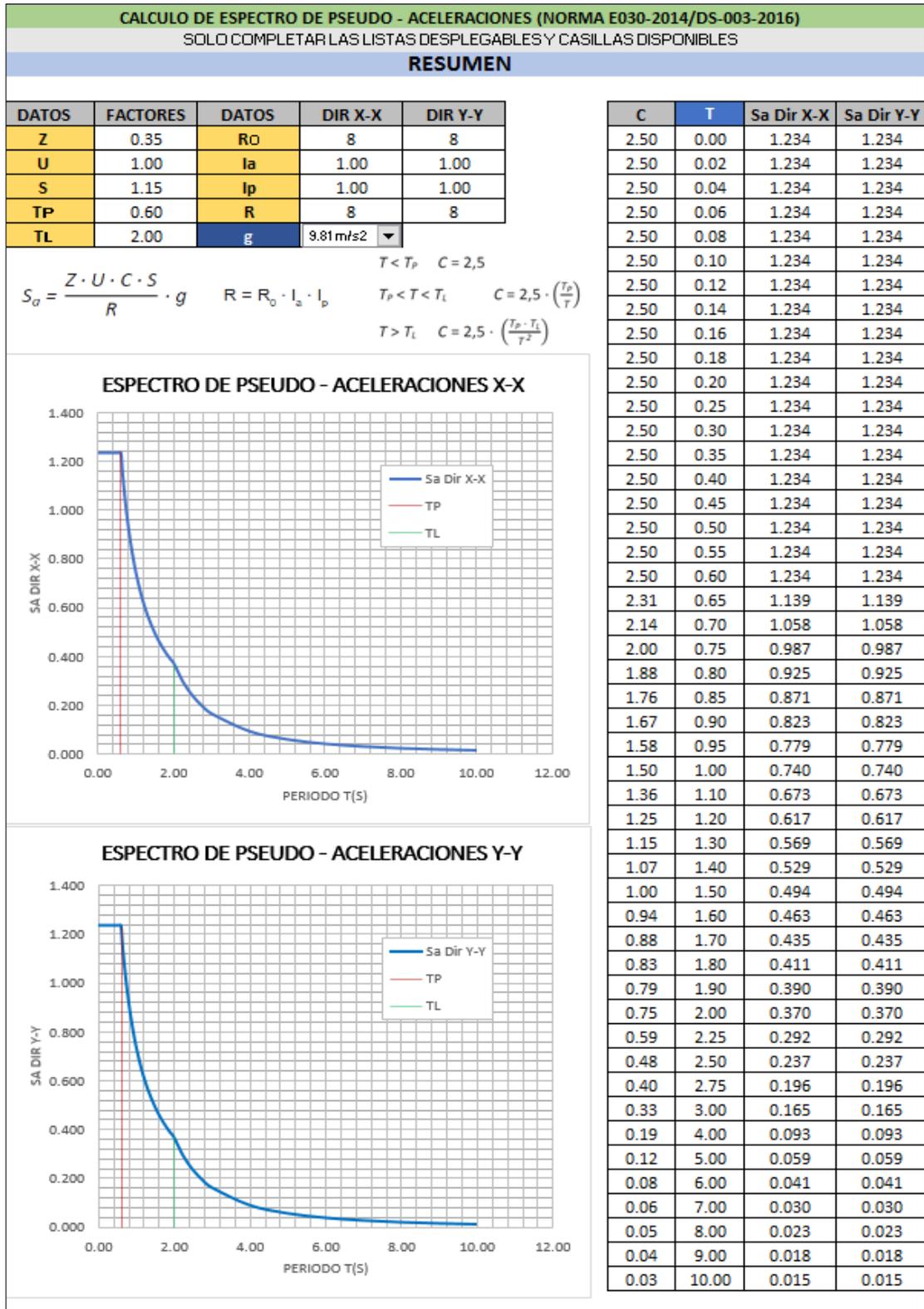


Gráfico N° 5: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw/k\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw/k_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0fny4larytz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0fny4larytz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**Departamento** : Cusco

**Provincia** : Cusco

**Distrito** : Cusco

**Proyecto** : “OFICINAS”

**Consultor** : Ing. Félix Mallqui Aguilar C.I.P. 109030

D´ONOFRIO S.A.C

**AÑO** : 2012

**GENERALIDADES:**

La presente Memoria corresponde al análisis sísmico y cálculo estructural del proyecto “OFICINAS”, de Propietario “LEONAR BLANCO PAUCAR”; Edificación con ubicación en Jr. Juan Espinoza Medrano Q-13-A, distrito de Cercado, provincia y departamento de Cusco; El edificio consta de 4 niveles.

**ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA:**

Concreto:

- Resistencia ( $f'c$ ): 210Kg/cm<sup>2</sup> (zapatas, cimientos armados, columnas, placas, vías y losas).
- Módulo de Elasticidad (E) : 217,000 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ).
- Módulo de Poisson( $\nu$ ) : 0.20
- Peso Específico ( $\gamma_C$ ) : 2300 Kg/m<sup>3</sup> (concreto simple); 2400 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado)
- Acero corrugado (ASTM A-615): Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) : 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (G° 60):  
“E”: 2100,000 Kg/cm<sup>2</sup>

Recubrimientos mínimos ( $r$ ):

- Cimientos, zapatas, vigas de cimentación 7.50 cm
- Columnas, Vigas, Placas, Muros (Cisternas, Tanques) 4.00 cm
- Losas Aligeradas, Vigas chatas, Vigas de borde 3.00cm
- Losas macizas, Escaleras 2.50 cm

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES																																																				
Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)				Ing. Aldo Greco Nuñonca Herrera FIC - UNSAAC																																																
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z																																																		
	ZONA 2	0.25																																																		
Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL																																															
	S2	Suelos Intermedios	1.20	0.60	2.00																																															
Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES																																																	
	"C" Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014																																																	
Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL			RO																																															
	DIR X-X	Albañilería Armada o Confinada			3																																															
	DIR Y-Y	Pórticos de Concreto Armado			8																																															
Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA				Ia Dir X-X	Ia Dir Y-Y																																															
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00																																																
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00																																																
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00																																																
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10			Se toma el valor mas critico	1.00	1.00																																															
Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																				
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA				Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y																																															
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00																																																
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00																																																
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10			Se toma el valor mas critico	1.00	1.00																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tabla N° 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</th> </tr> <tr> <th>Categoría de la Edificación</th> <th>Zona</th> <th>Restricciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A1 y A2</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>No se permiten irregularidades</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">B</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">C</td> <td>4 y 3</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tabla N° 6 CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES</th> </tr> <tr> <th>Categoría de la Edificación</th> <th>Zona</th> <th>Sistema Estructural</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A1</td> <td>4 y 3</td> <td>Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.</td> </tr> <tr> <td>2 y 1</td> <td>Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">A2 (*)</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Cualquier sistema.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">B</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Cualquier sistema.</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>4, 3, 2 y 1</td> <td>Cualquier sistema.</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ia:</b> Factor de irregularidad en altura.  <b>Ip:</b> Factor de irregularidad en planta.  <b>Ro:</b> Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.  <b>g:</b> Aceleración de la gravedad.  <b>T:</b> Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.  <b>TP:</b> Período que define la plataforma del factor C.  <b>TL:</b> Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.  <b>C:</b> Factor de amplificación sísmica.</p>						Tabla N° 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES			Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones	A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades	1	No se permiten irregularidades extremas	B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas	1	Sin restricciones	C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total	1	Sin restricciones	Tabla N° 6 CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES			Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural	A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.	A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.	1	Cualquier sistema.	B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera	1	Cualquier sistema.	C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.
Tabla N° 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES																																																				
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones																																																		
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades																																																		
	1	No se permiten irregularidades extremas																																																		
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas																																																		
	1	Sin restricciones																																																		
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas																																																		
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total																																																		
	1	Sin restricciones																																																		
Tabla N° 6 CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES																																																				
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural																																																		
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.																																																		
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.																																																		
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.																																																		
	1	Cualquier sistema.																																																		
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera																																																		
	1	Cualquier sistema.																																																		
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.																																																		

Gráfico N° 6: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw\\_k\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgw_k_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavytzj/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0fjny4lavytzj/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

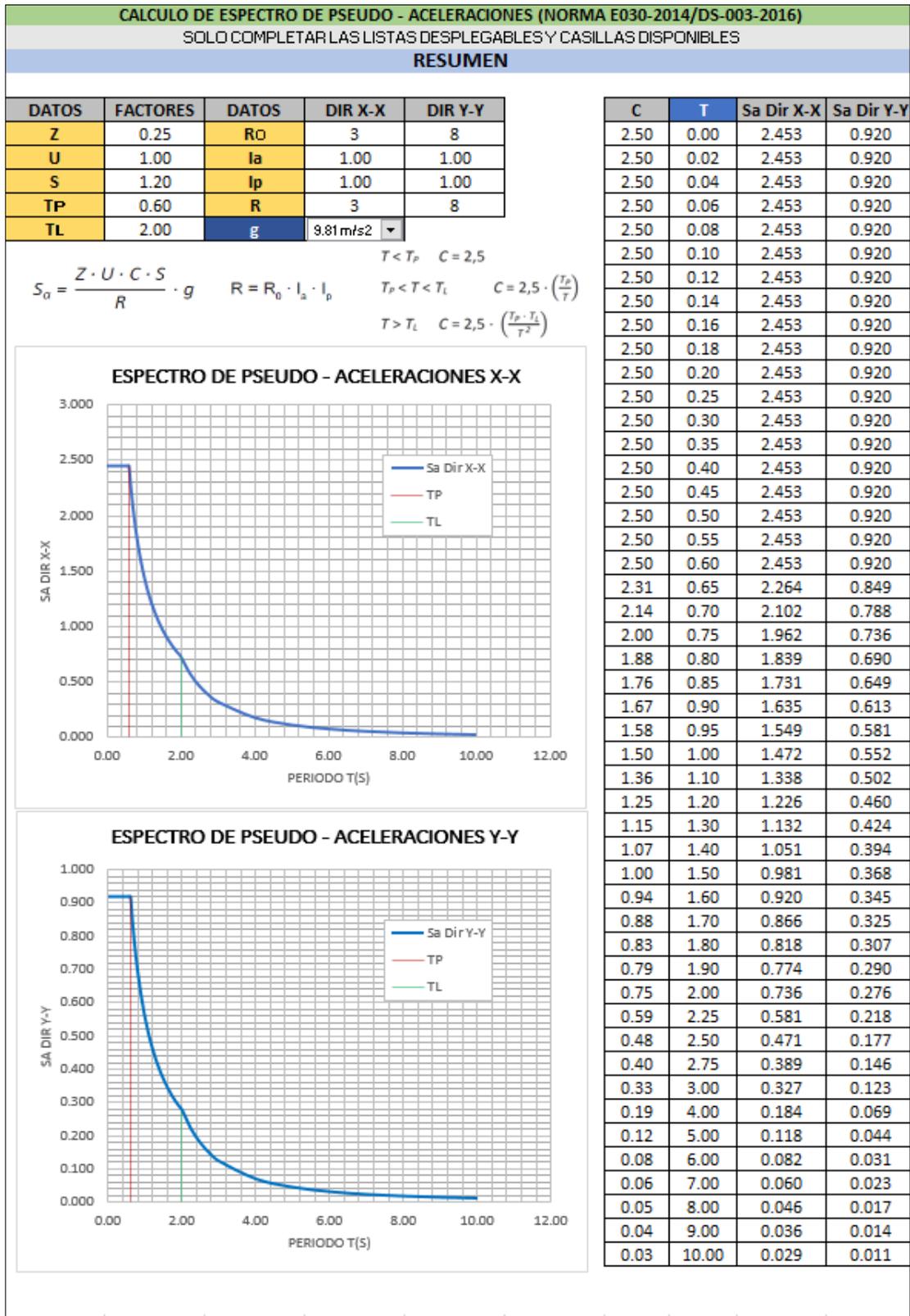


Gráfico N° 7: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgmk\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgmk_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0fmy4lavrtz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0fmy4lavrtz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

**Departamento** : Ucayali

**Provincia** : Coronel Portillo

**Distrito** : Campo Verde

**Proyecto** : “MEJORAMIENTO DEL MERCADO MUNICIPAL Y DISTRITAL DE CAMPO VERDE”

**Consultor** : ...

**AÑO** : ...

#### GENERALIDADES:

La zona de estudio del proyecto “MEJORAMIENTO DEL MERCADO MUNICIPAL Y DISTRITAL DE CAMPO VERDE”, se encuentra ubicada en el distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento y región de Ucayali. Al lugar se accede desde la ciudad de Lima por vía aérea o terrestre y desde la ciudad de Pucallpa a través de la Carretera Federico Basadre. El edificio consta de 2 niveles.

#### ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA:

Las estructuras de concreto y acero serán diseñadas por el método de Diseño por Resistencia última y por Esfuerzos permisibles, respectivamente. Alternativamente las estructuras metálicas podrán diseñarse por el método de Estados Límites- LRFD.

Las vigas en las dos direcciones ortogonales, columnas, sobrecimientos y la fundación correspondiente, todos de concreto armado, así también los muros de albañilería, tanto portantes como tabiquería, etc.

Los siguientes valores del peso unitario son usados para:

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE  
CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

- Concreto armado 2400 Kg/m<sup>3</sup>
- Concreto simple 2300 Kg/m<sup>3</sup>
- Acero 7850 Kg/m<sup>3</sup>
- Albañilería de ladrillo de arcilla cocida solida 1800 Kg/m<sup>3</sup>
- Carga viva en Centros de Comerciales S/C = 500 Kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva en escaleras y SS.HH S/C = 500 Kg/m<sup>2</sup>

# INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

## CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACCELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

Ing. Aldo Greco Nuñonca Herrera  
FIC - UNSAAC

<b>FACTOR DE ZONA "Z"</b>	<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
	ZONA 2	0.25

Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

<b>FACTOR DE SUELO "S"</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>S</b>	<b>Tp</b>	<b>Tl</b>
	S2	Suelos Intermedios	1.20	0.60	2.00

Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

<b>FACTOR DE USO "U"</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>U</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	"B" Edificaciones Importantes	1.30	Revisar tabla N°6 E030-2014

Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

<b>FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"</b>	<b>DIRECCION</b>	<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>Ro</b>
	DIR X-X	Pórticos de Concreto Armado	8
	DIR Y-Y	Pórticos de Concreto Armado	8

Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA		Ia Dir X-X	Ia Dir Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	<b>Se toma el valor mas critico</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	<b>Se toma el valor mas critico</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

**Ia:** Factor de irregularidad en altura.

**Ip:** Factor de irregularidad en planta.

**Ro:** Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

**g:** Aceleración de la gravedad.

**T:** Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

**Tp:** Período que define la plataforma del factor C.

**Tl:** Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

**C:** Factor de amplificación sísmica.

### Gráfico N° 8: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgwK\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgwK_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavytz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavytz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACCELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)**  
 SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES  
**RESUMEN**

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.25	R <sub>0</sub>	8	8
U	1.30	I <sub>a</sub>	1.00	1.00
S	1.20	I <sub>p</sub>	1.00	1.00
T <sub>p</sub>	0.60	R	8	8
TL	2.00	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$T < T_p \quad C = 2,5$   
 $T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$   
 $T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.196	1.196
2.50	0.02	1.196	1.196
2.50	0.04	1.196	1.196
2.50	0.06	1.196	1.196
2.50	0.08	1.196	1.196
2.50	0.10	1.196	1.196
2.50	0.12	1.196	1.196
2.50	0.14	1.196	1.196
2.50	0.16	1.196	1.196
2.50	0.18	1.196	1.196
2.50	0.20	1.196	1.196
2.50	0.25	1.196	1.196
2.50	0.30	1.196	1.196
2.50	0.35	1.196	1.196
2.50	0.40	1.196	1.196
2.50	0.45	1.196	1.196
2.50	0.50	1.196	1.196
2.50	0.55	1.196	1.196
2.50	0.60	1.196	1.196
2.31	0.65	1.104	1.104
2.14	0.70	1.025	1.025
2.00	0.75	0.956	0.956
1.88	0.80	0.897	0.897
1.76	0.85	0.844	0.844
1.67	0.90	0.797	0.797
1.58	0.95	0.755	0.755
1.50	1.00	0.717	0.717
1.36	1.10	0.652	0.652
1.25	1.20	0.598	0.598
1.15	1.30	0.552	0.552
1.07	1.40	0.512	0.512
1.00	1.50	0.478	0.478
0.94	1.60	0.448	0.448
0.88	1.70	0.422	0.422
0.83	1.80	0.399	0.399
0.79	1.90	0.378	0.378
0.75	2.00	0.359	0.359
0.59	2.25	0.283	0.283
0.48	2.50	0.230	0.230
0.40	2.75	0.190	0.190
0.33	3.00	0.159	0.159
0.19	4.00	0.090	0.090
0.12	5.00	0.057	0.057
0.08	6.00	0.040	0.040
0.06	7.00	0.029	0.029
0.05	8.00	0.022	0.022
0.04	9.00	0.018	0.018
0.03	10.00	0.014	0.014

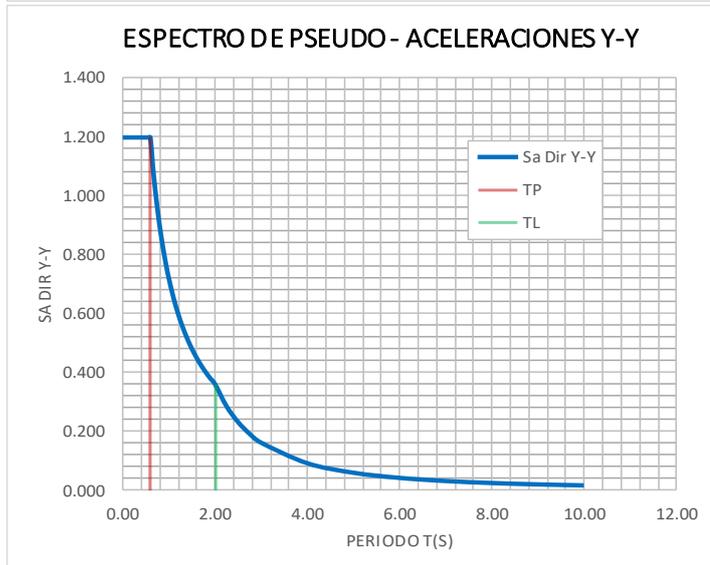
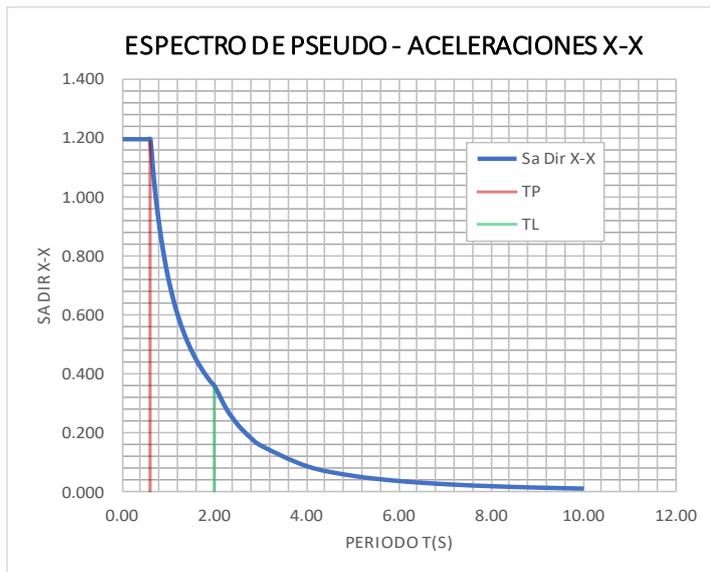


Gráfico N° 9: Cálculo de espectro de pseudo- aceleraciones (Norma E.0.30-2014/DS-003-2016)

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgvk\\_bU](https://www.youtube.com/watch?v=C8-KKgvk_bU),

[https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavtztz/ESPECTRO%20E030.2014\\_DS-003-2016.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4qm0ftny4lavtztz/ESPECTRO%20E030.2014_DS-003-2016.rar?dl=0)

### 3.3. Módulos de Elasticidad

En esta etapa del proyecto se busca obtener las diferencias en los resultados si usamos el módulo de elasticidad de la Norma Peruana vigente E.060  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio calculado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural(C.8.5.1 y CR8.5.1 respectivamente) : Para concreto de densidad normal  $E_c = 14946\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) entre el valor medio para toda la información experimental nacional sin distinguir el tipo de agregado  $E_c = 12402\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) dando como resultado un módulo equivalente a:  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

### 3.4. Análisis de las Estructuras

El análisis a llevar a cabo en la presente tesis será un análisis estructural tridimensional, considerando modelos matemáticos tridimensionales de tres grados de libertad, dos grados de libertad asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. El análisis sísmico de las estructuras se ha desarrollado utilizando el método de análisis modal espectral, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica vigente E.030 “Diseño Sismo resistente”. Para resolver el modelo matemático, se ha utilizado el programa ETABS 2016.

Se han respetado las siguientes consideraciones de los materiales:

$f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, para elementos de concreto

$f_y = 4,200$  Kg/cm<sup>2</sup>, para las varillas de acero corrugado

$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), módulo de elasticidad de la Norma Peruana vigente E.060. Del Concreto Armado.

$E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), módulo de elasticidad promedio calculado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural.

Para el análisis, las estructuras fueron modeladas con elementos finitos tipo Shell y elementos de barras tipo frame, la cual representa tanto las losas y muros, así como los elementos de barras tipo vigas y columnas. La malla posee tanto las propiedades del material empleado como los espesores de los muros y losas.

Se ha considerado los siguientes estados de carga:

**CM** (Carga Muerta)

**CV** (Carga Viva)

**SPX** (Carga sísmica espectral en la dirección X, **para análisis de la deriva**)

**SPY** (Carga sísmica espectral en la dirección Y, **para análisis de la deriva**)

Se han considerado las siguientes combinaciones de carga:

Para estructuras de concreto armado:

Combinaciones de cargas amplificadas:

**SERVICIO:** CM+CV

**ÚLTIMA :** 1.4 CM + 1.7 CV

**UX1 :** 1.25 CM + 1.25 CV  $\pm$  CSX

**UY1 :** 1.25 CM + 1.25 CV  $\pm$  CSY

**UX2 :** 0.90 CM +CSX

**UY2 :** 0.90 CM + CSY

**ENVOLVENTE X:** ÚLTIMA +UX1 + UX2 (**Para diseño del Concreto Armado**)

**ENVOLVENTE Y:** ÚLTIMA +UY1 + UY2 (**Para del Concreto Armado**)

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE  
CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

Dónde:

**CM:** Carga Muerta

**CV:** Carga Viva

**CS:** Carga de Sismo

**Propiedad del material**

Insertando el módulo de elasticidad de la Norma Técnica vigente E.060 Del Concreto Armado:

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}.$$

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: FC210

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

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

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

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 217370.65 kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000055 1/F

Shear Modulus, G: 90571.1 kgf/cm<sup>2</sup>

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

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

Time Dependent Properties...

OK      Cancel

Figura N° 2. Propiedades de los materiales ( $E_c$  de la NTP E.0.60)

Insertando el módulo de elasticidad promedio calculado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	FC210	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	Yellow	
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
	Weight per Unit Volume	0.0024	kgf/cm³
	Mass per Unit Volume	0.000002	kgf-s²/cm⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	198155.09	kgf/cm²
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000055	1/F
	Shear Modulus, G	82564.62	kgf/cm²
Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...		
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		
OK			
Cancel			

Figura N° 3. Propiedades de los materiales (Ec de la NRC, anexo C)

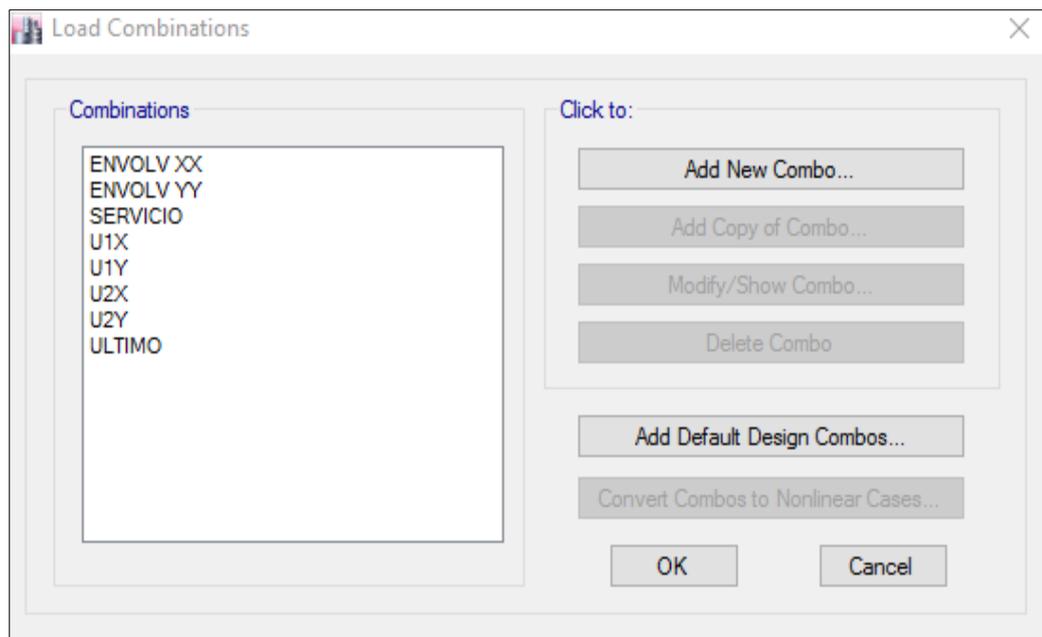


Figura N° 4. Combinación de Cargas

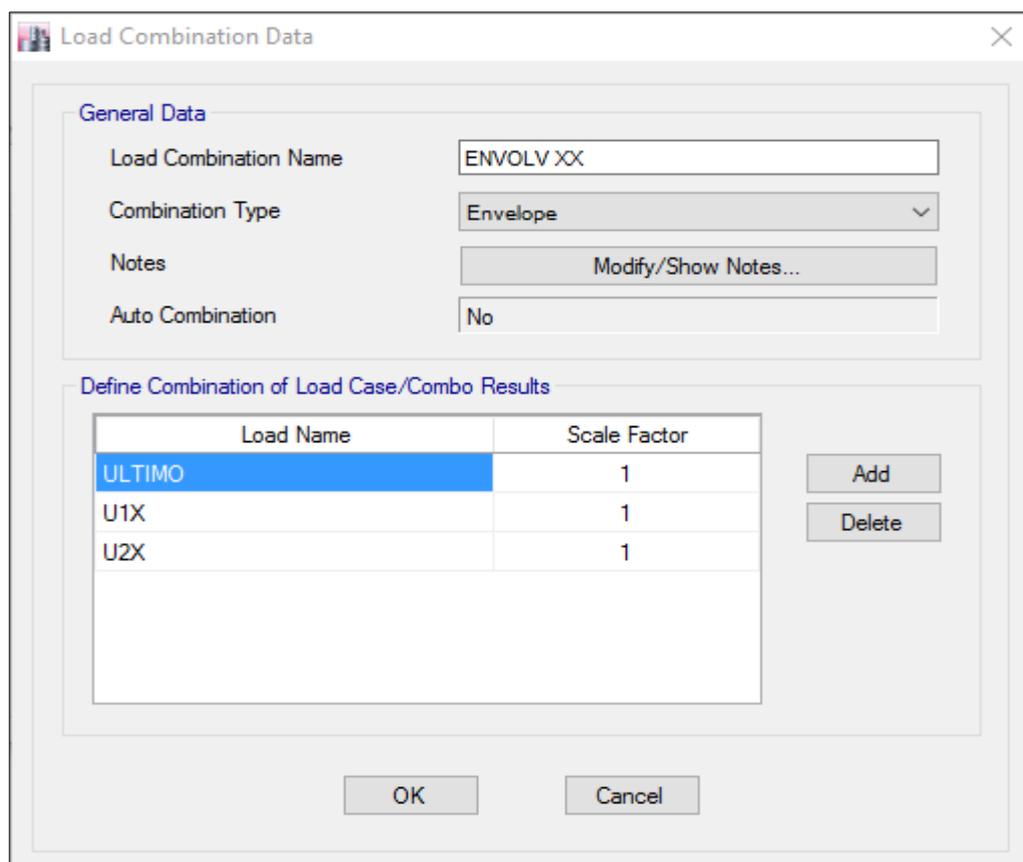


Figura N° 5. Combinación de Cargas (Envolvente X)

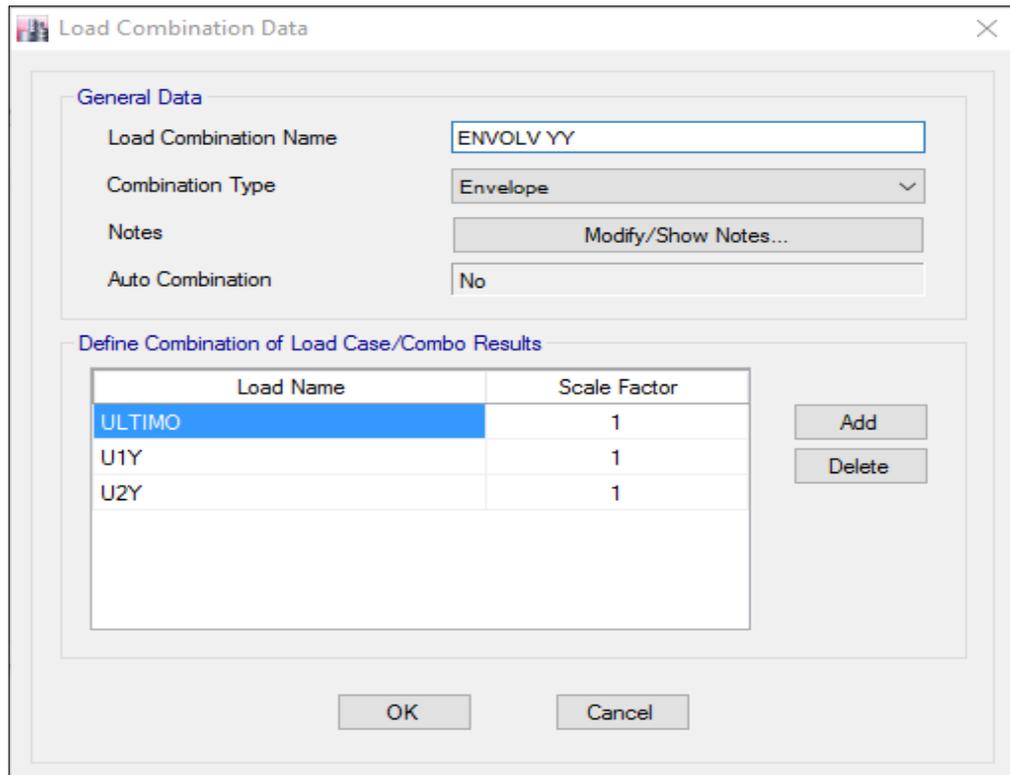


Figura N° 6. Combinación de cargas (Envolvente Y)

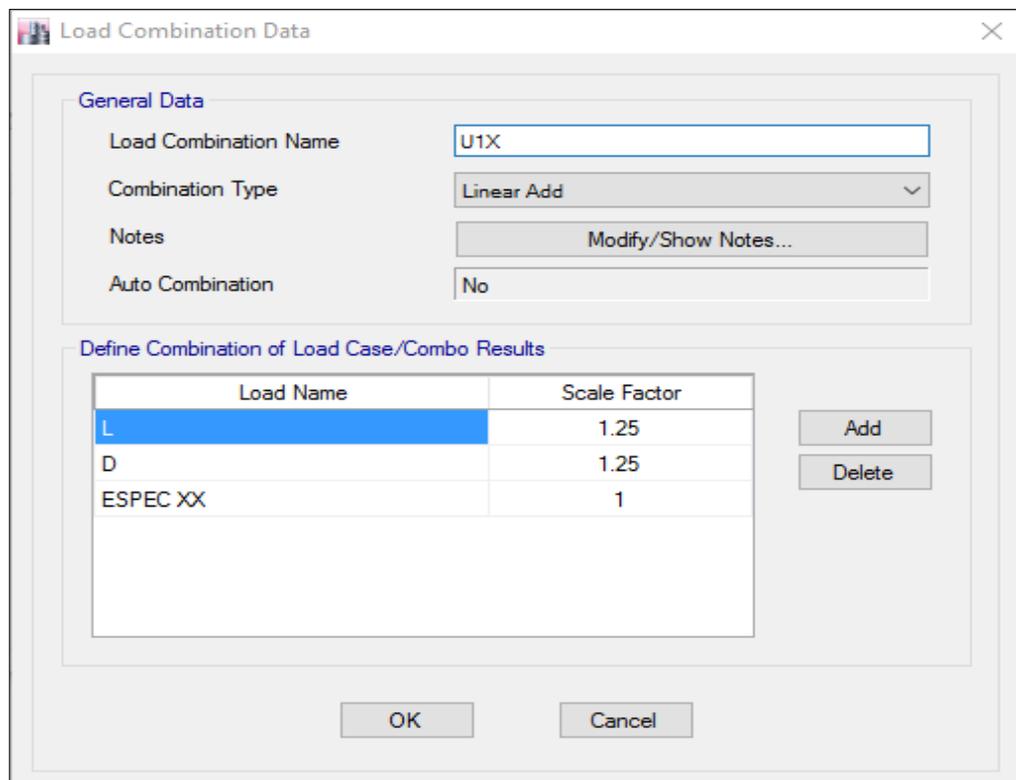


Figura N° 7. Combinación de cargas (U1X)

Load Combination Data

**General Data**

Load Combination Name: U1Y

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

Load Name	Scale Factor
L	1.25
D	1.25
ESPEC YY	1

Add

Delete

OK Cancel

Figura N° 8. Combinación de cargas (U1Y)

Load Combination Data

**General Data**

Load Combination Name: U2X

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

Load Name	Scale Factor
D	0.9
ESPEC XX	1

Add

Delete

OK Cancel

Figura N° 9. Combinación de cargas (U2X)

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'General Data' section includes:

- Load Combination Name: U2Y
- Combination Type: Linear Add
- Notes: Modify/Show Notes...
- Auto Combination: No

The 'Define Combination of Load Case/Combo Results' section contains a table with two rows:

Load Name	Scale Factor
D	0.9
ESPEC YY	1

Buttons for 'Add' and 'Delete' are located to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura N° 10. Combinación de cargas (U2Y)

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'General Data' section includes:

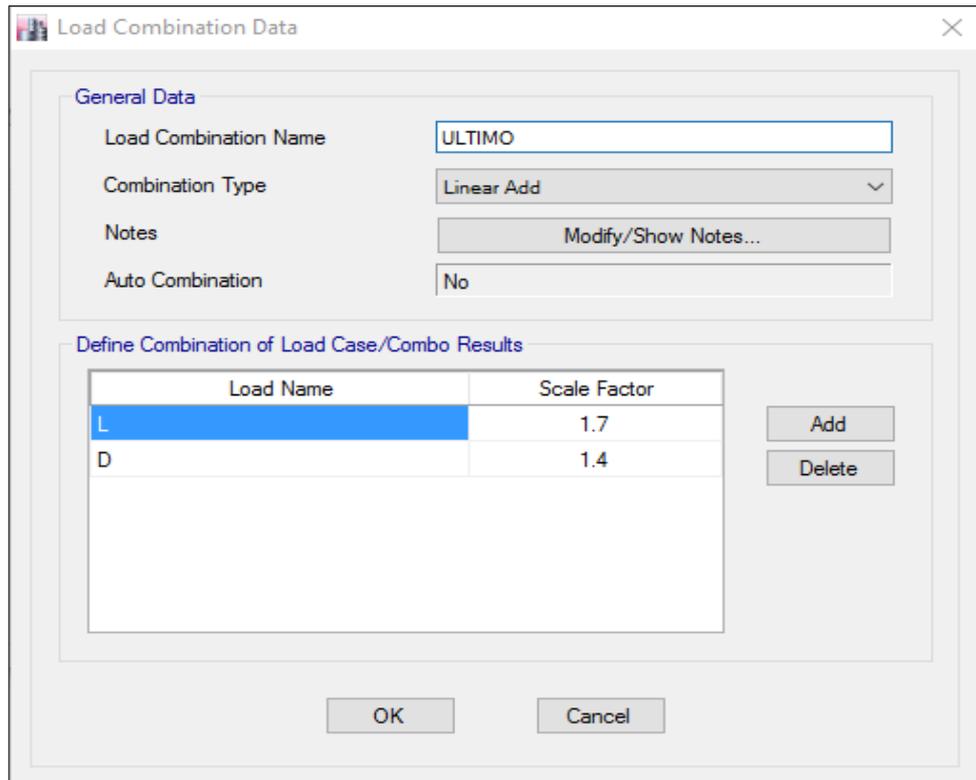
- Load Combination Name: SERVICIO
- Combination Type: Linear Add
- Notes: Modify/Show Notes...
- Auto Combination: No

The 'Define Combination of Load Case/Combo Results' section contains a table with two rows:

Load Name	Scale Factor
L	1
D	1

Buttons for 'Add' and 'Delete' are located to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura N° 11. Combinación de cargas de servicio



*Figura N° 12. Combinación de carga última*

- Cálculo del peso sísmico efectivo según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente:

Se procederá a indicar a partir de qué cargas se calculará la masa para los procedimientos de análisis de cargas sísmicas.

El Peso Sísmico Efectivo del edificio se determina de acuerdo con lo indicado en el Artículo 4.3 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente que se muestra a continuación:

“El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.

- e. En estructuras de tanque, silos y estructuras similares se considerará el 100% de la carga que puede contener.”

Los edificios de Lima, Junín son multifamiliar y cuzco es oficinas, los edificios tendrán uso de viviendas y oficinas, entonces, de acuerdo con la Tabla N°5 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, la categoría de edificación que le corresponde es del Tipo C.

Por otro lado el edificios de Pucallpa tiene uso de mercado, entonces de acuerdo con la Tabla N°5 de la Norma Técnica E. 030 Diseño Sismorresistente, la categoría de edificación que le corresponde es del Tipo B.

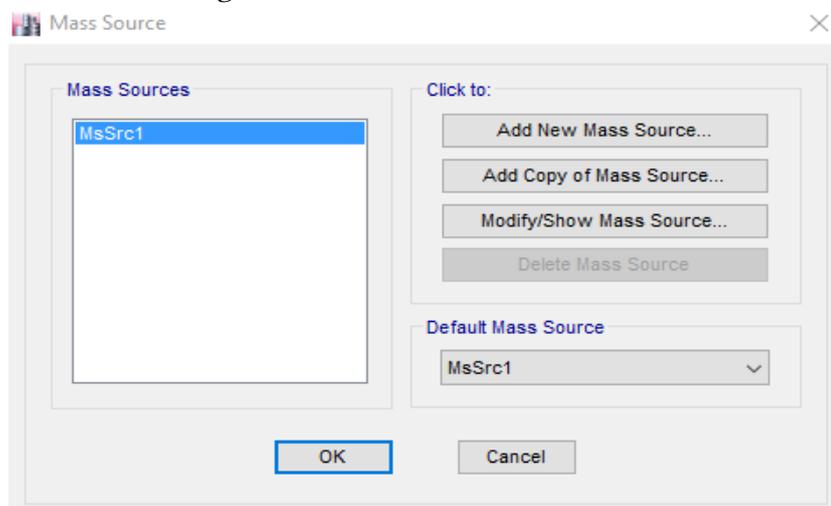
Luego, de acuerdo con lo anterior, debemos usar el ítem a. del Artículo 4.3 para calcular el peso sísmico efectivo.

- $P=(\text{Peso propio} + \text{CM})+0.25\text{CV}$ , para la categoría C
- $P=(\text{Peso propio} + \text{CM})+0.50\text{CV}$ , para la categoría B

En ETABS, esta expresión se ingresa mediante la definición de la masa, “Mass Source”, así como se indica en la Figura 13.

Luego en la ventana de Definición de la Fuente de Masa ingresamos los datos calculados recientemente, así como se detalla en la Figura 14 y Figura 15 respectivamente.

*Figura N° 13. Fuente de Masa*



*Figura N° 14. Definición de la Fuente de Masa*

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following configuration:

- Mass Source Name:** CATEGORIA C
- Mass Source:**
  - Element Self Mass
  - Additional Mass
  - Specified Load Patterns
  - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
    - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: [ ]
    - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: [ ]
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

Load Pattern	Multiplier
D	1
D	1
L	0.25
- Mass Options:**
  - Include Lateral Mass
  - Include Vertical Mass
  - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

### 3.5. Modelos Estructurales

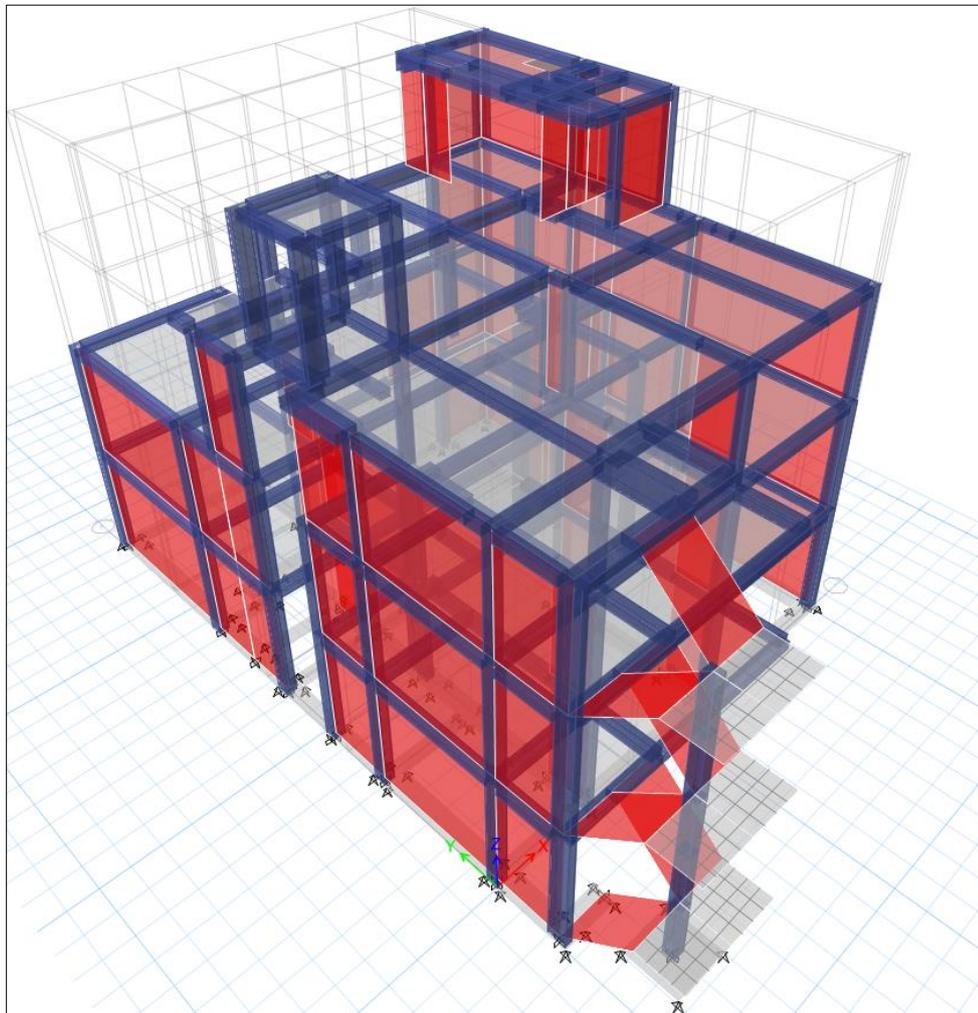
A continuación, se muestran los modelos matemáticos realizados:

**Departamento** : Lima

**Provincia** : Lima

**Distrito** : San Miguel

**Proyecto** : “REMODELACION DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”



*Figura N°15. Modelo Estructural de Vivienda Multifamiliar*

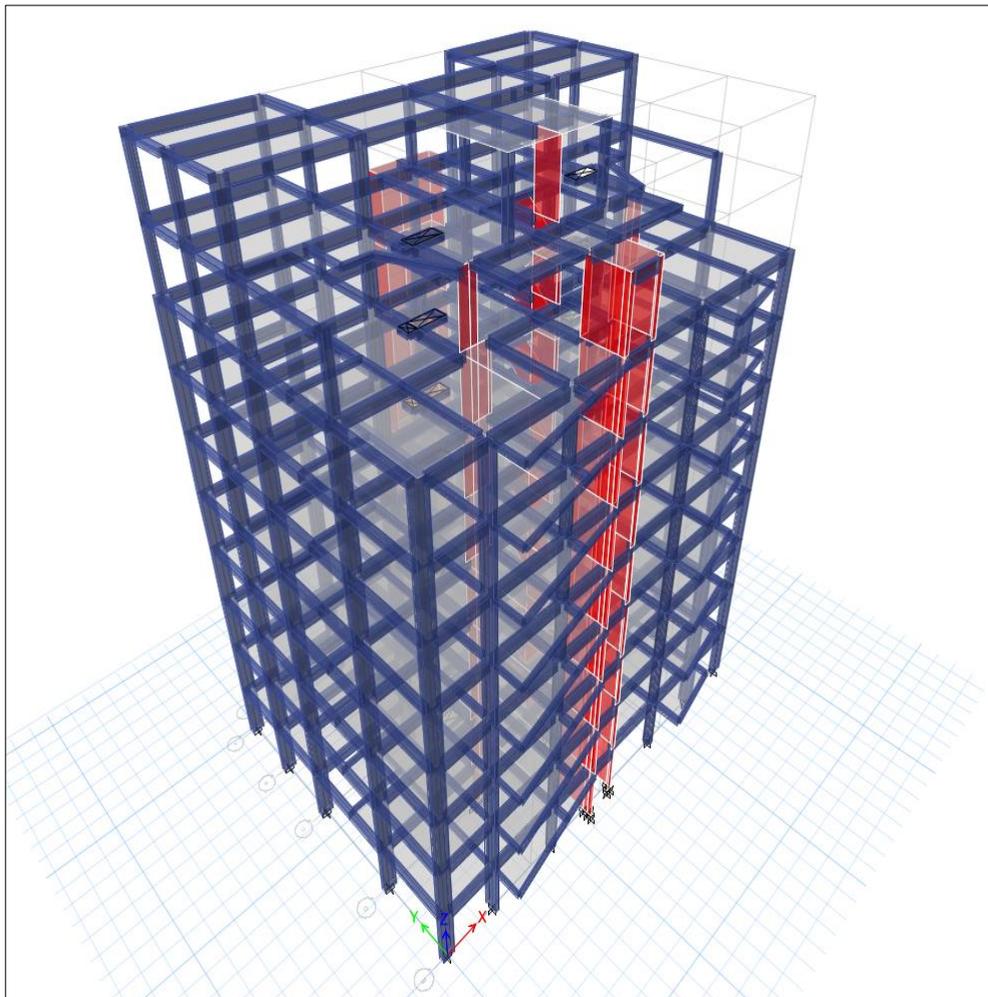
INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**Departamento** : Junín

**Provincia** : Huancayo

**Distrito** : El Tambo

**Proyecto** : “EDIFICIO MULTIFAMILIAR”



*Figura N°16. Modelo Estructural de Edificio Multifamiliar*

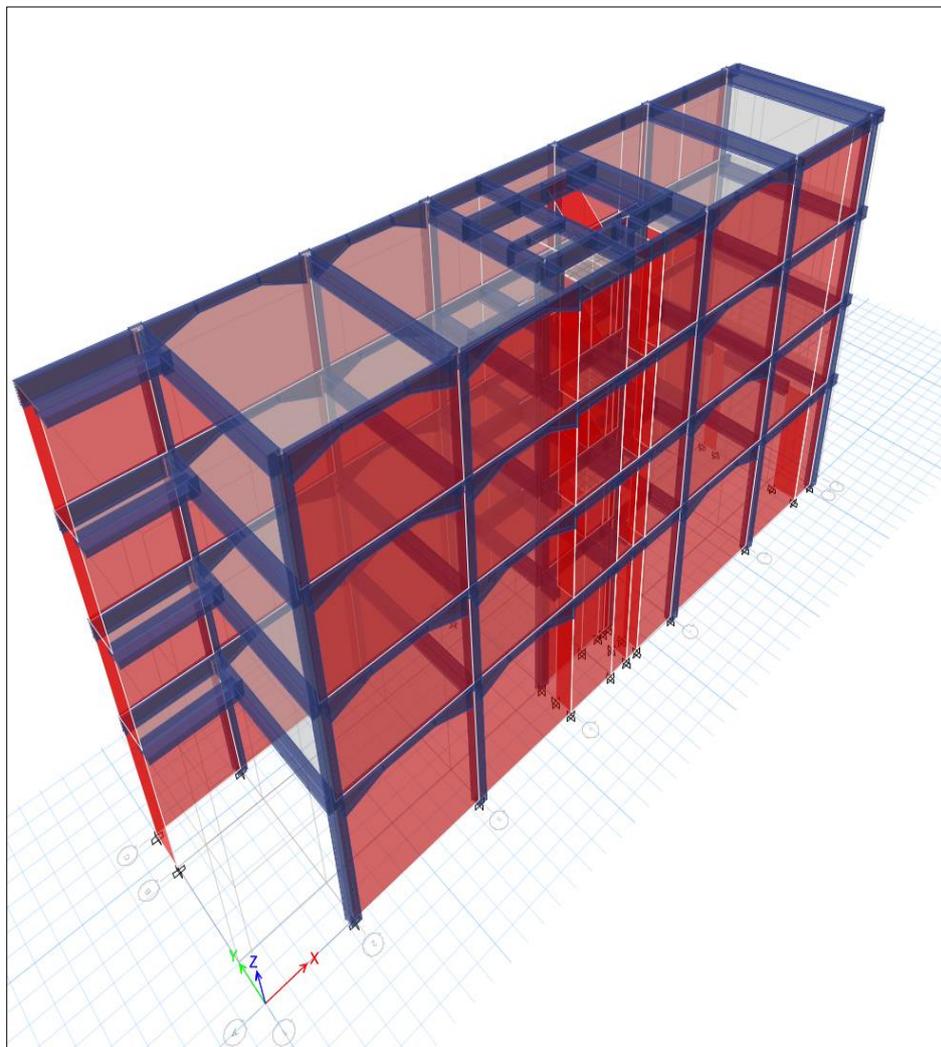
INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**Departamento** : Cusco

**Provincia** : Cusco

**Distrito** : Cusco

**Proyecto** : “OFICINAS”



*Figura N°17. Modelo Estructural de Oficinas*

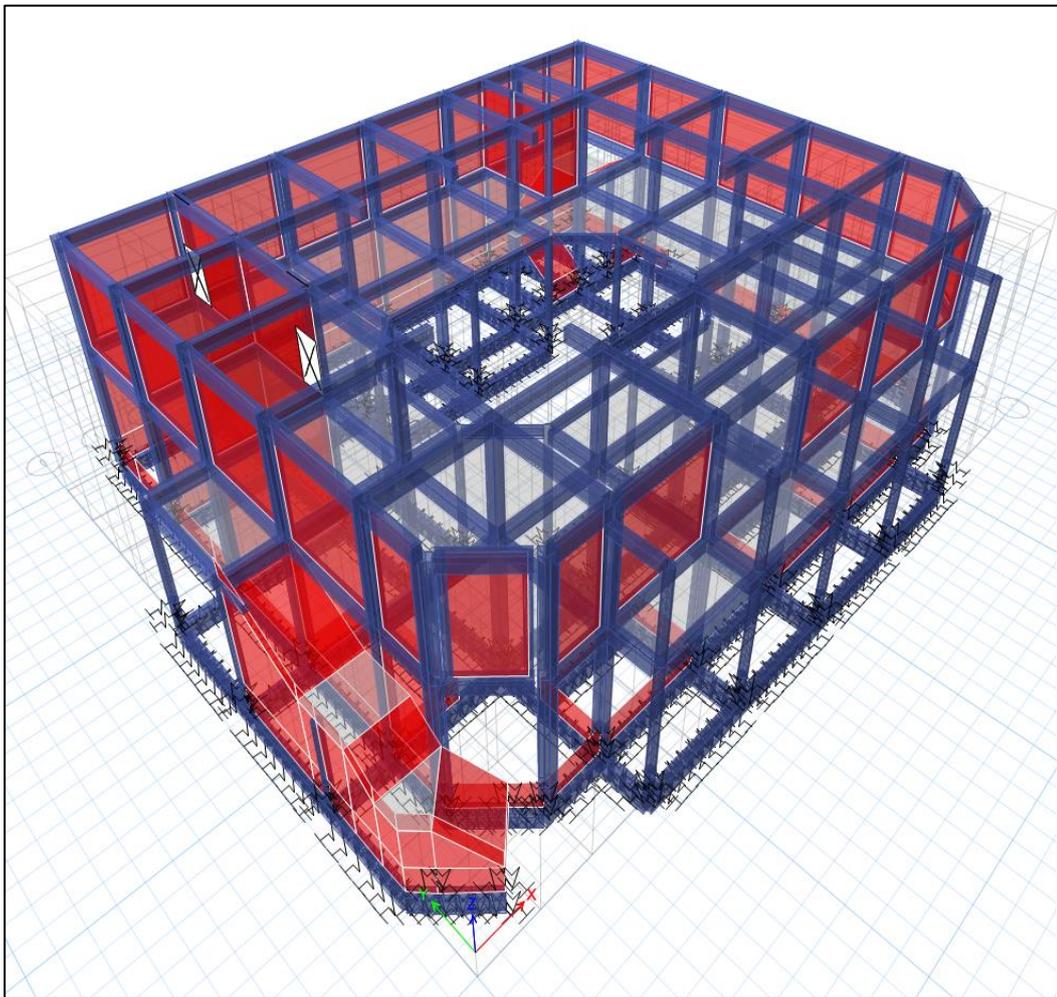
INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

**Departamento** : Ucayali

**Provincia** : Coronel Portillo

**Distrito** : Campo Verde

**Proyecto** : “MEJORAMIENTO DEL MERCADO MUNICIPAL Y DISTRITAL DE CAMPO VERDE”



*Figura N°18. Modelo Estructural de Mercado Municipal*

### 3.6. Método de la Investigación

#### 3.6.1. Tipo de Investigación

No experimental

#### 3.6.2. Diseño de Investigación

En la presente investigación se empleó el diseño transeccional descriptivo comparativo:

$M_1 O_1$

$M_2 O_2$

$O_1 \neq O_2 \neq O_3 \neq O_4$

$M_3 O_3$

$M_4 O_4$

Dónde:

$M_1 M_2 M_3 M_4$  : Cada una de las muestras

$O_1 O_2 O_3 O_4$  : observación de cada una de las muestras

$O_1 O_2 O_3 O_4$  : comparación entre cada una de las muestras, las observaciones son diferentes ( $\neq$ )

#### 3.6.3. Población y Muestra

##### 3.6.3.1. Población

Está representado por el Diseño Sismorresistente de los edificios de concreto en las diferentes ciudades del Perú, utilizando el módulo elástico de la Norma Técnica Peruana vigente E.030 equivalente a  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano

de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural, equivalente a  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

### 3.6.3.2. Muestra

La muestra está conformada por el Diseño Sismorresistente de “Vivienda Multifamiliar” (Lima); “Edificio Multifamiliar” ( Huancayo); “Oficinas” (Cusco); “Mejoramiento del Mercado Municipal y Distrital de Campo Verde” (Ucayali).

### 3.6.4. Hipótesis

La *deriva* de edificios estudiados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica Peruana E.030 vigente, difieren significativamente si en su estimación se usan el módulo de elasticidad según la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado, equivalente a  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

### 3.6.5. Variables y Operacionalización

#### 3.6.5.1. Identificación de las Variables

Variable independiente  $X_1$ : Módulo de Elasticidad.

Variable dependiente  $Y_1$ : Deriva

#### 3.6.5.2. Definición de las Variables

El módulo de elasticidad del concreto o módulo de Young es un parámetro muy importante en el análisis de las estructuras de concreto ya que se emplea en el cálculo de la rigidez de los elementos estructurales.

El Módulo de Elasticidad se calcula a 0.45 de la  $f_c$  como la pendiente secante del diagrama esfuerzo y deformación unitaria, y en el caso del concreto el valor aumenta con el tiempo dependiendo de la resistencia, por lo que es dependiente del concreto en particular. En general a mayor resistencia del concreto y mayor densidad se tiende a obtener mayor módulo de elasticidad, sin embargo, dependiendo de los componentes y dosificación del concreto o mortero los valores pueden diferir de manera apreciable. (Ing. Rodrigo Quimbay Herrera, MSc “Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM”)

### 3.6.5.3. Operacionalización de las Variables

*Tabla N°9 . Operacionalización de Variables*

VARIABLE	INDICADORES	INDICES
X <sub>1</sub> : Módulo de Elasticidad:  - NTP: 217,370.65 Kg/cm <sup>2</sup>  -NTC: 198,155.09 Kg/cm <sup>2</sup>	- Origen y Tipo de agregado	Ígneo, Metamórfico y Sedimentario
	- Peso Volumétrico del Concreto	2300 Ton/m <sup>3</sup>
	-Resistencia del Concreto.	210 Kg/cm <sup>2</sup>
	-Coeficiente de Poisson	0.20
Y <sub>1</sub> : Deriva.	-Período de vibración	0.358 seg <P<0.895 seg

- Módulo de corte	-Perú: 90571.1 Kg/cm <sup>2</sup>  -Colombia: 82,564.62 Kg/cm <sup>2</sup>
-Valor de Deriva	-Mínimo: 0.000297 - Máximo: 0.00734475

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.7. Métodos, Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

#### 3.7.1. Métodos y Técnicas

La información para detallar los resultados de esta investigación, se realizó mediante el análisis dinámico de las estructuras de concreto en el Perú, utilizando el software de cálculo ETABS 2016 y el valor de los diferentes módulos elásticos y el normado  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

Para la redacción del marco teórico referencial se recurrió al análisis documental y al uso de internet con el propósito de constatar y complementar los datos.

Los métodos utilizados en esta investigación fueron:

Método Inductivo, Método Deductivo y Método Analítico.

### **3.7.2. Instrumentos**

1. Para investigar la influencia del módulo de elasticidad en los resultados del análisis sísmico dinámico obtenido en ETABS 2016 de edificios ubicados en las diferentes zonas del Perú.
2. Los modelos matemáticos de los edificios fueron actualizados cumpliendo las indicaciones de la Normas Técnica vigentes E.030 de diseño sismorresistente E.060 del Concreto Armado.
3. Para la obtención de los resultados en ETABS 2016 se necesitó introducir el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado y El módulo promedio calculado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural.
4. Para las consultas bibliográficas y búsqueda electrónica de datos, requirió de una computadora.

### **3.7.3. Procedimientos de Recolección de Datos**

Para el presente proyecto de investigación se realizaron los siguientes procedimientos de recolección de datos:

- **ANÁLISIS DOCUMENTAL** Se ha utilizado Tesis similares como antecedentes y el manual de ETABS como herramienta principal para la obtención de los resultados.

### **3.7.4. Procesamiento y análisis de la información**

Los datos que se recolectarán mediante las técnicas precisadas con sus respectivos instrumentos, serán tratados utilizando herramientas como: Microsoft Word 2016; hojas de cálculo de Microsoft Excel. Y el programa de cálculo estructural ETABS 2016.

#### IV. Resultados

##### 4.1. Resultados de la Investigación

Para insertar el valor del módulo de elasticidad se propuso el de la Norma Técnica Peruana Vigente E.060 del Concreto Armado  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>).

De acuerdo a la Norma Técnica de diseño sismo resistente (NTE E.030), los desplazamientos laterales permisibles (Ver Tabla N° 07)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los edificios en estudio:

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2017

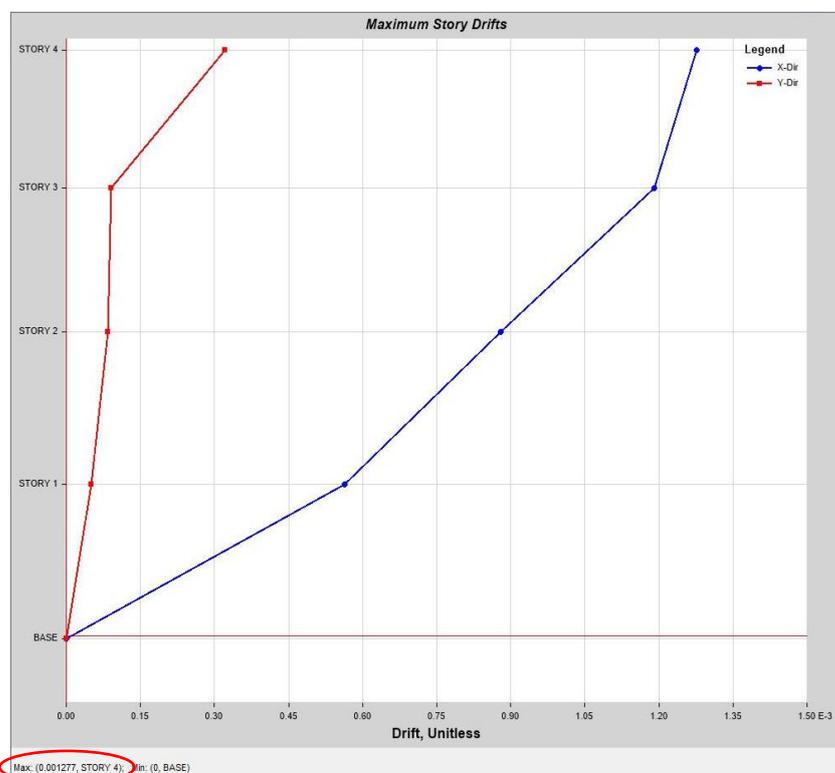
Proyecto: “REMODELACION DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : San Miguel

SP X



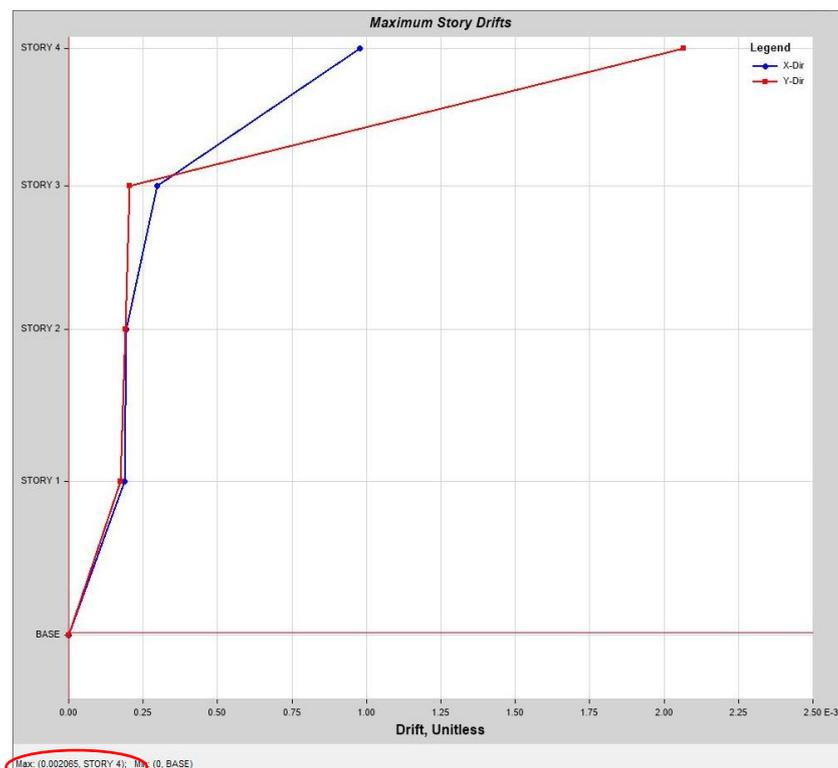
Max: (0.001277, STORY 4); Min: (0, BASE)

Deriva Máxima en X: 0.001277

Número de Piso: 4

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.002065  
Número de Piso: 4

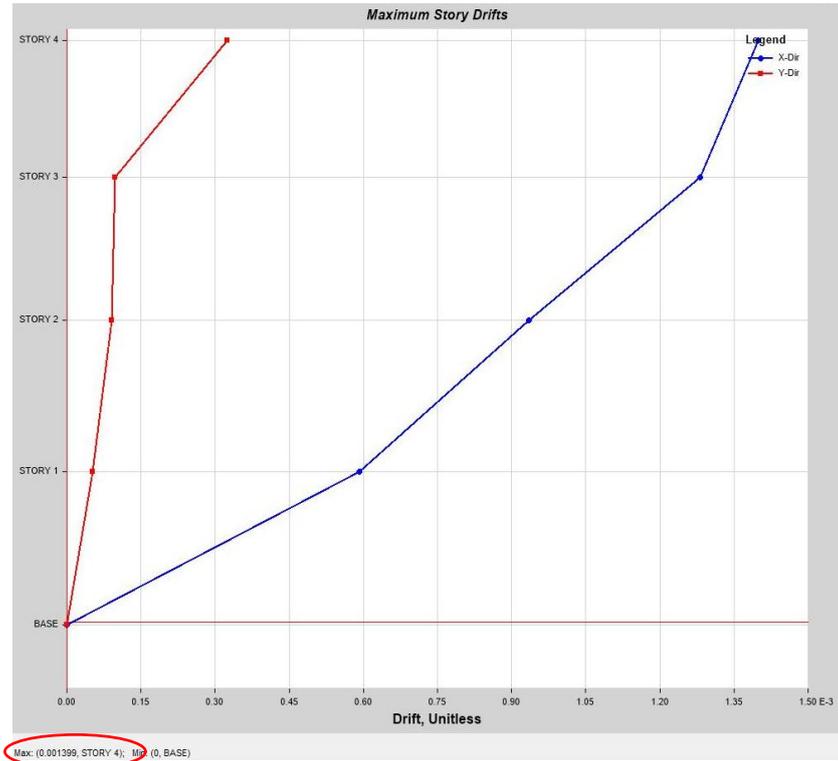
Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana Vigente E.060 del Concreto Armado:

Tabla N°10. Resultado de la deriva – Edificio Lima, con el  $E_c$  de la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente.

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - LIMA (Módulo de Elasticidad según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado) $E_c=15000V_f^c$ kg/cm <sup>2</sup>								
SP X	Deriva X:	Máx =	0.001277	(Piso 4)	Control de deriva			
Sistema Dual	R =	7	$\phi =$	0.75	0.00670425	<	0.007	Cumple
SP Y	Deriva Y:	Máx =	0.002065	(Piso 4)				
Albañilería confinada	R =	3	$\phi =$	0.75	0.00464625	<	0.005	Cumple

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP X

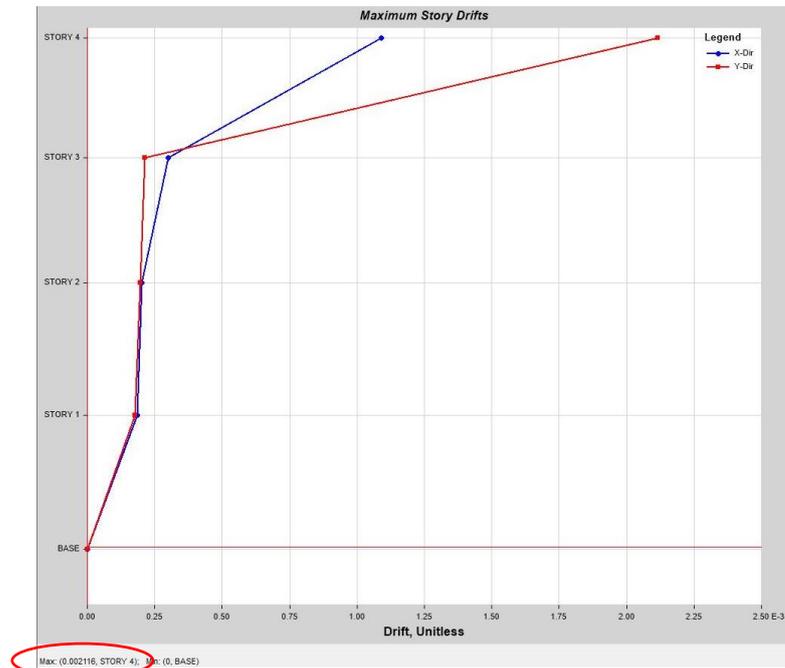


Deriva Máxima en X: 0.001399

Número de Piso: 4

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.002116  
Número de Piso: 4

Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural en el Proyecto:

Tabla N°11 . Resultado de la deriva – Edificio Lima, con el  $E_c$  del NRC, anexo C

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - LIMA (Módulo de Elasticidad obtenido del promedio de los módulos de elasticidad del NSRC , anexo C) $E_c=13,674\sqrt{f'c}$ kg/cm <sup>2</sup>									
SP X		Deriva X:	Máx =	0.001399	(Piso 4)	Control de deriva			
Sistema Dual		R =	7	$\phi =$	0.75	0.00734475	>	0.007	No Cumple
SP Y		Deriva Y:	Máx =	0.002116	(Piso 4)				
Albañilería confinada		R =	3	$\phi =$	0.75	0.004761	<	0.005	Cumple

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA  
DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

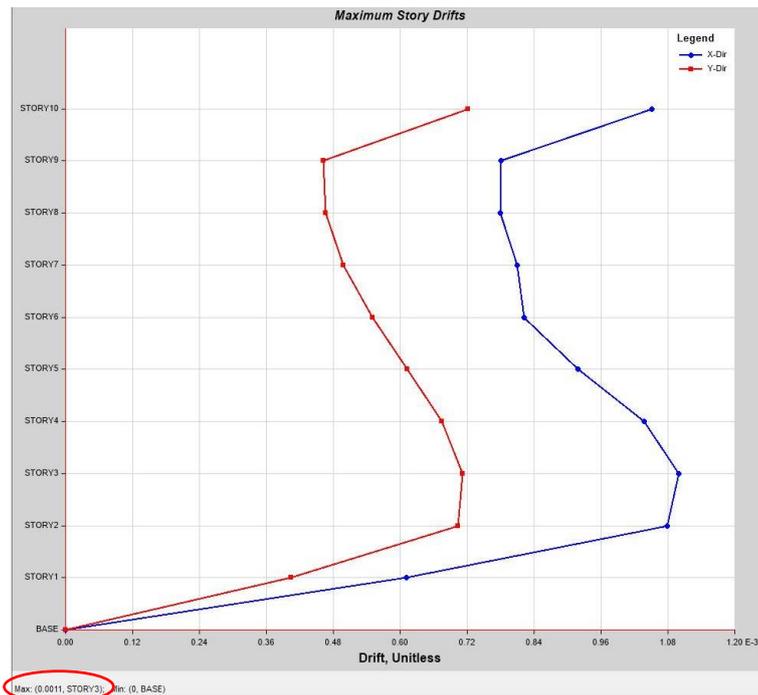
Proyecto: “REMODELACION DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Distrito : El Tambo

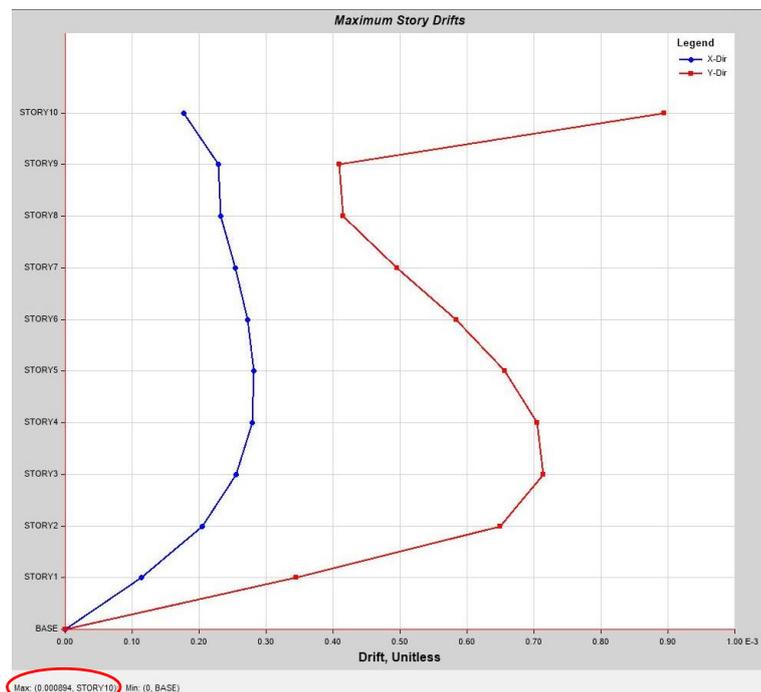
SP X



Deriva Máxima en X: 0.001115

Número de Piso: 3

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.000894

Número de Piso: 10

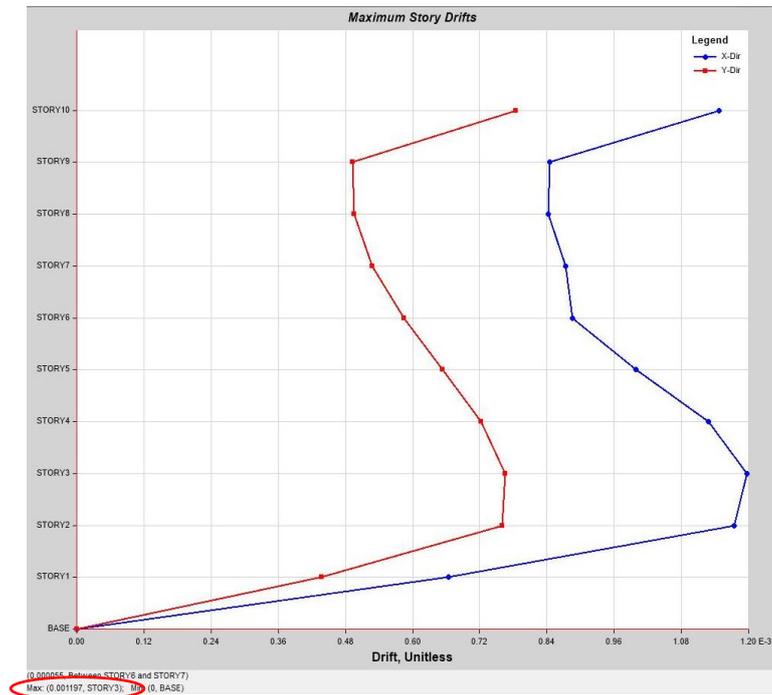
Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana Vigente E.060 del Concreto Armado:

Tabla N°12. Resultado de la deriva – Edificio Huancayo, con el  $E_c$  la N.T.P. E.060 Concreto Armado.

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - HUANCAYO (Módulo de Elasticidad según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado) $E_c=15000\sqrt{f_c}$ kg/cm <sup>2</sup>								
SPX	Deriva X :	Máx =	0.0011	(Piso 3)	Control de deriva			
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.0066	<	0.007	Cumple
SPY	Deriva Y :	Máx =	0.000894	(Piso 10)				
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.005364	<	0.007	Cumple

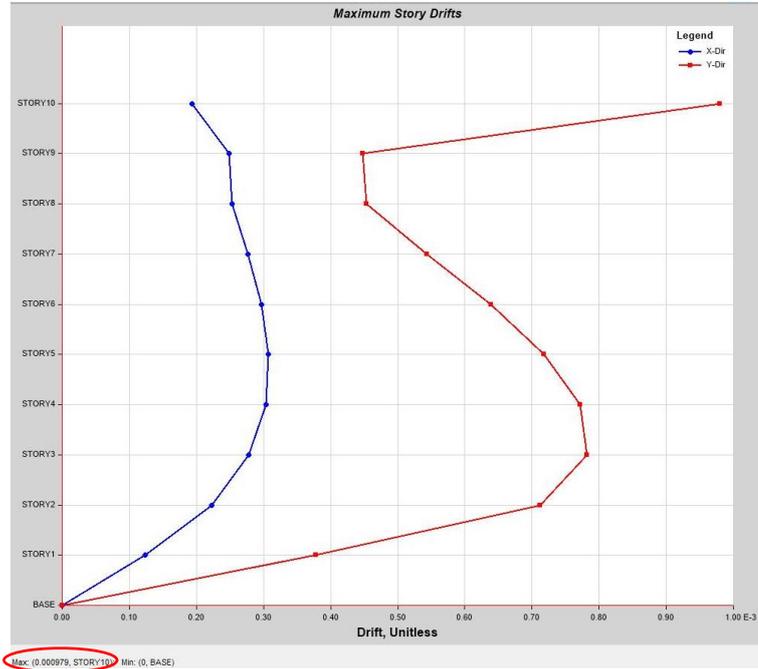
INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP X



Deriva Máxima en X: 0.001197  
Número de Piso: 3

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.000979

Número de Piso: 10

Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural en el Proyecto::

Tabla N°13 . Resultado de la deriva – Edificio Huancayo, con el  $E_c$  del NRC, anexo C

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - HUANCAYO (Módulo de Elasticidad obtenido del promedio de los módulos de elasticidad del NSRC , anexo C) $E_c=13,674\sqrt{f'c}$ kg/cm <sup>2</sup>								
SP X	Deriva X :	Máx =	0.001197	(Piso 3)	<b>Control de deriva</b>			
		R =	8	$\phi =$				0.75
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.007182	>	0.007	No Cumple
SP Y	Deriva Y :	Máx =	0.000979	(Piso 10)				
		R =	8	$\phi =$				0.75
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.005874	<	0.007	cumple

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA  
DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

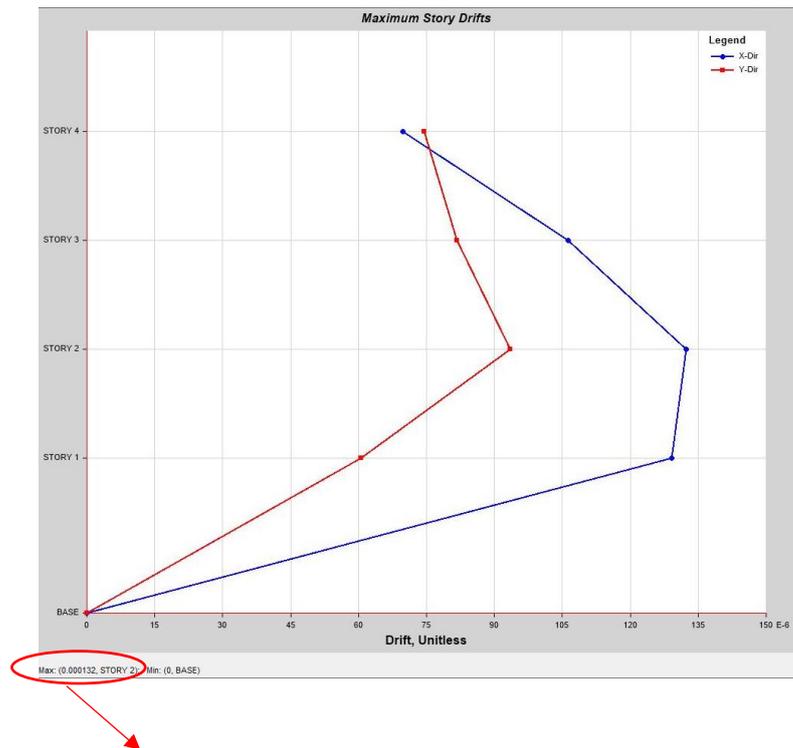
Proyecto: "OFICINAS"

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : Cusco

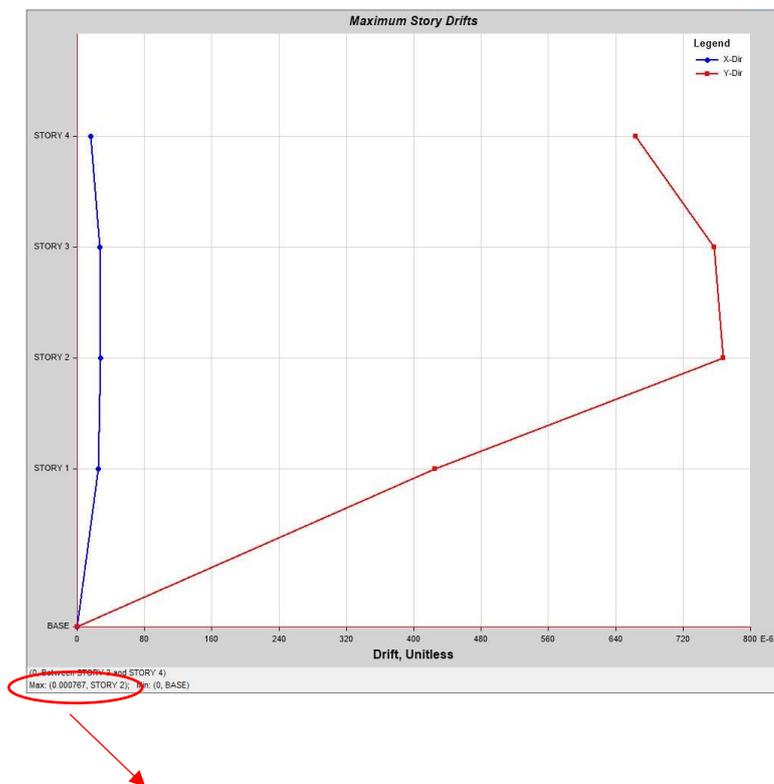
SP X



Deriva Máxima en X: 0.000132  
Número de Piso: 2

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.000767

Número de Piso: 2

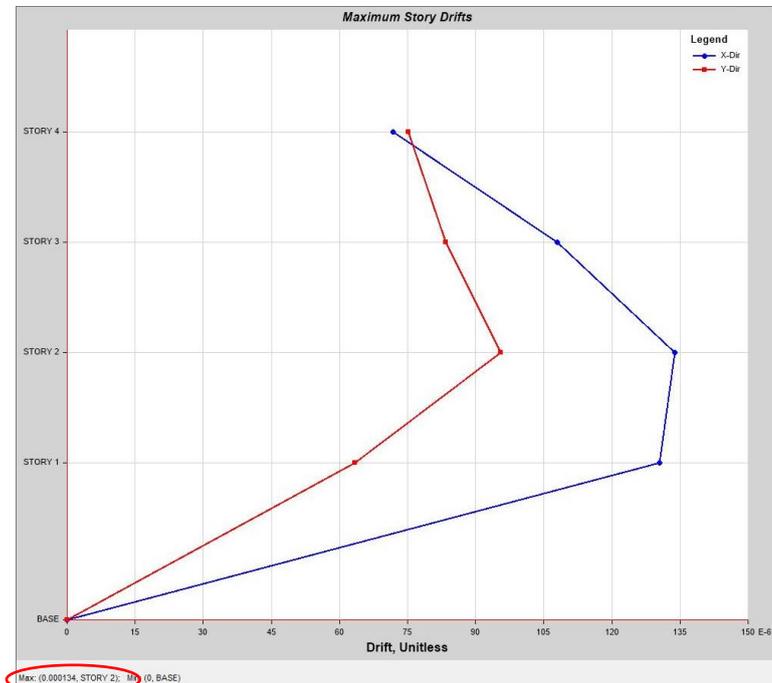
Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana Vigente E.060 del Concreto Armado:

Tabla N° 14. Resultado de la deriva – Edificio Cusco, con el  $E_c$  la N.T.P. E.060 Concreto Armado.

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - CUSCO (Módulo de Elasticidad según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado)										
$E_c=15000\sqrt{f_c}$ kg/cm <sup>2</sup>										
SP X		Deriva X:		Máx =	0.000132	(Piso 2)	Control de deriva			
Albañilería confinada	R =	3	$\phi =$	0.75			0.000297	<	0.005	Cumple
SP Y		Deriva Y:		Máx =	0.000767	(Piso 2)				
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75			0.004602	<	0.007	Cumple

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

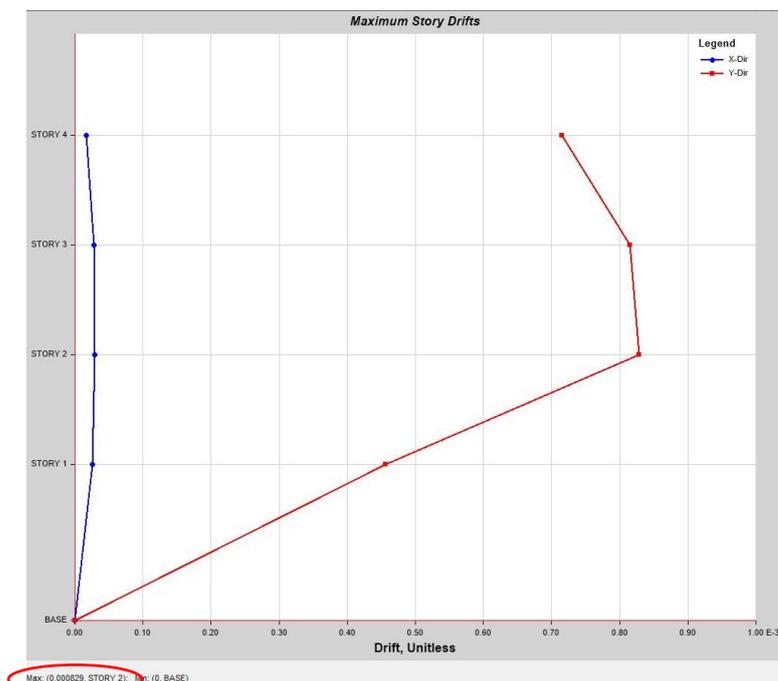
SP X



Max: (0.000134, STORY 2); Min: (0, BASE)

Deriva Máxima en X: 0.000134  
Número de Piso: 2

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.000829

Número de Piso: 2

Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural en el Proyecto:

Tabla N°15 . Resultado de la deriva – Edificio Cusco, con el  $E_c$  del NRC, anexo C

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - CUSCO (Módulo de Elasticidad obtenido del promedio de los módulos de elasticidad del NSRC , anexo C) $E_c=13,674Nf^2c$ kg/cm <sup>2</sup>									
SP X	Albañilería confinada	Deriva X :	Máx =	0.000134	(Piso 2)	Control de deriva			
			R =	3	$\phi =$	0.75	0.0003015	<	0.005
SP Y	Concreto armado	Deriva Y :	Máx =	0.000829	(Piso 2)	Control de deriva			
			R =	8	$\phi =$	0.75	0.004974	<	0.007

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA  
DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

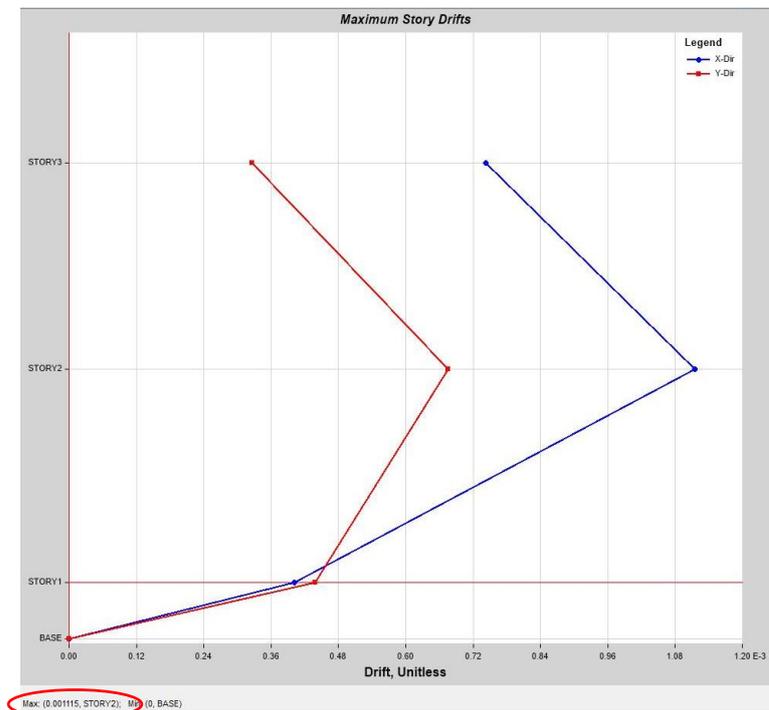
Proyecto: “MEJORAMIENTO DEL MERCADO MUNICIPAL Y DISTRITAL DE  
CAMPO VERDE”

Departamento : Ucayali

Provincia : Coronel Portillo

Distrito : Campo Verde

SP X

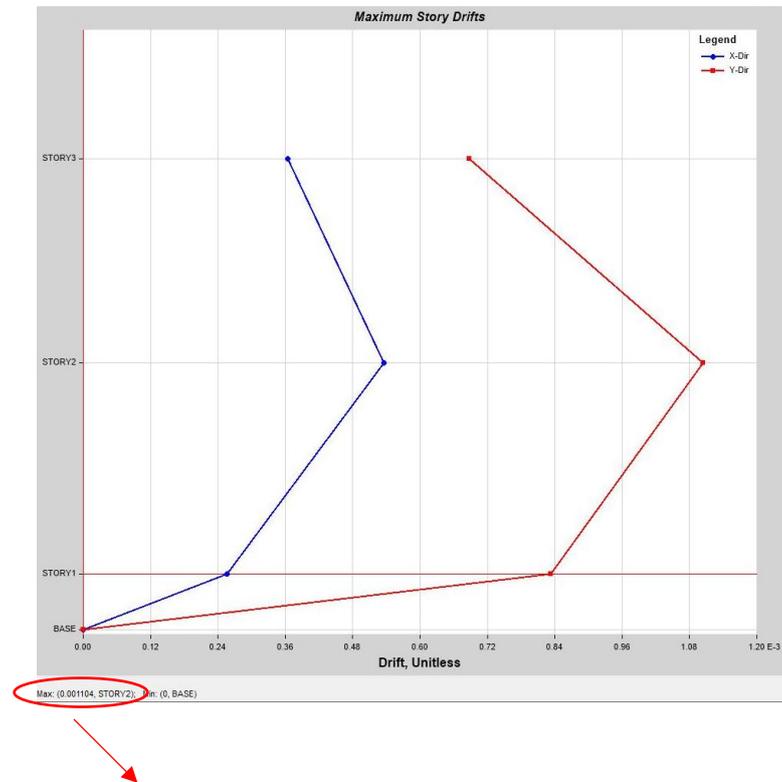


Deriva Máxima en X: 0.001115

Número de Piso: 2

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.001104  
Número de Piso: 2

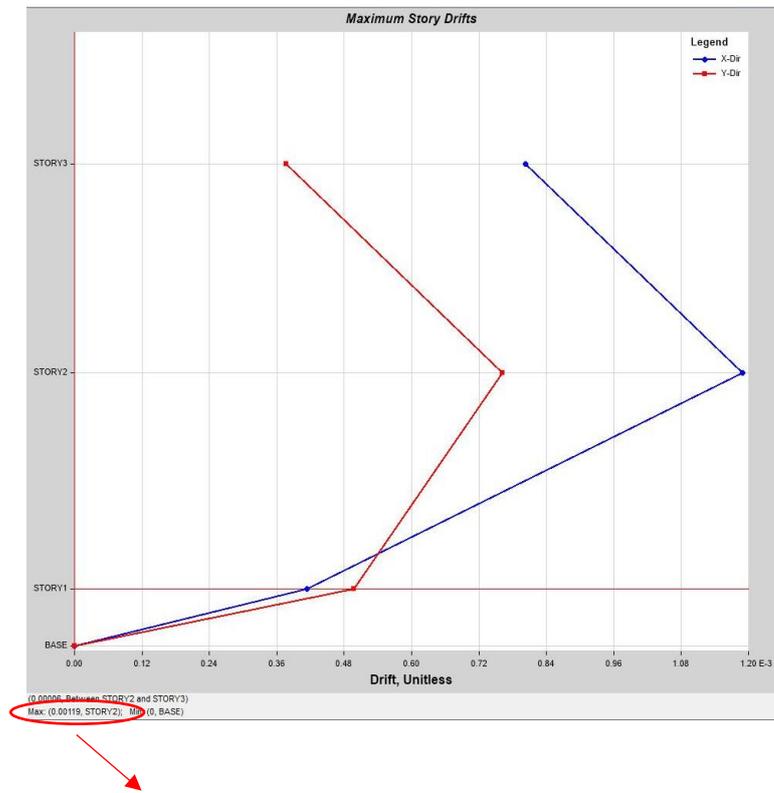
Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana Vigente E.060 del Concreto Armado:

Tabla N°16 . Resultado de la deriva – Edificio Pucallpa, con el  $E_c$  de la N.T.P. E.0.60 Concreto Armado

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - PUCALLPA (Módulo de Elasticidad según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado) $E_c=15000\sqrt{f'_c}$ kg/cm <sup>2</sup>								
SP X	Deriva X :	Máx =	0.001115	(Piso 2)	<b>Control de deriva</b>			
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75				
SP Y	Deriva Y :	Máx =	0.001104	(Piso 2)				
Concreto armado	R =	8	$\phi =$	0.75				

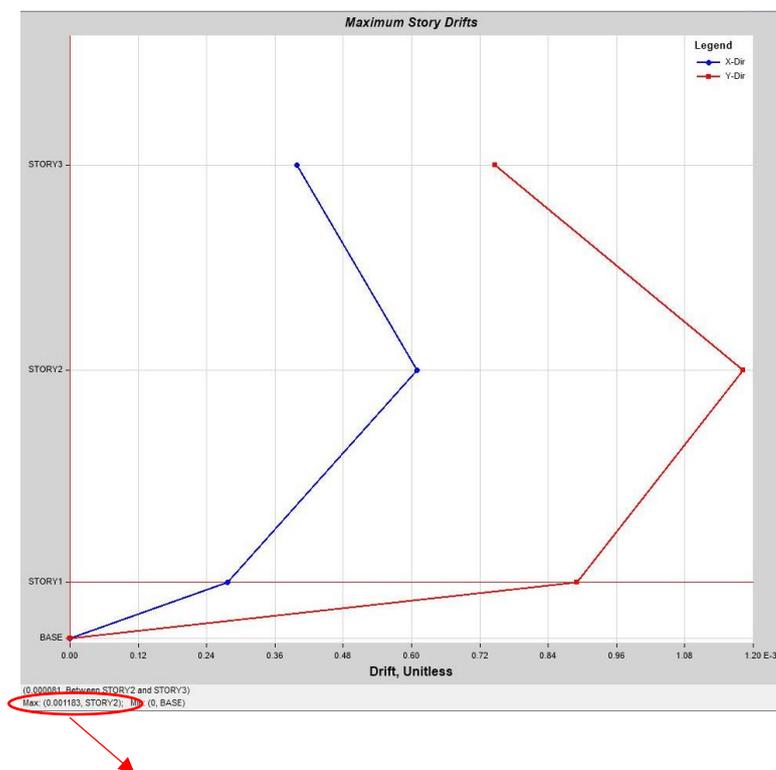
INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

SP X



Deriva Máxima en X: 0.00119  
Número de Piso: 2

SP Y



Deriva Máxima en Y: 0.001183

Número de Piso: 2

Los resultados se calcularon insertando el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural en el Proyecto:

Tabla N°17 . Resultado de la deriva – Edificio Pucallpa, con el  $E_c$  del NRC, anexo C

RESULTADO DE LAS DERIVAS DEL EDIFICIO - PUCALLPA (Módulo de Elasticidad obtenido del promedio de los módulos de elasticidad del NSRC, anexo C) $E_c=13,674\sqrt{f_c}$ kg/cm <sup>2</sup>								
SP X	Deriva X :	Máx =	0.00119	(Piso 2)	<i>Control de deriva</i>			
		R =	8	$\phi =$				
Concreto Armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.00714	>	0.007	No Cumple
SP Y	Deriva Y :	Máx =	0.001183	(Piso 2)				
		R =	8	$\phi =$				
Concreto Armado	R =	8	$\phi =$	0.75	0.007098	>	0.007	No cumple

INFLUENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA DERIVA  
DE EDIFICIOS DE CONCRETO EN EL PERÚ, 2016

*Tabla N°18 . Resumen de los resultados*

SISTEMA	UBICACIÓN	DERIVA	%	RESULTADO	INCREMENTO	PROMEDIO C.A	PROMEDIO A.C
SISTEMA DUAL	LIMA	Deriva NTP		Resultado	9.55%	8.31%	1.99%
		0.00670425	100				
		Deriva NTC					
		0.00734475	X=	109.55			
ALBAÑILERÍA CONFINADA	LIMA	Deriva NTP	%		2.47%		
		0.00464625	100				
		Deriva NTC					
		0.004761	Y=	102.47			
CONCRETO ARMADO	HUANCAYO	Deriva NTP	%		8.82%		
		0.0066	100				
		Deriva NTC					
		0.007182	X=	108.82			
CONCRETO ARMADO	HUANCAYO	Deriva NTP	%		9.51%		
		0.005364	100				
		Deriva NTC					
		0.005874	Y=	109.51			
ALBAÑILERÍA CONFINADA	CUSCO	Deriva NTP	%		1.52%		
		0.000297	100				
		Deriva NTC					
		0.0003015	X=	101.52			
CONCRETO ARMADO	CUSCO	Deriva NTP	%		8.08%		
		0.004602	100				
		Deriva NTC					
		0.004974	Y=	108.08			
CONCRETO ARMADO	PUCALLPA	Deriva NTP	%		6.73%		
		0.00669	100				
		Deriva NTC					
		0.00714	X=	106.73			
CONCRETO ARMADO	PUCALLPA	Deriva NTP	%		7.16%		
		0.006624	100				
		Deriva NTC					
		0.007098	Y=	107.16			

*Fuente: Elaboración propia.*

## V. Discusión

1. La Norma Técnica E.060 para concretos de peso unitario  $W_c$  comprendido entre 1450 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, considera que el módulo de elasticidad,  $E_c$ , para el concreto puede tomarse como:

$E_c = (W_c)^{1.5} \cdot 0.043 \sqrt{f'_c}$  (en MPa) ; y, para concretos de peso unitario normal ( $W_c = 2300$  kg/m<sup>3</sup>),  $E_c$ , puede tomarse como:  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$  (en MPa); pero, además estipula que pueden usarse otros valores de  $E_c$  que estén suficientemente respaldados por resultados de laboratorio; sin embargo, no existe un consenso internacional en la determinación del tipo de modelo de correlación entre el módulo de Elasticidad y la resistencia a compresión y/o la densidad del concreto. La tendencia en occidente es a emplear modelos matemáticos determinísticos que correlacionan con base en ecuaciones exponenciales a la potencia  $n$ , donde el valor de  $n$  tiende a ser 0.5 (Estados Unidos, Canadá, Colombia), y  $n$  de 0.33 (Europa). Lo anterior debido a la experiencia de investigación propia de cada país y a la variabilidad propia de los materiales y diseños usados en los tipos de concreto. Por su parte el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural(C.8.5.1 y CR8.5.1 respectivamente), estipula que para concreto de densidad normal  $E_c = 14946 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) entre el valor medio para toda la información experimental nacional sin distinguir el tipo de agregado  $E_c = 12402 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) dando como resultado un módulo equivalente a:  $E_c = 13674 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), para lo cual señala que el nivel de resistencia especificada del material implica modelos diferentes de estimación de módulos elásticos, así para Colombia la NSR-98 acepta variación dependiendo del origen de los agregados usados (ígneos, metamórficos y sedimentarios) pero aun así no se especifica claramente debido a que las características de los materiales pétreos no siempre son las mismas, aun para una misma fuente. Así mismo aun cuando se usen

agregados similares para un mismo tipo de concreto, y dosificaciones con relaciones agua/cementante conforme métodos de diseño tradicional, esto no asegura comportamientos similares en elasticidad, pues esta depende de los volúmenes de pasta y agregados incluidos en el concreto.

2. “En diversas investigaciones de fuertes terremotos acontecidos en las diversas zonas sísmicas de nuestro planeta, se han dejado en evidencia la directa relación entre los desplazamientos laterales y el nivel de daño estructural y no estructural presentado en las edificaciones, esto ha motivado que tanto los procedimientos de cálculo como los valores máximos de la deriva de entrepiso se hayan modificado recientemente en los códigos de varios países, cuyo valor máximo depende de muchos factores como del módulo elástico del material estructural, el tipo de sistema estructural para cargas laterales, el nivel de carga axial presente en el entrepiso, el nivel de detallado de los elementos estructurales, y el nivel de daño que se esté dispuesto a aceptar en la estructura” (Andrade Insúa Luís Eduardo, 2004).

“La Norma Peruana E.030 acepta desplazamientos relativos de entrepiso de 0.007 veces la altura del mismo entrepiso, para edificaciones hechas predominantemente de concreto armado. Estas deformaciones son del orden de 3.5 veces mayores que las que son suficientes para iniciar daños en elementos no estructurales de albañilería. Eso implica que sólo se pretende evitar daño no estructural para sismos del orden de poco menos de un tercio de la intensidad del sismo de diseño” (Andrade Insúa Luís Eduardo, 2004).

3. El Código más exigente para períodos de hasta 0.45 segundos es el peruano, que el código colombiano es el de mayor exigencia para períodos entre 0,45 y 1,45 segundos, y que el código chileno es largamente más exigente para períodos mayores a 1,45 segundos. En los edificios investigados en la presente tesis los periodos calculados con el módulo elástico de  $15\ 000\sqrt{f'_c}$  oscilan, entre 0,855 segundos (edificios de 10 pisos en Huancayo), 0,466

segundos (edificios de 4 pisos en San Cusco), 0,396 segundos (edificios de 2 pisos en Pucallpa) y 0,358 segundos (edificios de 4 pisos en San Miguel Lima) y calculados con el módulo de  $13674\sqrt{f'_c}$ , oscilan, entre 0,895 segundos (edificios de 10 pisos Huancayo), 0,485 segundos (edificios de 4 pisos en Cusco), 0,412 segundos (edificios de 2 pisos en Pucallpa) y 0,37 segundos (edificios de 4 pisos en San Miguel Lima)

4. “Valores típicos de distorsión angular de entrepiso promedio, usadas para definir el límite de daño estructural en edificaciones de concreto armado, muestran que, los valores de distorsión angular decrecen con la altura del edificio, tomando en cuenta por anticipado, la distribución no uniforme de la deriva sobre la altura de la edificación; es decir, que cuanto más alto sea un edificio, es más probable que algunos pisos tengan mayores valores de distorsión angular que la promedio; así, según estos investigadores, los valores de 0,004; 0,008; 0,025; 0,050, corresponden a daño leve (leves grietas en todo el elemento), daño moderado (severo agrietamiento, fisuras localizadas), daño severo (aplastamiento del concreto y exposición del refuerzo), daño completo, respectivamente” (Andrade Insúa Luís Eduardo, 2004).

Para la presente investigación se obtuvieron derivas correspondientemente a los módulos elásticos según las normas peruana y colombiana para el edificio de Lima según el eje X de 0,00670425 y 0,00734475, respectivamente, mostrando un incremento de hasta 9,55%; y, según el eje Y (albañilería confinada) de 0,00464625 y 0,004761, respectivamente, mostrando un incremento de 2,47%. Para el edificio de Huancayo según el eje X de 0,00670425 y 0,00734475, respectivamente, mostrando un incremento de hasta 9,55%; y, según el eje Y (albañilería confinada) de 0,00464625 y 0,004761, respectivamente, mostrando un incremento de 2,47%.

## VI. Conclusiones

La *deriva* de edificios estudiados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica Peruana E.030 vigente, difieren entre 6,73 % a 9,55% cuando se usan el módulo de elasticidad según la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado, equivalente a  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), demostrándose que a menor módulo de elasticidad del concreto se alcanzan mayores valores de deriva para todos los tipos de estructuración.

La deriva en los sistemas de estructuración dual es superior cuando menor es el módulo elástico, no superando el 9,55% cuando se aplicó el módulo de elasticidad promedio recomendado por la norma colombiana; sin embargo, cuando la estructura es aporticada los valores superan el 9,51%: y, cuando la estructura es a base de albañilería confinada el valor de la deriva si bien es superior pero no supera el 2,47%.

Para el caso peruano, si se estiman las derivas utilizando el módulo de elasticidad promedio del concreto recomendado por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural  $E_c = 13674\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>), se excede el límite de distorsión lateral de 0,007 establecido en nuestra norma E.030 vigente.

## VII. Recomendaciones

Para el Cálculo de la Deriva en nuestro país, se recomienda considerar el módulo de elasticidad promedio calculado de la Norma Técnica Colombiana, por tener respuestas similares a los períodos sísmicos que tiene Colombia, al igual que el origen tectónico de los agregados.

Se recomienda determinar el módulo de elasticidad a partir de ensayos de laboratorio para cada una de las obras que se van a realizar en las diferentes zonas geográficas del Perú de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.60 Concreto Armado.

### VIII. Referencias Bibliográficas

Andrade, L. (2004). Control de Derivas en las Normas de Diseño Sismorresistente. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/160?show=full>

Borrero, M. (2011). Estimación de la variabilidad de la Deriva y del Cortante Basal resistente de pórticos de concreto reforzado en Bogotá. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7405/tesis516.pdf?sequence=1>

Cámara Peruana de la Construcción. (2013). Reglamento Nacional de Edificaciones - 2a. ed. Actualizada. Lima, Marzo 2013. Imprenta APOYO GRÁFICO S.A. 300 ejemplares.

Corzo, K. (2005). Diseño de un modelo estructural con el programa ETABS. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2013/08/27/disenio-de-un-modelo-estructural-con-el-programa-etabs-tesis/>

CSI Computers & Structures, Inc. Caribe. Morrison Ingenieros (2015)

Dávila, D. y Vargas, E. (2006). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, utilizando agregado fino de la cantera Boca Negra del sector de Peña Negra, distrito de San Juan Bautista. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Científica del Perú, Iquitos, Perú.

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda que modifica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda.

Bazán E. & Meli, R. (2001). Diseño Sísmico de edificios. Noriega Editores. Limusa

Emiliani R. y Rincón, J. (2012) Estudio del comportamiento dinámico de tres edificios de concreto de la Pontificia Universidad Javeriana mediante vibraciones ambientales. (Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C, Colombia. Recuperado de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11117/EmilianiRamoNicolasSimon2012.pdf?sequence=1>

Quimbay, R. (2012). *Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Recuperado de

[http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo\\_elasticidad\\_concreto.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo_elasticidad_concreto.pdf)

Muñoz, J. (2011). “Apuntes de clase de la asignatura de Diseño Sismorresistente”. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Saravia, L. (2013). Análisis y Diseño con ETABS, Su aplicación adecuada y comprobación de resultados, aplicado a edificios de concreto armado. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/1033/1/LUIS%20ESTUARDO%20SARAVIA%20RAM%20C3%8DREZ.pdf>

Marulanda, F. (2012). Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de

<http://www.bdigital.unal.edu.co/5769/1/294411.2012.pdf>

Norma Técnica E.060 Concreto Armado.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural.

Taboada, J. y De Izcue, A. (2009). Análisis y Diseño de Edificaciones asistido por computadoras. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de

[https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj95ePzj5HTAhVE5yYKHZZQCPAQFggfMAE&url=http%3A%2F%2Ftesis.pucp.edu.pe%2Frepositorio%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F155%2FDE%2520IZCUE\\_ARTURO\\_ANALISIS\\_DISE%25C3%2591O\\_EDIFICIOS\\_A\\_SISTIDO\\_COMPUTADORAS.pdf%3Fsequence%3D1%3F&usg=AFQjCNHOzUnqjP7j-OjAMpO9UUWec3PBgg](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj95ePzj5HTAhVE5yYKHZZQCPAQFggfMAE&url=http%3A%2F%2Ftesis.pucp.edu.pe%2Frepositorio%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F155%2FDE%2520IZCUE_ARTURO_ANALISIS_DISE%25C3%2591O_EDIFICIOS_A_SISTIDO_COMPUTADORAS.pdf%3Fsequence%3D1%3F&usg=AFQjCNHOzUnqjP7j-OjAMpO9UUWec3PBgg)

IX. Anexos

**Anexo N° 1. Distorsiones Angulares de Entrepiso Promedio (en toda la altura), usadas para definir los estados de daño de las curvas de fragilidad para Elementos No Estructurales susceptibles a la deriva.**

Nivel de Diseño	Tipo de Edificación	Distorsión Angular de Entrepiso Promedio en el Límite de Daño Estructural, $\delta_{\text{de}}$ , en edificios de concreto armado			
		Daño Leve	Daño Moderado	Daño Severo	Daño Completo
Alto	C1L	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
	C1H	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
	C2L	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400
	C3L	-	-	-	-
	C3M	-	-	-	-
	C3H	-	-	-	-
Moderado	C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
	C1M	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
	C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
	C2L	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
	C2M	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
	C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
	C3L	-	-	-	-
	C3M	-	-	-	-
	C3H	-	-	-	-
Bajo	C1L	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500
	C1M	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333
	C1H	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250
	C2L	0.0040	0.0076	0.0197	0.0500
	C2M	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333
	C2H	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250
	C3L	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350
	C3M	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233
	C3H	0.0015	0.0030	0.0075	0.0175
Pre-Código	C1L	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400
	C1M	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267
	C1H	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200
	C2L	0.0032	0.0061	0.0158	0.0400
	C2M	0.0021	0.0041	0.0105	0.0267
	C2H	0.0016	0.0031	0.0079	0.0200
	C3L	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280
	C3M	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187
	C3H	0.0012	0.0024	0.0060	0.0140

Fuente: Andrade Insúa, Luís Eduardo. (2004). "Control de Derivas en las Normas de Diseño Sismorresistente". (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil)

**Anexo N° 2. Matriz de Consistencia de la Investigación**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	POBLACION Y MUESTRA	METODOLOGÍA	INSTRUMENTO
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo influye el módulo de elasticidad en el análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica E.030 de Diseño sismorresistente vigente?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar la influencia del módulo de elasticidad en los resultados en el análisis de la deriva de edificios ubicados en las diferentes zonas geográficas del Perú, de acuerdo a las Norma Técnica Peruana vigente: E.030 de Diseño sismorresistente.</p>	<p>La deriva de edificios estudiados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica Peruana E.030 vigente, difieren significativamente si en su estimación se usan el módulo de elasticidad según la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado, equivalente a <math>E_c = 15000\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural <math>E_c = 13674\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm<sup>2</sup>).</p>	<p><b>X1: Módulo de Elasticidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Origen y Tipo de agregado</li> <li>- Reducción de riesgo.</li> <li>- Peso Volumétrico de Concreto.</li> <li>- Resistencia del Concreto.</li> <li>- Coeficiente de Poisson.</li> </ul>	<p><b>Población:</b> Está representado por el Diseño Sismorresistente de los edificios de concreto en las diferentes ciudades del Perú, utilizando el módulo elástico de la Norma Técnica Peruana vigente E.030 equivalente a <math>E_c = 15000\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad promedio obtenido del cálculo de los módulos de elasticidad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural, equivalente a <math>E_c = 13674\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm<sup>2</sup>).</p> <p>personal en sus distintas funciones que pertenece a la empresa. Sumando un total de 55 trabajadores.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> No experimental</p> <p><b>Diseño:</b> En la presente investigación se empleó el diseño transeccional descriptivo comparativo. El diseño se dio de la siguiente manera:  <math>M_1 O_1</math>  <math>M_2 O_2</math>  <math>O_1 \neq O_2 \neq O_3 \neq O_4</math>  <math>M_3 O_3</math>  <math>M_4 O_4</math></p> <p>Donde:  <math>M_1 M_2 M_3 M_4</math> : Cada una de las muestras.  <math>O_1 O_2 O_3 O_4</math> : Observación en cada una de las muestras.  <math>O_1 O_2 O_3 O_4</math> : Comparación entre cada una de las muestras, las observaciones son diferentes (<math>\neq</math>).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para investigar la influencia del módulo de elasticidad en los resultados del análisis sísmico dinámico obtenido en ETABS 2016 de edificios ubicados en las diferentes zonas del Perú.</li> <li>2. Los modelos matemáticos de los edificios fueron actualizados cumpliendo las indicaciones de la Norma Técnica vigentes E.030 de diseño sismorresistente E.060 del Concreto Armado.</li> <li>3. Para la obtención de los resultados en ETABS 2016 se necesitó introducir el módulo de elasticidad de la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado y El módulo promedio calculado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente vigente NSR-10 Título C- Concreto estructural.</li> <li>4. Para las consultas bibliográficas y búsqueda electrónica de datos, requirió de una computadora.</li> </ol>

<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>1. ¿Cómo es el resultado del análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica E.030 de Diseño sismorresistente, si aplicamos el módulo de elasticidad según la Norma Técnica E.060 del Concreto Armado: <math>E_c = 15000\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm2)?</p> <p>2. ¿Cómo es el resultado del análisis de la deriva de edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, si se aplica el módulo de elasticidad promedio calculado en base al Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente vigente NSR-10 Título C- Concreto Estructural: <math>E_c = 13\ 674\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm2)?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar el resultado de la deriva de cuatro edificios de concreto ubicados distintas zonas del Perú según la Norma Técnica Peruana vigente: E.030 de Diseño sismorresistente, y aplicando el módulo de elasticidad como lo especifica la Norma Técnica Peruana E.060 del Concreto Armado, equivalente a <math>E_c = 15000\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm2).</li> <li>Analizar el resultado de la deriva de cuatro edificios de concreto ubicados en distintas ciudades del Perú, según la Norma Técnica Peruana vigente: E.030 de Diseño Sismorresistente, aplicando el módulo de elasticidad obtenido del promedio calculado en base al Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente vigente NSR-10 Título C- Concreto Estructural, dando un resultado de: <math>E_c = 13\ 674\sqrt{f'_c}</math> (kg/cm2).</li> </ul>	<p><b>Y1: Deriva</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Período de Vibración.</li> <li>- Módulo de Corte</li> <li>- Valor de Deriva.</li> </ul>	<p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra está conformada por el Diseño Sismorresistente de “Vivienda Multifamiliar” (Lima); “Edificio Multifamiliar” (Huancayo); “Oficinas” (Cusco); “Mejoramiento del Mercado Municipal y Distrital de Campo Verde” (Ucayali).</p>		
<p><b>Fuente:</b> Elaboración Propia</p>					