



Universidad Científica del Perú - UCP

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**INFLUENCIA DEL PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN EN LAS
ESTRUCTURAS DE MORTERO ARMADO DE LA I.E.P.S.M. N° 60544-ELÍAS
AGUIRRE ROMERO EN EL CENTRO POBLADO SAN JOAQUÍN DE
OMAGUAS, DISTRITO DE NAUTA, LORETO-LORETO 2021.**

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

AUTOR (es):

Bach. PEREZ PEZO, Priscila Kimberli

ASESOR:

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.


Ing. Keuson Saldaña Ferreyra
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 167191

San Juan Bautista – Loreto

2021



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

Dedicatoria.

A mis padres, **Patricia** y **Fernando** por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye éste. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mi anhelo.

También dedico a mis hermanas **Karla**, **Lorena** y **Mabel** y demás familiares quienes han sido mi mayor motivación para no rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

Agradecimiento.

Deseo expresar mi agradecimiento sincero a las siguientes personas e instituciones:

- Al Ing. Keuson Saldaña Ferreyra por su asesoramiento a lo largo del desarrollo del presente estudio.
- A la Gerencia de Obras e Infraestructura de la Municipalidad Provincial de Loreto Nauta por el apoyo brindado respecto a la información relevante en el proyecto.
- A los miembros del jurado calificador por la dedicación prestada al revisar mi proyecto de investigación.
- A los docentes del Programa Académico de Ingeniería Civil por sus sabias enseñanzas y por la entrega incondicional de su amistad y buen ejemplo.
- A la Universidad Científica del Perú, por darme la oportunidad de culminar mis estudios de Ingeniería Civil.



Universidad Científica del Perú - UCP

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

Constancia de originalidad del trabajo de tesis.



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“INFLUENCIA DEL PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN EN LAS
ESTRUCTURAS DE MORTERO ARMADO DE LA I.E.P.S.M. N° 60544-ELÍAS
AGUIRRE ROMERO EN EL CENTRO POBLADO SAN JOAQUÍN DE OMAGUAS,
DISTRITO DE NAUTA, LORETO-LORETO 2021.”**

De los alumnos: **PEREZ PEZO PRISCILA KIMBERLI**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **7% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 26 de Octubre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/ri-a
416-2021



Acta de sustentación de tesis.



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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 188-2019-UCP-FCEI de fecha 12 de abril de 2019 y modificada con **RESOLUCIÓN N°107-2020-UCP-FCEI** de fecha 01 de marzo de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Felix Wong Ramírez, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Carol Begoña García Langer, M.Sc. | Miembro |

Como Asesores: **Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10:00 horas del día 06 de noviembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el Secretario Académico del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"INFLUENCIA DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN EN LAS ESTRUCTURAS DE MORTERO ARMADO DE LA I.E.P.S.M. N°60544-ELIAS AGUIRRE ROMERO EN EL CENTRO POBLADO SAN JOAQUÍN DE OMAGUAS, DISTRITO DE NAUTA, LORETO-LORETO 2021."**

Presentado por la sustentante:

PRISCILA KIMBERLI PEREZ PEZO

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD.**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

Miembro

Presidente

Miembro



Hoja de aprobación.

.....
Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.

Presidente

.....
Ing. Félix Wong Ramirez, M. Sc.

Miembro

.....
Ing. Carol Begoña García Langer, M. Sc.

Miembro

.....
Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.

Asesor



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	7
ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS O FIGURAS.	11
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	14
1.1. Antecedentes del estudio.....	14
1.1.1. Nivel internacional.	14
1.1.2. Nivel nacional.....	17
1.1.3. Nivel local.....	18
1.2. Bases teóricas	19
1.2.1. Norma técnica E030 Diseño Sismorresistente.....	19
1.2.1.1. Período fundamental de vibración.....	19
1.2.1.2. Estructuras de mortero armado.....	21
1.2.2. Análisis sísmico.....	21
1.2.2.1. Análisis sísmico estático.	21
1.2.2.2. Análisis sísmico dinámico.	23
1.2.3. Método de Rayleigh.....	26
1.3. Definición de términos básicos.....	31
2. CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	35
2.1. Descripción del problema.....	35
2.2. Formulación del problema	37
2.2.1. Problema general	37
2.2.2. Problemas específicos	37
2.3. Objetivos	38
2.3.1. Objetivo general	38
2.3.2. Objetivos específicos.....	38
2.4. Alcances y limitaciones.	39
2.5. Hipótesis	39



2.5.1.	Hipótesis general.....	39
2.5.2.	Hipótesis específicas.....	39
2.6.	Variables.....	40
2.6.1.	Identificación de variables	40
2.6.2.	Definición conceptual y operacional de las variables	40
2.6.3.	Operacionalización de las variables.	41
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	42
3.1.	Tipo y Diseño de investigación.	42
3.1.1.	Nivel de investigación.....	42
3.1.2.	Tipo de investigación.....	42
3.1.3.	Diseño de investigación.....	42
3.2.	Población y muestra.....	43
3.2.1.	Población.	43
3.2.2.	Muestra	43
3.3.	Técnicas, Instrumentos y Recolección de Datos	43
3.3.1.	Técnicas de Recolección de Datos.....	43
3.3.2.	Instrumentos de Recolección de Datos	43
3.3.3.	Procedimientos de Recolección de Datos	44
3.4.	Procesamiento y análisis de Datos.	44
3.4.1.	Aspectos generales del proyecto.....	44
3.4.2.	Planos arquitectónicos.	46
3.4.3.	Predimensionamiento de elementos estructurales.	47
3.4.3.1.	Vigas principales y secundarias.	47
3.4.3.2.	Columnas.....	47
3.4.3.3.	Losa aligerada.	49
3.4.4.	Metrado de cargas.....	50
3.4.5.	Modelamiento de la estructura.	50
3.4.5.1.	Definición de material.....	51
3.4.5.2.	Modelo estructural.	54
3.4.5.3.	Definición y asignación de cargas.....	55
3.4.5.4.	Cálculo de peso sísmico de la edificación.....	56
3.4.5.5.	Incorporación del espectro de diseño.....	59



3.4.5.6.	Creación de fuentes de masa.	64
3.4.6.	Análisis sísmico.	64
3.4.6.1.	Análisis sísmico estático.	64
3.4.6.2.	Análisis sísmico dinámico.	66
3.4.6.3.	Desplazamientos laterales relativos admisibles.	66
3.4.7.	Aplicación de método de Rayleigh.	68
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS.	71
5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.	73
5.1.	Discusión.	73
5.2.	Conclusiones.	75
5.3.	Recomendaciones.	76
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	77
	CAPÍTULO VI: ANEXOS.	80
6.1	Instrumento de recolección de datos.	80
6.2	Matriz de consistencia.	81
6.3	Información complementaria.	83



ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS.

Ítems	Descripción	Pág.
Tabla n° 01	DEFINICIÓN CONCEPTUAL E INDICADORES.....	40
Tabla n° 02	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	41
Tabla n° 03	CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR U.....	57
Tabla n° 04	FACTORES DE ZONA "Z".....	59
Tabla n° 05	CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO.....	60
Tabla n° 06	FACTORES DE SUELO "S".....	60
Tabla n° 07	SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	60
Tabla n° 08	PERÍODOS "T _p " y "T _L ".....	61
Tabla n° 09	PESO TOTAL DE LA EDIFICACIÓN.....	63
Tabla n° 10	VARIABLES PARA EL CÁLCULO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO.	65
Tabla n° 11	DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS.....	65
Tabla n° 12	CORTANTE BASAL DINÁMICO.....	66
Tabla n° 13	CORTANTE BASAL ESTÁTICO Y DINÁMICO.....	66
Tabla n° 14	LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO.....	66
Tabla n° 15	VERIFICACIÓN DE DISTORSIONES ENTRE LOS NIVELES DE LA EDIFICACIÓN.....	67
Tabla n° 16	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	67
Tabla n° 17	PARÁMETROS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	67
Tabla n° 18	PESO Y RIGIDEZ LATERAL DE LA EDIFICACIÓN.....	69
Tabla n° 19	PERÍODOS DE VIBRACIÓN OBTENIDOS NORMA E030 Y MÉTODO RAYLEIGH.....	71



ÍNDICE DE GRÁFICOS O FIGURAS.

Ítems	Descripción	Pág.
Gráfico n° 01:	Ubicación de la IEMPS N° 60544-Elías Aguirre Romero del centro poblado San Joaquín de Omaguas.....	35
Gráfico n° 02:	Distribución en planta de la IEMPS N° 60544-Elías Aguirre Romero del centro poblado San Joaquín de Omaguas.....	46
Gráfico n° 03:	Definición de propiedad de materiales en el ETABS 19.....	51
Gráfico n° 04:	Definición de sección viga principal.....	52
Gráfico n° 05:	Definición de sección viga secundaria.....	52
Gráfico n° 06:	Definición de sección columna.....	53
Gráfico n° 07:	Definición de dimensión losa aligerada.....	54
Gráfico n° 08:	Modelo estructural de la IEPISM Elías Aguirre Romero.....	54
Gráfico n° 09:	Definición de cargas.....	55
Gráfico n° 10:	Asignación de cargas al modelo estructural.....	56
Gráfico n° 11:	Datos introducidos al ETABS 19 para el cálculo de P.....	58
Gráfico n° 12:	Asignación de valores para la fuerza horizontal equivalente.....	63
Gráfico n° 13:	Espectro de aceleración descrito en la norma E030.....	64
Gráfico n° 14:	Condensación estática aplicado a un sistema estructural.....	68



RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.

El presente trabajo de investigación analizó la influencia del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la I.E.P.S.M. N° 60544 ELÍAS AGUIRRE ROMERO ubicado en el C. P. de San Joaquín de Omaguas del distrito de Nauta. El análisis se enfocó fundamentalmente en el cálculo de los períodos fundamentales de vibración en función de los modos de vibración empleando el método de Rayleigh y lo establecido en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente.

El primer análisis realizado, fue el análisis estático y el análisis dinámico modal espectral, el cual fue aplicado haciendo uso del software ETABS 2019, además se determinó el período fundamental de vibración establecido en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente del año 2019.

El segundo análisis se centró en el cálculo del período fundamental de vibración mediante el método de Rayleigh basado en ecuaciones características que definen modos de vibración (desplazamientos relativos) y períodos que rigen en base a la ley de la conservación de la energía.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Período fundamental de vibración según Norma E030: valor de 0.2000 seg.

Período fundamental de vibración método Rayleigh: valor de 0.2069 seg.

Presentó una variación de 3.34 % respecto a lo calculado mediante la Norma descrita.

Palabras claves: análisis estático, análisis dinámico, cortante basal, Rayleigh.



ABSTRACT.

The present research work analyzed the influence of the fundamental period of vibration in the reinforced mortar structures of the I.E.P.S.M. N ° 60544 ELIAS AGUIRRE ROMERO located in the C. P. de San Joaquín de Omaguas in the district of Nauta. The analysis was mainly focused on the calculation of the fundamental periods of vibration as a function of the modes of vibration using the Rayleigh method and the provisions of Technical Standard E030 Seismic-resistant Design.

The first analysis carried out was the static analysis and the spectral modal dynamic analysis, which was applied using the software ETABS 2019, in addition, the fundamental period of vibration established in the Technical Standard E030 Seismic-resistant Design of the year 2019 was determined.

The second analysis focused on the calculation of the fundamental period of vibration using the Rayleigh method based on characteristic equations that define modes of vibration (relative displacements) and periods that govern based on the law of conservation of energy.

The results obtained were the following:

Fundamental period of vibration according to Standard E030: value of 0.2000 sec.

Fundamental period of vibration Rayleigh method: value of 0.2069 sec.

I present a variation of 3.34% with respect to what was calculated by the described Standard.

Keywords: static analysis, dynamic analysis, basal shear, Rayleigh.



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.

1.1. Antecedentes del estudio.

1.1.1. Nivel internacional.

(Espinoza, 2016). En su tesis titulada *método analítico para la determinación del período fundamental de vibración del método de Rayleigh en base al cálculo de rigidez del método de Wilbur*, tiene como objetivo principal demostrar que puede aplicarse un ajuste en las rigideces contenidas de vigas y columnas, respecto a las dimensiones de sus secciones, que logra definir anticipadamente una respuesta sísmica de diseño para estructuras basadas en marcos que poseen un buen grado de regularidad estructural. El tipo de investigación que se utilizó es no experimental porque logra el equilibrio entre las fuerzas de compresión y de tensión que actúan en la sección transversal del elemento, para las condiciones de resistencia nominal. Además, se debe cumplir la compatibilidad entre el esfuerzo y la deformación unitaria del concreto y del acero de refuerzo, para condiciones de resistencia nominal, según las hipótesis de diseño que establece el código. Su población equivale a la muestra representativa correspondiente a los elementos estructurales de una edificación de 12 pisos.

El autor concluye que, para la metodología aproximada del cálculo de la rigidez de piso de Wilbur, existe mayor impacto en el período fundamental de vibración por el cambio de las dimensiones de secciones de vigas que en columnas.

(Castro & Pérez, 2016). En su monografía denominada *espectro de diseño y zonificación sísmica basada en periodos fundamentales de vibración de los suelos, en el área urbana de la ciudad de Mateare*, cuyo objetivo general es proponer espectro de diseño y zonificación basada en



períodos fundamentales de vibración de los suelos en el área urbana de la ciudad de Mateare. El tipo de investigación es experimental porque determina los períodos fundamentales de vibración de los suelos. La población es igual al tipo de muestra conformado por los estratos de suelos predominantes en el área de estudio.

Los autores del estudio concluyen que mediante el registro de ruido ambiental se determinó que en el casco urbano del municipio de Mateare los períodos fundamentales de los distintos sitios analizados vibran entre 0.14s hasta 0.38s aproximadamente, lo cual permitió diferenciar picos de frecuencias cuyos comportamientos son bastante similares, partiendo de esta familiaridad y períodos se propusieron 2 zonas de vibración las cuales son:

- Zona 1: Presenta períodos de vibración entre 0.16 a 0.26 s, en esta área las edificaciones de 1 a 3 pisos podrían coincidir con la manera de vibrar del suelo. Por lo que se sugiere especial cuidado al edificar este tipo de obras.
- Zona 2: Presenta períodos de vibración entre 0.26 a 0.38 s, en esta área las edificaciones de 3 a 5 pisos podrían coincidir con la manera de vibrar del suelo. Por lo que se sugiere especial cuidado al edificar este tipo de obras.

(Montserrat, 2013). En su maestría titulada *relación entre el período fundamental de vibración y el índice de daño de un edificio de hormigón armado*, tiene como objetivo principal proponer métodos numéricos que permitan establecer la relación entre el daño sísmico y el incremento del período fundamental de vibración, con el propósito de estimar el estado de daño de un edificio. El tipo de investigación que se utilizó es no experimental porque se estima el incremento del período asociado al modo fundamental de vibración en función de un índice de daño.



El autor concluye que se ha calculado el período fundamental del edificio mediante dos métodos y se ha relacionado con el daño. El primer método tiene su base en el análisis modal, donde se calcula el período de manera precisa a partir de la matriz de masa y de la matriz de rigidez. Gracias a la proximidad de los resultados obtenidos para muestras de diferentes contenidos frecuenciales se ha comprobado que, haciendo uso de este método, este factor apenas influye en los resultados. Su principal desventaja radica en que la matriz de rigidez de un edificio no puede ser medida de manera experimental, por lo que su uso se limita a simulaciones 66 numéricas. El segundo método tiene su base en el análisis espectral, donde se estima el período fundamental a través del espectro de desplazamientos relativos en el techo del edificio.

(Sáenz & Tamayo, 2019). En su tesis denominada *períodos fundamentales para 5 edificios construidos con sistema estructural combinado en Medellín*, cuyo objetivo general es verificar el rango de aproximación de los valores obtenidos mediante las ecuaciones empíricas de la NSR-10 y mediciones experimentales para estimar el período fundamental de 5 edificaciones construidas en Medellín con el sistema estructural combinado. El tipo de investigación es no experimental porque evalúa experimentalmente el período real de edificaciones con sistemas combinados. La población es igual al tipo de muestra conformado por los cinco edificios construidos con sistema estructural combinado.

Los autores del estudio concluyen que a partir del análisis realizado se pudo encontrar que algunas de las variables que más influencia representaban en cada ensayo que se efectuaba eran: el área de planta (V1), Altura total del edificio hasta el nivel de superficie (m) (V10), Luz máxima (m) / Altura de vigas (m) (V4). Se identificó que estas variables presentaban unas confiabilidades altas en los análisis, lo cual significaba que tenían una alta influencia en las ecuaciones que arrojaban, lo que quiere decir que estas generaban buenas aproximaciones de la expresión del período fundamental.



1.1.2. Nivel nacional.

(Morales, 2020). En su tesis titulada *influencia del efecto de sitio en el período de vibración de una edificación de concreto armado en la Molina*, tiene como objetivo principal determinar la influencia del efecto de sitio en los períodos de vibración en una edificación de concreto armado en el distrito de la Molina. El tipo de investigación que se utilizó es de tipo aplicada, porque se sugiere comprobar y analizar una respuesta ante un problema. Su población se define como las todas las señales del registro de ruido ambiental existente en el distrito de la Molina y todas las edificaciones de concreto armado y la muestra está constituida por 17 registros de ruido ambiental en el distrito de la Molina y 1 estructura de concreto armado de 4 niveles con uso destinado a viviendas.

El autor concluye que se determinó la influencia del efecto de sitio en función de valores calculados en frecuencias, amplitudes y períodos fundamentales del suelo en las Tablas 49 y 50, obteniéndose un rango mínimo de 1.033 veces y un rango máximo de 3.003 veces en términos de la amplitud, en términos de frecuencias los valores oscilan desde los 0.947 a 17.033 Hertz.

(Cutipa, 2018). En su tesis titulada *análisis comparativo de la respuesta sísmica de las normas de Perú, Chile, Japón y Estados Unidos, de un edificio de uso multifamiliar con sistema de concreto armado de diez niveles de altura*, tiene como objetivo principal comparar la respuesta sísmica de las normas de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón, en una edificación de uso multifamiliar de diez niveles de concreto armado, a partir de los espectros de respuesta sísmica, fuerza cortante en la base y desplazamientos laterales. El tipo de investigación que se utilizó es no experimental, porque pretende elaborar un estudio y análisis sísmico comparativo evaluando el nivel de exigencia de la norma sísmica de Perú (RNE 0.30), con respecto a las normas sísmicas de Chile (NCh 433), Japón (BSLJ) y Estados Unidos (IBC). Su población está constituida por los países que conforman el cinturón de fuego del Pacífico.



El autor concluye que con respecto al espectro de respuesta sísmica. Se encuentra que, para estructuras de sistema dual de concreto armado de diez niveles, con un período inferior a los 0.24 segundos, la norma peruana es la más rigurosa. La norma chilena es la más rigurosa en el espectro de aceleraciones para periodos comprendidos entre 0.24 a 0.95 segundos. Para períodos de 2.2 segundos en adelante, se observa que la norma de Japón es la más rigurosa con respecto al espectro de aceleraciones de respuesta sísmica.

1.1.3. Nivel local.

(Canchaya & Vargas, 2017). En su tesis titulada *estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú - UCP - Tarapoto - 2017*, tiene como objetivo principal realizar la comparación entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú - UCP, ubicado en la ciudad de Tarapoto. El tipo de investigación que se utilizó es no experimental, porque describe y compara la variación de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto donde se realizó los análisis sísmicos tanto estático como dinámico de un edificio para uso educativo ubicado en la ciudad de Tarapoto. Su población está conformada por el nuevo aulario de ingeniería civil de la universidad científica del Perú UCP – Tarapoto.

Los autores concluyen que el análisis estático es más conservador porque solo usa el modo fundamental que es de la traslación, además el edificio en estudio es una estructura regular, ya que en su configuración resistente a cargas laterales no presenta irregularidades y cumple las restricciones de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente.



1.2. Bases teóricas

1.2.1. Norma técnica E030 Diseño Sismorresistente¹.

1.2.1.1. Período fundamental de vibración.

(Saavedra, 2001). Define al período fundamental de vibración lo siguiente:

“Cada estructura posee un único período natural o fundamental de vibración, el cual es el tiempo requerido para completar un ciclo de vibración libre. La rigidez, la altura de la estructura son factores que determinan o influyen en el período fundamental, y éste puede variar desde 0.1 [s], para sistemas simples, hasta varios segundos para sistemas de varios niveles”.

El artículo 28°, numeral 28.4 de la Norma E030 diseño sismorresistente, define el cálculo del período fundamental de vibración mediante lo siguiente:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

¹ Aprobado con Resolución Ministerial N° 043-2019-VIVIENDA, fecha 11 de febrero del 2019.



- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros en las cajas de ascensores y escaleras.
b) Pórticos de acero arriostrados.

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

Alternativamente puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2)}{(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i)}}$$

Donde:

- f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.
- d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.



1.2.1.2. Estructuras de mortero armado.

Compuesto por elementos de mortero armado tales como:

- Vigas principales y secundarias.
- Columnas esquineras, excéntricas y centrales.
- Losa aligerada.

1.2.2. Análisis sísmico.

1.2.2.1. Análisis sísmico estático.

(Cutipa, 2018). Este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en los centros de masas de cada piso, en dos direcciones ortogonales. Estas fuerzas se obtienen distribuyendo en cada nivel, la fuerza cortante en la base de la estructura, calculada a partir de los parámetros definidos líneas atrás. En este análisis no es necesario el cálculo del período fundamental de vibración de una manera precisa, ya que los códigos establecen fórmulas aproximadas para la estimación del mismo.

El artículo 28° de la norma técnica E030 diseño sismorresistente plantea lo siguiente:

Artículo 28. Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

28.1. Generalidades.

Este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de edificación.



Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1. En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares, según el artículo 19, de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

28.2. Fuerza Cortante en la Base.

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$$

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

28.3. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{i=1}^n P_i(h_i)^k}$$



Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5T) \leq 2,0$.

1.2.2.2. Análisis sísmico dinámico.

(Cutipa, 2018). En este tipo de análisis los códigos permiten el Análisis Modal Espectral, y el Análisis Tiempo – Historia, para cualquier edificación. El primero de ellos es el más utilizado y consiste en la aplicación de las fuerzas sísmicas a la estructura, deducidas en base a un espectro de aceleraciones. Este método implica el uso simultáneo de modos de vibrar, pero en la mayoría de códigos se establece como requisito que se considere al menos un número de modos, tal que se garantice que el 90% de las masas efectivas de la estructura participen en el cálculo de la respuesta, para cada dirección horizontal principal. La respuesta hallada para cada modo, debe ser combinada luego por algún criterio de combinación, como por ejemplo la combinación cuadrática completa (CQC) o la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (RCSC).

El artículo 29° de la norma técnica E030 diseño sismorresistente plantea lo siguiente:

Artículo 29. Análisis Dinámico Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.



29.1. Modos de Vibración

Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

29.2. Aceleración Espectral

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

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

Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los $\frac{2}{3}$ del espectro empleando para las direcciones horizontales, considerando los valores de C , definidos en el artículo 14, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 T_p$) en la que se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

29.3. Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se puede obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como la fuerza cortante en la



base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) puede determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_i}$$

Donde r representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas, los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{(8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^3)^2}{(1 + \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

β , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

$\omega_i \omega_j$ son las frecuencias angulares de los modos i, j

Alternativamente, la respuesta máxima puede estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

Para el cálculo del análisis sísmico, se utilizarán complementariamente los valores descritos en las tablas N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente.



1.2.3. Método de Rayleigh.

1.2.3.1. Aplicación del método de Rayleigh al cálculo de períodos.

(Chopra, 2014). El método de Rayleigh se basa en el principio de Rayleigh: “La frecuencia de vibración de un sistema vibratorio conservativo sobre una posición de equilibrio tiene un valor estacionario en el vecindario de un modo natural. Este valor estacionario, es de hecho, un valor mínimo en el vecindario del modo natural fundamental.

Considere las expresiones de energía cinética y potencial de un sistema discreto de n grados de libertad en forma matricial:

$$V = \frac{1}{2} \vec{x}^T [k] \vec{x}$$

$$T = \frac{1}{2} \dot{\vec{x}}^T [m] \dot{\vec{x}}$$

Para encontrar las frecuencias naturales del sistema conservativo, asumiremos movimiento armónico:

$$\vec{x} = \vec{X} \cos \omega t$$

Donde X denota al vector de amplitudes (modos de amplitudes) y ω representa la frecuencia natural de vibración. Al ser el sistema conservativo:

$$\frac{d(E.C. + E.P.)}{dt} = 0 \rightarrow E.C. + E.P. = \text{constante}$$

Consecuentemente:



$$V_{max} = T_{max}$$

$$\frac{1}{2} \dot{\vec{x}}^T [k] \dot{\vec{x}} = \frac{1}{2} \dot{\vec{x}}^T [m] \ddot{\vec{x}}$$

$$\vec{X}^T [k] \vec{X} = \omega^2 \vec{X}^T [m] \vec{X}$$

$$\omega^2 = \frac{\vec{X}^T [k] \vec{X}}{\vec{X}^T [m] \vec{X}}$$

Aquí el término de la derecha se conoce como coeficiente de Rayleigh y es denotado como $R(X)$.

$R(X)$ tiene un valor estacionario cuando el vector arbitrario X está en el vecindario de cualquier eigenvalor $X(r)$. Para probar esto, expresaremos el vector arbitrario X en términos de los modos normales del sistema $X(i)$:

$$\vec{X} = c_1 \vec{X}^{(1)} + c_2 \vec{X}^{(2)} + \dots + c_n \vec{X}^{(n)}$$

Por lo tanto:

$$\vec{X}^T [k] \vec{X} = c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [k] \vec{X}^{(1)} + c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [k] \vec{X}^{(2)} + \dots$$

Ya que producto de la ortogonalidad de los modos, cuando $i \neq j$:

$$\vec{X}^{(i)T} [k] \vec{X}^{(j)} = \vec{X}^{(j)T} [k] \vec{X}^{(i)} = 0$$

De igual forma:

$$\vec{X}^T [m] \vec{X} = c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [m] \vec{X}^{(1)} + c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [m] \vec{X}^{(2)} + \dots$$

Consecuentemente:

$$\begin{aligned} \omega_1^2 c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [m] \vec{X}^{(1)} + \omega_2^2 c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [m] \vec{X}^{(2)} + \dots \\ = c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [k] \vec{X}^{(1)} + c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [k] \vec{X}^{(2)} + \dots \end{aligned}$$

Lo que puede ser remplazado en el coeficiente de Rayleigh:

$$\omega^2 = R(\vec{X}) = \frac{\omega_1^2 c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [m] \vec{X}^{(1)} + \omega_2^2 c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [m] \vec{X}^{(2)} + \dots}{c_1^2 \vec{X}^{(1)T} [m] \vec{X}^{(1)} + c_2^2 \vec{X}^{(2)T} [m] \vec{X}^{(2)} + \dots}$$

Si los modos normales son normalizados:

$$\vec{X}^{(i)T} [m] \vec{X}^{(i)} = [I]:$$

$$\omega^2 = R(\vec{X}) = \frac{\omega_1^2 c_1^2 + \omega_2^2 c_2^2 + \dots}{c_1^2 c_2^2 + \dots}$$

$$\omega^2 = R(\vec{X}) = \frac{\omega_1^2 c_1^2 + c_r^2 \sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right) \omega_i^2}{c_r^2 c_r^2 + \sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right)}$$

$$\omega^2 = R(\vec{X}) = \frac{\omega_r^2 + \sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right) \omega_i^2}{1 + \sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right)}$$

En vista de que $c_i/c_r = \varepsilon_i \ll 1$, donde ε_i es un número pequeño para todo $i \neq r$ se tendrá que:

$$\omega^2 = R(\vec{X}) \cong \omega_r^2 \left[1 + \sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right) \frac{\omega_i^2}{\omega_r^2} \right]$$



Sí se define que:

$$\sum_{\substack{i=1,2,\dots \\ i \neq r}} \left(\frac{c_i^2}{c_r^2} \right) \frac{\omega_i^2}{\omega_r^2} = 0(\varepsilon^2)$$

1.2.3.2. Problema estándar de eigen valores – método de Rayleigh.

En la clase anterior, el problema de valores característicos fue expresado como:

$$[k] - \omega^2[m]\vec{X} = 0$$

Lo cuál puede ser re escrito en la forma estándar del problema de eigen valores:

$$\lambda[I]\vec{X} = [D]\vec{X}$$

Asumiendo que la matriz $[k]$ es simétrica y positiva, se puede emplear la descomposición de Choleski y expresar $[k]$ como:

$$[k] = [U]^T[U]$$

Donde $[U]$ es una matriz triangular superior. Utilizando esta relación, el problema de eigen valores puede ser expresado como:

$$\lambda[U]^T[U]\vec{X} = [m]\vec{X}$$

Multiplicando a ambos lados por $([U]^T)^{-1}$:

$$\begin{aligned} \lambda[U]^T[U]\vec{X}([U]^T)^{-1} &= [m]\vec{X}([U]^T)^{-1} \\ \lambda[U]\vec{X} &= [m]\vec{X}([U]^T)^{-1} = [m]\vec{X}([U]^T)^{-1}[U][U]^{-1} \end{aligned}$$



Definiendo al vector $\vec{Y} = [U]\vec{X}$ se tendrá que:

$$\lambda\vec{Y} = [m]\vec{Y}([U]^T)^{-1}[U]^{-1}$$

Recordando que:

$$[D] = [k]^{-1}[m]$$

Y observando que:

$$[k]^{-1} = ([U]^T)^{-1}[U]^{-1}$$

$$\lambda\vec{Y} = [D]\vec{Y}$$

Por lo que:

$$[D] = ([U]^T)^{-1}[U]^{-1}[m]$$

Una vez se obtiene: \vec{Y}, \vec{X}

Se determinará de la siguiente forma:

$$\vec{X} = \vec{Y}[U]^{-1}$$



1.3. Definición de términos básicos².

Análisis modal: es el proceso de determinación de las características dinámicas inherentes a un sistema mecánico y necesario para la posterior formulación de un modelo matemático del comportamiento dinámico de dicho sistema.

Desplazamiento estático: es el desplazamiento que tendría lugar en un sistema de un grado de libertad de rigidez k y sometido a la acción de una carga f_0 aplicada estáticamente (frecuencia de excitación $\omega = 0$). Su valor es: f_0/k .

Excitación sísmica: se dice que se está ante un caso de excitación sísmica cuando las vibraciones de un sistema mecánico analizado no vienen generadas por la aplicación externa de unas cargas exteriores que sean función conocida del tiempo, sino por unos movimientos conocidos (al menos hasta cierto punto) del soporte o base sobre la que se encuentra el sistema.

Factor de amplificación dinámica: es la relación existente entre la amplitud de las vibraciones de un sistema de un grado de libertad sometido a una excitación de tipo armónico y el desplazamiento estático (cuando la carga es aplicada estáticamente).

Frecuencia natural: En sistemas mecánicos de 1 gdl es la frecuencia del movimiento armónico que resulta al introducir un desplazamiento y/o una velocidad inicial a un sistema de un grado de libertad, que está en posición de equilibrio, y dejarlo vibrar libremente sin amortiguamiento (problema de vibraciones libres no amortiguadas).

² (Anón s. f.:14) Fueron tomados de: Tema 1-Notación y Definiciones, Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales. Disponible: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/assignaturas/emyv/vib/vib_Notación.pdf



Grados de libertad: o coordenadas generalizadas de un sistema mecánico son los parámetros independientes que definen la posición y la configuración deformada de dicho sistema.

Matriz de rigidez: Está constituida por los coeficientes de rigidez k_{ij} , fuerza que hay que aplicar según el grado de libertad i para producir un desplazamiento unidad según el grado de libertad j , y cero según todos los demás grados de libertad.

Modo natural de vibración: los modos naturales de vibración de un sistema mecánico no son otra cosa sino los posibles movimientos armónicos que pueden tener lugar en el sistema en condiciones de excitación nula.

Ondas primarias (P): las ondas P (primarias) son ondas longitudinales, lo cual significa que el suelo es alternamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación.

Ondas secundarias (S): las ondas S (secundarias) son ondas transversales o de corte, lo cual significa que el suelo es desplazado perpendicularmente a la dirección de propagación, alternadamente hacia un lado y hacia el otro.

Ondas de Rayleigh: cuando un sólido posee una superficie libre, como la superficie de la tierra, pueden generarse ondas que viajan a lo largo de la superficie.

Ondas de love: estas se generan sólo cuando un medio elástico se encuentra estratificado, situación que se cumple en nuestro planeta pues se encuentra formado por capas de diferentes características físicas y químicas.



Resonancia: se dice que un sistema está en condición de resonancia o que tiene lugar un fenómeno de resonancia, cuando la frecuencia de la excitación que actúa sobre el mismo (ω) coincide con alguna de sus frecuencias naturales.

Sismos Tectónicos: Son aquellos producidos por la interacción de placas tectónicas. Se han definido dos clases de estos sismos: Los interplaca, ocasionados por una fricción en las zonas de contacto entre las placas, de la manera descrita anteriormente, y los intraplaca que se presentan lejos de los límites de placas conocidos.

Sismos volcánicos: Estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionadas principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma. Este tipo de sismos generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores.

Sismos de Colapso: Son los producidos por derrumbamiento del techo de cavernas y minas. Generalmente estos sismos ocurren cerca de la superficie y se llegan a sentir en un área reducida.

Sismo oscilatorio: este tipo de sismos se producen por ondas que se expanden en distintas direcciones. La sensación que genera al cuerpo humano es como estar en una balsa dentro del agua.

Sismos trepidatorios: este tipo de sismos generan un desplazamiento que produce movimientos verticales, es por esta razón que los objetos parece que saltaran.



Vibraciones aleatorias: vibraciones que tienen lugar debido a la aplicación sobre el sistema de unos esfuerzos exteriores de los que, como mucho, todo lo que se puede aspirar a conocer es algunos valores estadísticos tales como su valor medio, su varianza, su composición en frecuencia, etc.

Vibraciones forzadas: vibraciones que tienen lugar debido a la presencia de fuerzas exteriores variables con el tiempo actuando sobre el sistema- $f(t) \neq 0$.

Cemento: es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua.

Arena: es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de tamaño pequeño.

Módulo elástico estático: éste módulo es la rigidez relativa de un material.

Módulo elástico dinámico: es la propiedad que tiene un material para recuperar su tamaño y forma original después de ser comprimido o estirado por una fuerza externa.

Rigidez estructural: La rigidez de las estructuras, es la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones, así como también, la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente.

2. CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. Descripción del problema.

El sistema estructural de la IEMPS N° 60544-Elías Aguirre Romero del centro poblado San Joaquín de Omaguas tuvo por objetivo principal la seguridad y estabilidad de todos sus componentes, para el análisis estructural se consideró las cargas de gravedad y las cargas sísmicas a la que es sometida la estructura durante su vida útil; por las condiciones de ubicación de bajo riesgo sísmico, zona II en el planteamiento estructural de las estructuras se han proyectado pórticos de mortero armado.



Gráfico n° 01: ubicación de la IEMPS N° 60544-Elías Aguirre Romero del centro poblado San Joaquín de Omaguas.

Uno de los métodos más usados para el cálculo del período fundamental de vibración es el de Rayleigh, su desarrollo se basa en la ley de la conservación de la energía, permitiendo de esta manera analizar sistemas de múltiples grados de libertad como un sistema equivalente de un grado de libertad en función de una sola coordenada generalizada³.

³ Espinoza Guerra, F.R. Método analítico para la determinación del período fundamental de vibración del método de Rayleigh en base al cálculo de rigidez del método de Wilbur. 2016. Pág. 57.



La metodología empírica para el cálculo del período fundamental de una estructura delimita el período fundamental de vibración a un valor que se estima es el más crítico para un sistema estructural determinado, acorde a su altura y tipos de material. Este período define la aceleración de respuesta espectral para el cálculo de corte basal (**Espinoza, 2016**).

El mismo autor describe lo siguiente: la metodología analítica para el cálculo del período fundamental de vibración de Rayleigh presente un cálculo más certero de la vibración armónica simple, las formas en que puede darse la vibración de una estructura pueden presentarse fuera de este tipo de movimiento, por lo que es de gran importancia realizar el análisis dinámico correspondiente para un diseño sismo resistente más completo y real.

El problema de calcular el período fundamental de vibración de una estructura de edificio es de gran importancia para el diseño sísmico de las estructuras ya que de no hacerlo se corre el riesgo de que el sistema suelo-estructura se encuentre dentro del rango en el cual ocurre el fenómeno de resonancia, propiciando efectos destructivos en la estructura, como resultado de la amplificación de acciones que genera la resonancia. Este parámetro es determinante en el comportamiento dinámico de las estructuras, por estas razones es importante calcular su magnitud, con la mejor precisión posible. El período fundamental de vibración de las estructuras depende de sus propiedades geométricas y dinámicas. El cálculo del período fundamental de vibración de la estructura se realiza para saber si el cálculo de las fuerzas sísmicas que se emplean para el diseño puede ser menor. Con ello se reduce el refuerzo que debe tener la estructura, resultando todo esto en un diseño más económico. El valor de este parámetro es muy sensible a las variaciones de las propiedades citadas (**Hernández, 2002**).

Para estimar los períodos de vibración de estructuras es posible utilizar dos técnicas de identificación: (a) técnicas no paramétricas que consisten en determinar las características del sistema estructural con base en análisis espectrales convencionales de pruebas de vibración ambiental y, (b) técnicas paramétricas donde se establece un modelo numérico simplificado y se



estiman los valores de los parámetros estructurales necesarios para producir una buena correlación entre la respuesta medida y la calculada **(Carrillo, 2009)**.

Las cargas que afectan las edificaciones durante un evento sísmico son la prueba más crítica para sus estructuras. Durante un corto período de tiempo la tierra vibra por efecto de la energía que se libera súbitamente y se transmite por los estratos del terreno. La vibración del suelo se transmite a las edificaciones a través de la cimentación. Las edificaciones pasan bruscamente del estado de reposo en que se encuentran soportando principalmente cargas gravitacionales verticales a sufrir un movimiento vibratorio, que le genera cargas dinámicas actuando en todas las direcciones, siendo las componentes horizontales las más críticas pues en esa dirección las construcciones empotradas en sus cimientos actúan como voladizos. Las edificaciones de un piso al tener una sola masa vibran solamente de un solo modo, la masa desplazándose a cada lado de la vertical **(Caicedo, 2014)**.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

- ¿Cómo influye el período fundamental de vibración en la estructura de mortero armado de la IEMPS N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación en el período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPMS N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021,



empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente?

- ¿Qué impacto causa las fuerzas horizontales sísmicas en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021?
- ¿Cumple las condiciones mínimas de diseño sismorresistente las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021 en relación a la Norma Nacional E030?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021.

2.3.2. Objetivos específicos

- Calcular la variación en el período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto – 2021, empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente.
- Determinar el impacto que causa las fuerzas horizontales sísmicas en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021.
- Verificar el cumplimiento de las condiciones mínimas de diseño sismorresistente en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021, en relación a la Norma Nacional E030.



2.4. Alcances y limitaciones.

- En la presente investigación se está considerando el módulo de elasticidad que establece la Norma E060 Concreto Armado, no obstante, existen investigaciones iniciales que indican que el módulo del concreto (cemento/arena), que es el caso, esta por no más de los $13,000 * \sqrt{f'c}$.
- El desplazamiento es función de la relación $\frac{T_o}{T}$, sin embargo, en la presente investigación nos referimos a la influencia del período fundamental de la estructura.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general.

- El período fundamental de vibración influye significativamente en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021.

2.5.2. Hipótesis específicas.

- La variación en el cálculo del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021, empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente muestran una diferencia significativa.
- Las fuerzas horizontales sísmicas causan un impacto significativo en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021.

- Las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas cumple las condiciones mínimas de diseño sismorresistente en relación a la Norma Nacional E030.

2.6. Variables

2.6.1. Identificación de variables

LA VARIABLE INDEPENDIENTE (X):

- Período fundamental de vibración.

LA VARIABLE DEPENDIENTE (Y):

- Estructuras de mortero armado.

2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables

Tabla n° 01: definición conceptual e indicadores

Variables	Definición conceptual	Indicadores
Período fundamental de vibración.	Es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural	Velocidad angular
		Período
Estructuras de mortero armado.	Son sistemas estructurales conformados por vigas, columnas, losas y cimientos, capaces de soportar cargas vivas, muertas, y producida por eventos externos (sismos, vientos, vibraciones mecánicas, etc.).	Fuerzas sísmicas

Fuente: elaboración propia.



2.6.3. Operacionalización de las variables.

Tabla n° 02: operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Índices
Período fundamental de vibración.	Es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural	Velocidad angular	Rad/seg.
		Período	Seg.
Estructuras de mortero armado.	Son sistemas estructurales conformados por vigas, columnas, losas y cimientos, capaces de soportar cargas vivas, muertas, y producida por eventos externos (sismos, vientos, vibraciones mecánicas, etc.).	Fuerzas sísmicas	Ton.
		Derivas máximas	Cm.

Fuente y elaboración: propia, tabla n° 01.



3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación.

3.1.1. Nivel de investigación.

La investigación de acuerdo al nivel de conocimiento pertenece a una investigación descriptiva.

El estudio pertenece al enfoque cuantitativo de investigación porque las preguntas de investigación versaron sobre cuestiones específicas, porque se revisó investigaciones anteriores, y se sometió a prueba la hipótesis mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados; porque se usó la recolección de datos para la prueba de hipótesis con base en la medición numérica, el análisis estadístico y análisis sísmico.

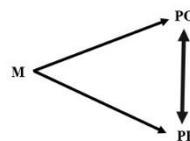
3.1.2. Tipo de investigación.

Se trató de una investigación de tipo sustantiva básica no experimental, porque se basará en el problema que afecta directamente a la variable dependiente como es el período fundamental de vibración.

3.1.3. Diseño de investigación.

El diseño corresponde a un estudio no experimental que determinó gráficamente el diseño corresponde al descriptivo de la siguiente manera:

Esquema:



M: Meta poblacional de investigación.

PO: Población observada anteriormente.

PI: Población actual de investigación.



3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

Conformado por todas las unidades del centro educativo IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas.

3.2.2. Muestra

La muestra se determinó por el conjunto de sistemas estructurales que conforman el centro educativo N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas.

3.3. Técnicas, Instrumentos y Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para la técnica de recolección de datos se empleó fuentes secundarias con la revisión de documentos, informes, publicaciones, libros sobre el tema investigado.

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento de recolección de datos utilizado en la presente investigación fue la plantilla de metrados de cargas empleado para el cálculo de pesos de la edificación por nivel.



3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos

Para la técnica de recolección de datos se utilizó fuentes secundarias con la revisión de documentos, informes, planos de arquitectura y estructuras, reglamento nacional de edificaciones, se complementó con el uso de información existente en la Municipalidad Provincial de Loreto – Nauta a través de la Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano. La recolección de los datos se sometió a la validez y confiabilidad de los resultados.

Ética.

En el desarrollo de la tesis hicimos el uso de la ética y el respeto de los derechos intelectuales, y en el uso de la información se citó a los autores.

Además, la información que se recolectó a través del cuestionario es de carácter anónimo, confidencial y privado, que representa a las personas informantes.

3.4. Procesamiento y análisis de Datos.

3.4.1. Aspectos generales del proyecto⁴.

Ubicación.

- Departamento : Loreto.
- Provincia : Loreto.
- Distrito : Nauta.
- Centro Poblado : San Joaquín de Omaguas.

⁴ Datos obtenidos del expediente técnico del proyecto, proporcionado por la Gerencia de Infraestructura y desarrollo urbano de la Municipalidad Provincial de Loreto Nauta.



Descripción arquitectónica.

- Uso : Institución Educativa.
- Número de pisos : 02.
- Área total : 2,912.43 m².
- Área techada por nivel : 2,184.32 m².
- Área desocupada : 728.11 m².

Detalles de la estructura.

- Sistema estructural : pórticos de mortero armado.
- Losa de entrepiso : aligerado (un sentido).

Mortero.

- Resistencia a la compresión (f'_c) : 210 kg/cm².
- Peso específico : 2,400.00 kg/cm³.
- Módulo de elasticidad : 217,370.6512 kg/cm².

Acero.

- Tipo : corrugado (ASTM A605 – G ° 60)
- Fluencia : 4,200.00 kg/cm².
- Módulo de elasticidad (E) : 2×10^6 kg/cm².

Características geotécnicas del suelo.

- Profundidad de Cimentación $D_f = 1.60\text{m}$ y $D_f = 1.80\text{m}$, hasta conseguir terreno apto para cimentaciones.
- Capacidad de Carga del Terreno: $\sigma_t = 0.76 \text{ Kg/cm}^2$.
- Asentamiento Diferencial: Distorsión angular menor a 1/500
- Agresividad del suelo: No detectada.
- Nivel de la Napa Freática: según información proporcionada por el peticionario, no se ha detectado la napa freática en la profundidad de exploración de campo.

3.4.2. Planos arquitectónicos.

El plano en planta del proyecto se muestra a continuación:

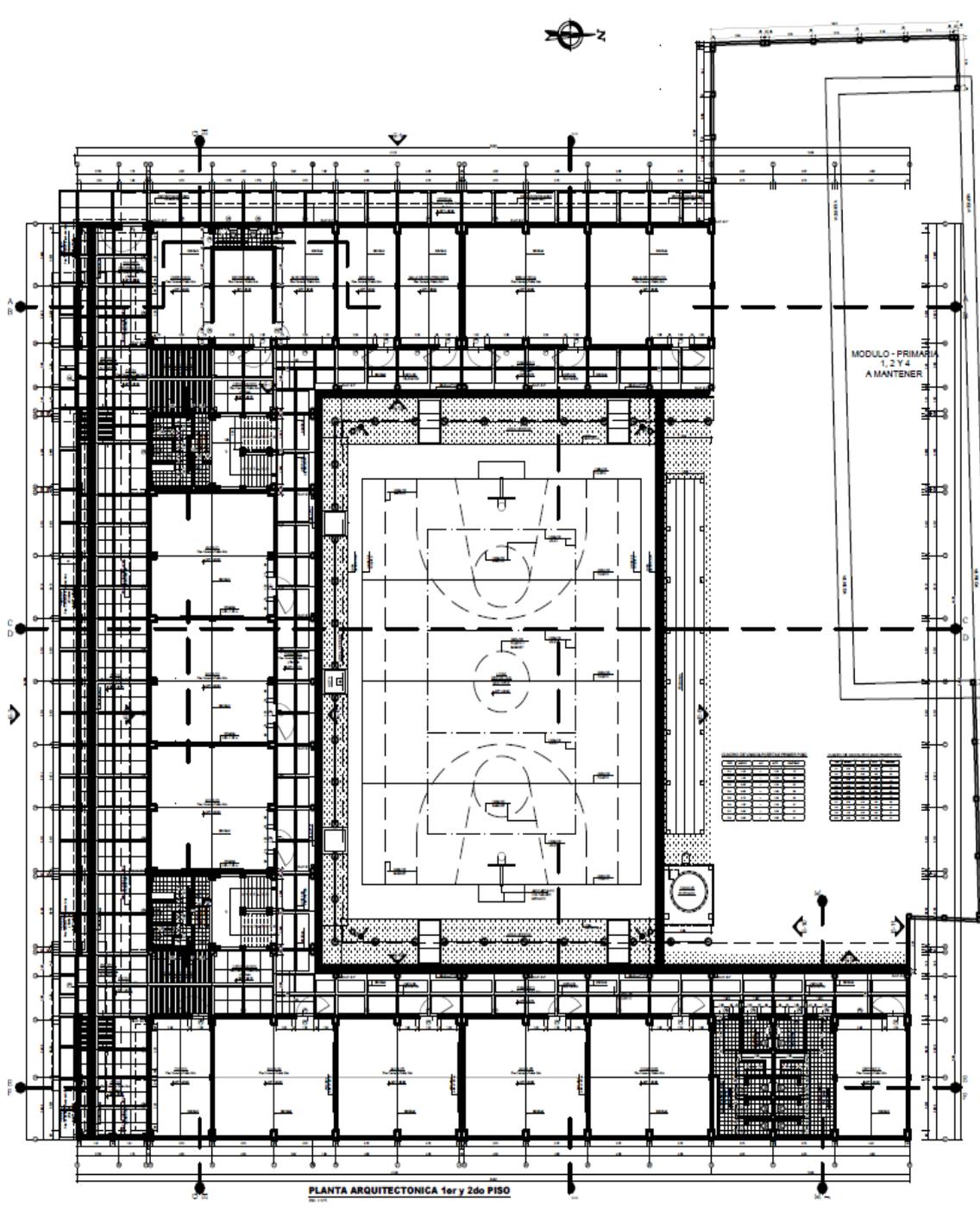


Gráfico n° 02: distribución en planta de la IEMPS N° 60544-Elías Aguirre Romero del centro poblado San Joaquín de Omguas.



3.4.3. Predimensionamiento de elementos estructurales.

3.4.3.1. Vigas principales y secundarias.

La estructuración de la edificación es tipo pórtico, con vigas continuas como principales y secundarias. Las vigas soportarán la carga de la losa aligerada.

Del capítulo 4 de la Norma E-060, en el inciso 10.4, peraltes mínimos para no verificar deflexiones, en vigas que forman pórticos, cuando se cumple la siguiente relación:

Vigas principales

$$h = \frac{L}{12}$$

Vigas secundarias

$$h = \frac{L}{14}$$

Dónde:

h: Peralte de la Viga (m)

ln: Luz libre de la viga (m)

Del cual obtuvimos el siguiente resultado:

Viga	Base (b)	Peralte (h)
Principal	0.30 m	0.40 m
Secundaria	0.25 m	0.30 m

3.4.3.2. Columnas.

Las columnas están sometidas a carga axial y momento flector, por lo que tienen que ser dimensionadas considerando ambos efectos.



En este caso se usó el siguiente criterio:

$$A_g = \frac{P}{n f'c}$$

Donde:

P: carga total que soporta la columna (kg).

N: valor que depende del tipo de columna.

P_g: peso total de las cargas de gravedad (kg).

f'_c: resistencia del concreto (kg/cm²).

TIPO C-1 Para los primeros pisos	Columna Interior	P = 1.10 PG
	N < 3 pisos	n = 0.30
TIPO C-1 Para los últimos pisos superiores	Columna Interior	P = 1.10 PG
	N > 4 pisos	n = 0.25
TIPO C-2 y C-3	Columna extrema de pórticos exteriores	P = 1.25 PG
		n = 0.25
TIPO C-4	Columna de esquina	P = 1.50 PG
		n = 0.20

a. Metrado de cargas.

Viga principal	13,200.00	kg
Viga secundaria	281.88	kg
Peso propio de la columna	3,132.00	kg
Peso de ladrillo	1,441.80	kg
Peso del techo y cielorraso	3,091.77	Kg
Total	21,147.45	Kg

Del cual obtenemos una sección de columna de 0.30 m x 0.30 m.



3.4.3.3. Losa aligerada.

El peralte de las losas aligeradas se prediseñan de acuerdo al siguiente criterio:

$$H = L_n/25$$

Siendo:

L_n = longitud o luz de lado menor de la losa aligerada (que va en dirección de las viguetas).

LUZ MENOR	ESPESOR DE LOSA	LADRILLO
4 m	17 cm	12 cm
5 m	20 cm	15 cm
6 m	25 cm	20 cm
7 m	30 cm	25 cm

H = altura de la losa aligerada incluyendo los 5 cm de losita (losa superior) y el espesor del ladrillo de techo. El prediseño de losa aligerada tendrá la siguiente característica:

Del cual, con una luz de 4.00 m obtenemos un peralte de 0.16 m, para mayor seguridad estructural se planteó lo siguiente:

Ítem	Peralte (H)
Losa aligerada	0.20 m



3.4.4. Metrado de cargas.

De lo descrito en la norma técnica E020 cargas, se determinó las cargas, estos valores a su vez fueron ingresados al programa ETABS 19.0, tenemos lo siguiente:

Primer nivel.

Carga muerta:

- Losa: 300 kg/m².
- Piso terminado: 100 kg/m².

Carga viva:

- Aulas: 250 kg/m².
- Pasadizo: 100 kg/m².

Segundo nivel.

Carga muerta:

- Piso terminado: 100 kg/m².

Carga viva:

- Peso de techo: 100 kg/m².

3.4.5. Modelamiento de la estructura.

Definido aspectos generales del proyecto, predimensionamiento de elementos estructurales y metrados de cargas, se procedió a plantear el modelo matemático en el programa ETABS 19, el procedimiento es el siguiente:

3.4.5.1. Definición de material.

En la ventana “Material Property Data” se ingresó toda la información indicada en el ítem 3.4.1, con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

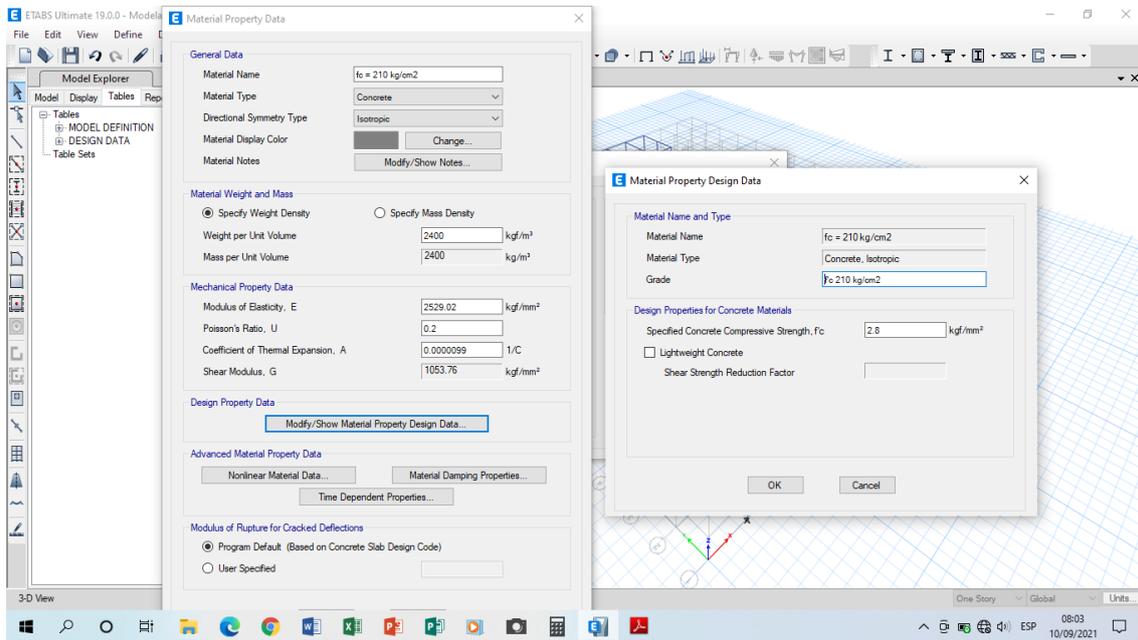


Gráfico n° 03: definición de propiedad de materiales en el ETABS 19.

a. Creación de elementos lineales.

El programa ETABS 19, define a elementos lineales vigas y columnas, lo cuales de acuerdo al predimensionamiento se obtuvieron las siguientes secciones:

Elementos	Variable	Sección (m ²)
Viga principal	VP	0.30 x 0.40
Viga secundaria	VS	0.25 x 0.30
Columna	C-1	0.30 x 0.30

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VP

Material: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 400 mm

Width: 300 mm

Property Modifiers: Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK
Cancel

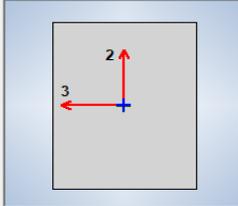


Gráfico n° 04: definición de sección viga principal.

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VS

Material: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 300 mm

Width: 250 mm

Property Modifiers: Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK
Cancel

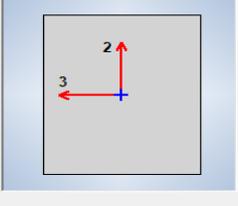


Gráfico n° 05: definición de sección viga secundaria.

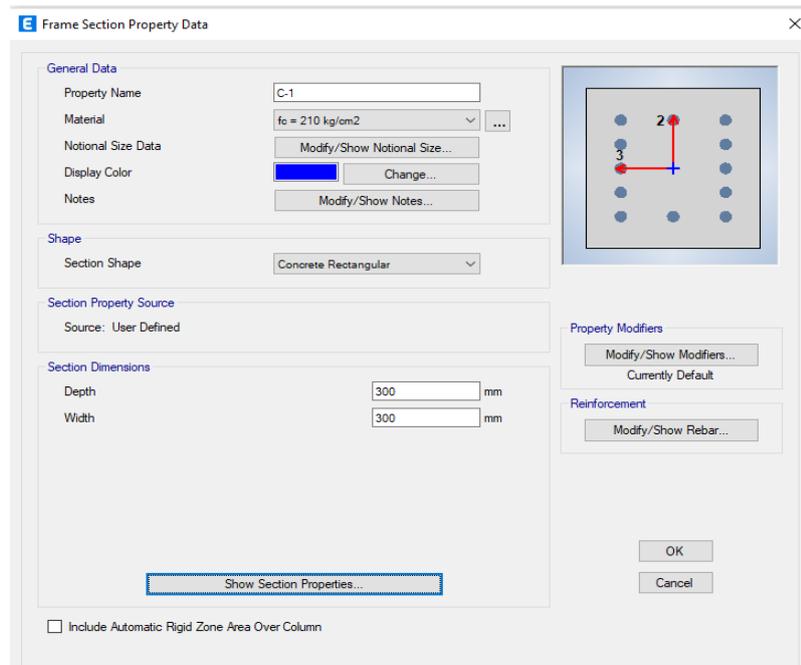


Gráfico n° 06: definición de sección columna.

b. Creación de elementos de área.

La creación del elemento de área corresponde a la losa aligerada, el cual, el programa ETABS 19 lo define como “Slab Properties”, el predimensionamiento no arrojó el resultado mm siguiente:

Elemento	Variable	Dimensión (m)
Losa aligerada en 1 dirección	Losa 1 Dir.	0.20

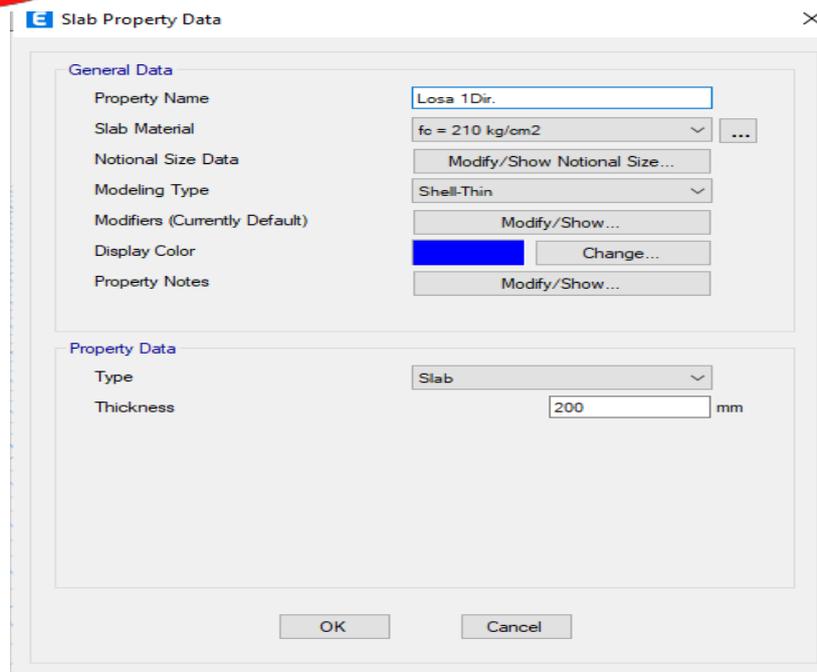


Gráfico n° 07: definición de dimensión losa aligerada.

3.4.5.2. Modelo estructural.

Una vez definido la propiedad del material y las dimensiones de los elementos estructurales, se definió el modelo estructural, así como otras características a fin que el modelo matemático planteado muestre una mejor respuesta ante acciones sísmicas, es el siguiente:

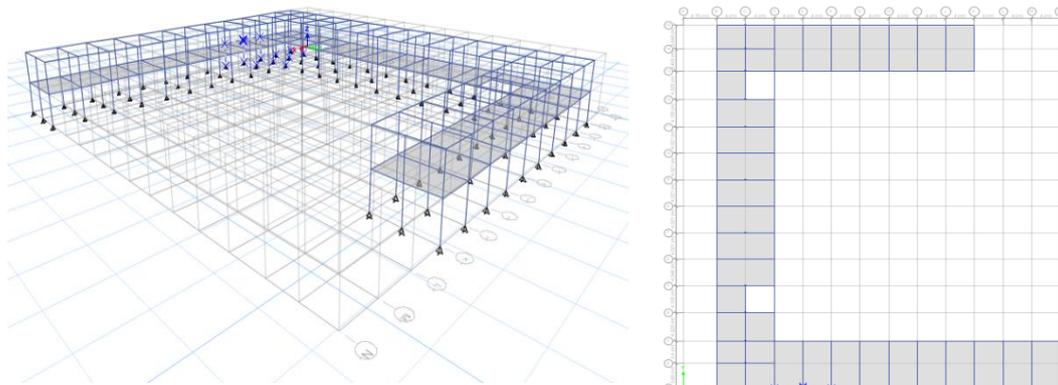


Gráfico n° 08: modelo estructural de la IEPSM Elías Aguirre Romero.

3.4.5.3. Definición y asignación de cargas.

a. Definición de cargas.

Se definió las cargas a considerar en el modelo matemático, de acuerdo a la dirección de la losa aligerada, lo siguiente:

Peso propio: lo proporciona y calcula el programa, esta con el nombre “peso propio” y es del tipo “Dead”.

Carga muerta: definido por el peso de los elementos y materiales de la edificación, el nombre definido es “CM” y es del tipo “Super Dead”.

Carga viva: definido por los elementos móviles en el edificio (escritorio, personas, meas, sillas, mobiliario, etc.), el nombre definido es “CV” y es del tipo “Reducible live”.

Carga viva de techo: definido por el peso de personas que realizan labores de cobertura, acabados, luminarias y otros, el nombre definido es “CVT” y es del tipo “Live”.

Carga sísmica estática X & Y: definido por la fuerza horizontal ocasionado por el peso total de la edificación, el nombre definido “Sismo X” y “Sismo Y” y es del tipo “Seismic”.

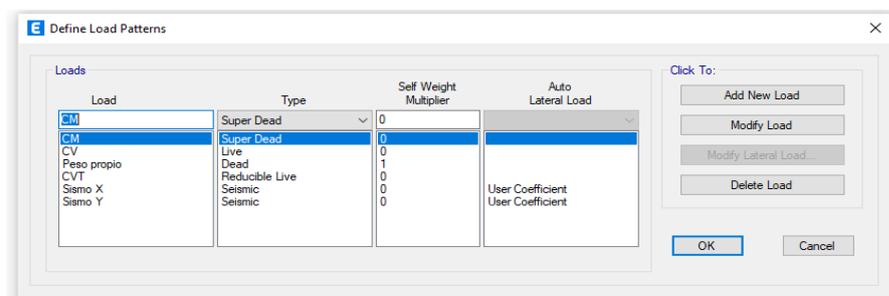


Gráfico n° 09: definición de cargas.

b. Asignación de cargas.

Las cargas vivas y muertas se le asignó a la losa aligerada, el programa ETABS 19 distribuyó las demás cargas en función a la dirección del aligerado.

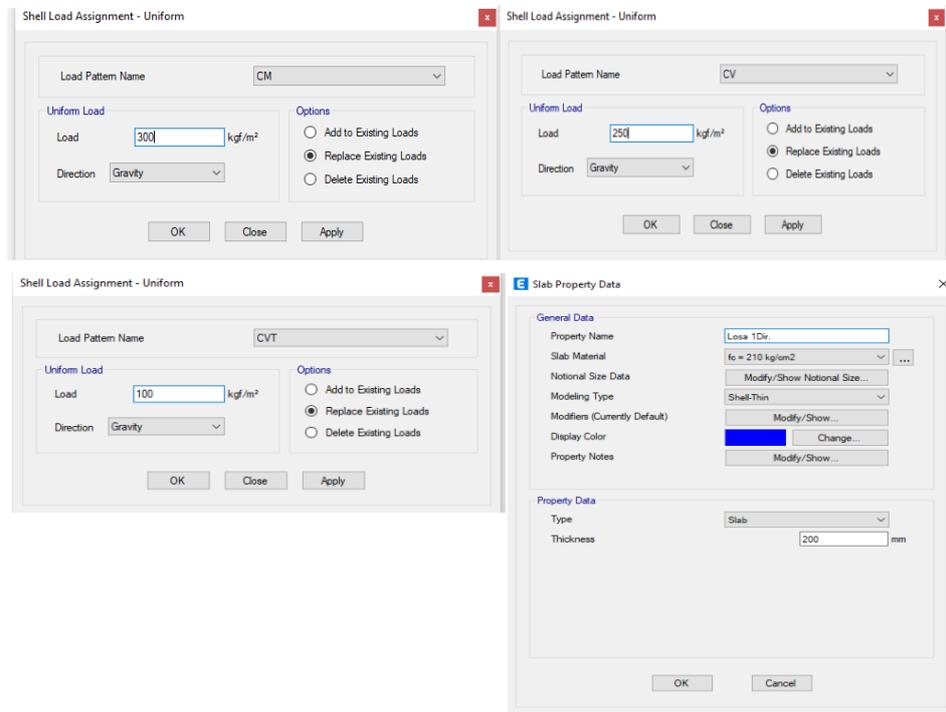


Gráfico n° 10: asignación de cargas al modelo estructural.

3.4.5.4. Cálculo de peso sísmico de la edificación.

En el programa ETABS 19 se realizó el cálculo del peso de la edificación mediante el siguiente procedimiento:

Artículo 26. Estimación del peso (P). El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:



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

El uso de la edificación es de una Institución Educativa, de acuerdo a la tabla n° 03 de la norma técnica E030 diseño sismorresistente, es del tipo A (A2), se tiene lo siguiente:

Tabla n° 03
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR
U

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos 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 para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. 	1,5

	- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses 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

Por lo que, la fórmula para el cálculo del peso (P) de la edificación queda definido en lo siguiente:

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

Esta ecuación se introduce al ETABS 19, a través de la definición de la masa "Mass Source, quedando establecido:

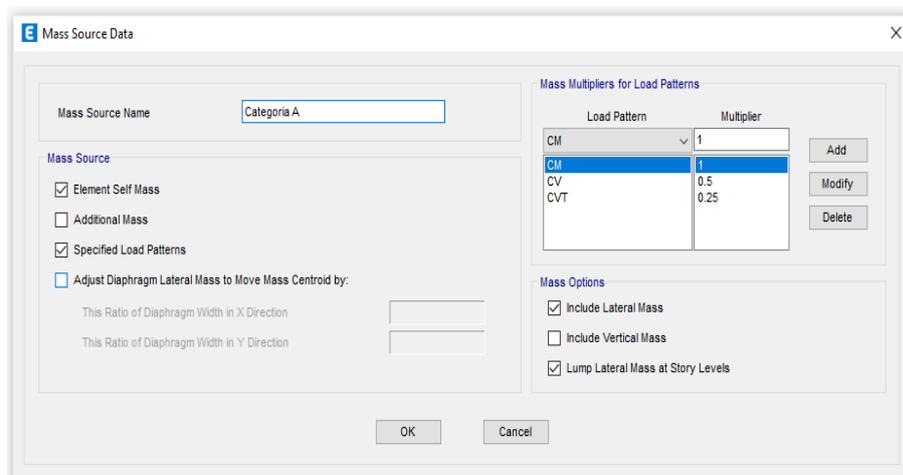


Gráfico n° 11: datos introducidos al ETABS 19 para el cálculo de P.



3.4.5.5. Incorporación del espectro de diseño.

El espectro de diseño ha sido incorporado teniendo presente el siguiente procedimiento:

Artículo 29°. Análisis dinámico modal espectral.

29.2. Aceleración espectral.

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

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

Para ello determinamos los valores de cada variable que forman parte de la fórmula anterior:

**Tabla n° 04
FACTORES DE
ZONA "Z"**

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

"Z" es el factor de zona, la edificación se encuentra en zona 2, Z = 0.25.

"S" es el factor de suelo, la mecánica de suelos del proyecto muestra un tipo S₃, es decir, de acuerdo a la tabla n° 06, S = 1.40.

Tabla n° 05
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

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

Tabla n° 06
FACTORES DE SUELO "S"

Suelo / Zona	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

"U" conocido como el factor de uso, de acuerdo a la tabla n° 03 de la norma E030, U = 1.5.

"R" es el coeficiente de reducción de fuerza sísmica, que depende del sistema estructural y el tipo de material predominante, para el caso de la edificación analizada el sistema predominante es el de pórticos de mortero armado, según la tabla n° 07, R = 8.00.

Tabla n° 07
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R ₀ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4



Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

“C” es el coeficiente de amplificación sísmica que depende del período de vibración y del tipo de suelo. De acuerdo a la norma técnica E030 diseño sismorresistente, establece lo siguiente:

Artículo 14. Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

Tabla n° 08
PERÍODOS
"TP" y "TL"

	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



Del cual se obtiene $T_P = 1.0$ s y $T_L = 1.6$ s, con lo que obtenemos el período fundamental de vibración el valor siguiente:

$$T = h_r/C_T = 7/35 = 0.20 \text{ seg.}$$

$$T_x = T_y = 0.20 < T_P = 1.0 \text{ s}$$

Entonces, $C_x = C_y = 2.5$.

El valor de $C/R \geq 0.11$, se obtiene:

$$C/R = 2.5/8 = 0.3125 \geq 0.11$$

El valor de $ZUCS/R$ es:

$$ZUCS/R = 0.16406$$

Se tiene en cuenta lo siguiente:

- Para $T \leq 0.5$ seg., $k = 1.00$
- Para $T \geq 0.5$ seg., $k = 0.75 + 0.5T \leq 2.00$

Para este caso $T < 0.5$ seg., entonces $k_x = k_y = 1.00$.

El valor de k tanto en la dirección x, y fue asignado al programa ETABS 2019, a través de lo siguiente:

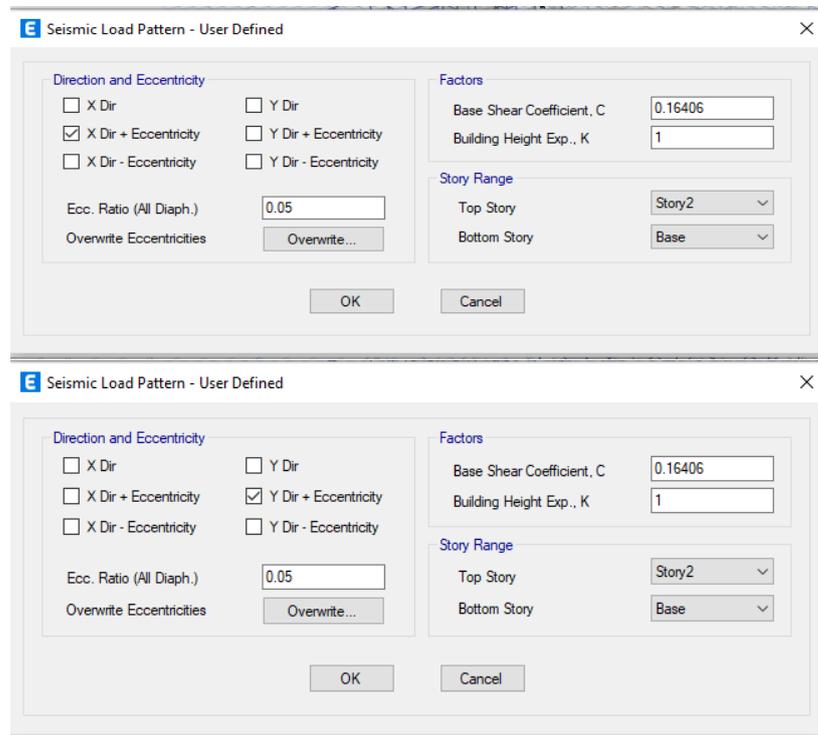


Gráfico n° 12: asignación de valores para la fuerza horizontal equivalente.

Tabla n° 09
PESO TOTAL DE LA EDIFICACIÓN.

Nivel	W (Kg)	W (Ton)
1	283,233.75	283.23
2	208,011.75	208.01
Total	491,245.50	491.25

Fuente: elaborado por la tesista.

Con lo cual, obtenemos la cortante basal:

$$V_x = V_y = 491.25 * 0.16406$$

$$V_x = V_y = 80.59 \text{ Ton}$$

Considerando los datos anteriores, se realizó en el programa ETABS 19 la asignación del espectro de diseño que es el siguiente:

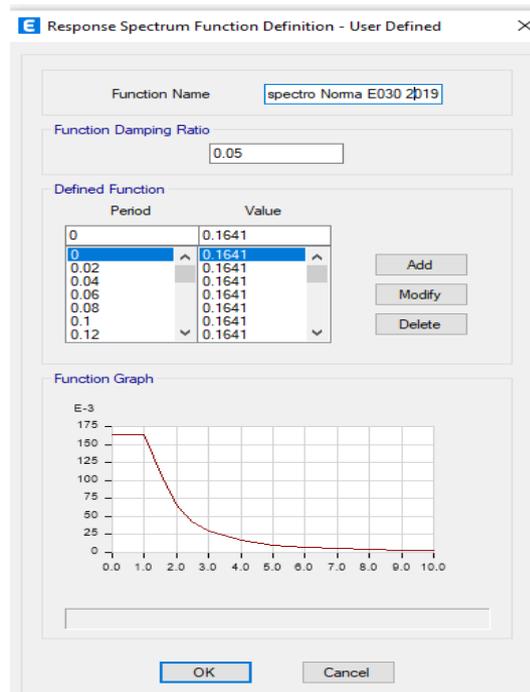


Gráfico n° 13: espectro de aceleración descrito en la norma E030.

3.4.5.6. Creación de fuentes de masa.

La creación de fuentes de masa fue establecida a lo estipulado en la norma E030 Diseño Sismorresistente.

3.4.6. Análisis sísmico.

3.4.6.1. Análisis sísmico estático.

Para el desarrollo del análisis sísmico estático, se tuvo en cuenta las variables contempladas en la norma técnica E030 Diseño Sismorresistente, cuyo resumen es el siguiente:

Tabla n° 10

VARIABLES PARA EL CÁLCULO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO

Factor	Nomenclatura	Clasificación Categoría Tipo	Valor	Justificación
Zona	Z	2	0.25	Zona sísmica 2; Loreto
Uso	U	A "Edificaciones esenciales"	1.50	Institución educativa.
Suelo	S	S ₃	1.40	Arcilla de baja plasticidad, suelo flexible.
		T _P	1.00	
		T _L	1.60	
Coeficiente básica de Reducción Sísmica Ro	R _X	Concreto armado, sistema dual	8.00	Pórticos de mortero armado.
	R _Y	Concreto armado, sistema dual	8.00	
Irregularidad	I _a		1.00	No presenta Irregularidad.
	I _p		1.00	No presenta Irregularidad.

La cortante basal en las direcciones X y Y fue calculada en el acápite anterior, el cual se obtuvo el siguiente valor $V_x = V_y = 80.59$ Ton.

Tabla n° 11

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS

Nivel	P (Ton)	H (m)	H _{acum} (m)	P*H	α	F _x * α	F _y * α
2	208.01	3.5	7	728.04	0.42344	34.12	34.12
1	283.23	3.5	3.5	991.32	0.57656	46.47	46.47
	491.25			1,719.36			

3.4.6.2. Análisis sísmico dinámico.

El análisis dinámico se realizó en el programa ETABS 19 con el espectro de diseño asignado, el cual determinó la cortante dinámica en la base, el cual es el siguiente:

Tabla n° 12
CORTANTE BASAL DINÁMICO

Dirección	V dinámico (Ton)
X-X	65.62
Y-Y	64.47

Tabla n° 13
CORTANTE BASAL ESTÁTICO Y DINÁMICO

Dirección	V estático (Ton)	0.80*V	V dinámico (Ton)	Factor	V dinámico final (Ton)
X-X	80.59	64.47	65.62	--	65.62
Y-Y	80.59	64.47	61.95	1.0407	64.47

3.4.6.3. Desplazamientos laterales relativos admisibles.

Artículo 32° de la Norma E030 Diseño Sismorresistente, establece lo siguiente:

Tabla N° 14
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO

Material Predominante	Δ/h_{ei}
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005



Tabla N° 15
VERIFICACIÓN DE DISTORSIONES ENTRE LOS NIVELES DE LA EDIFICACIÓN

Nivel	Valor ETABS		Cálculo de distorsión		Valor admisible	Verificación	
	Distorsión X	Distorsión Y	Direcc. X	Direcc. Y		Direcc. X	Direcc. Y
2	0.00528197	0.00274476	0.00100609	0.00052281	< 0.007	Cumple	Cumple
1	0.00176066	0.00091492	0.00100609	0.00052281	< 0.007	Cumple	Cumple

Tabla N° 16
PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Mode	Período
1	0.3333
2	0.2286
3	0.1768
4	0.1210

De los resultados obtenidos por el programa ETABS 2019, sobre el cálculo del periodo fundamental de vibración, se realizó el contraste de hipótesis a fin de verificar la existencia de diferencia significativa de los datos obtenidos, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla N° 17
PARÁMETROS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de Variación
0.2149	0.0082	0.0903	0.4203

H ₀	0.2	El promedio es igual a 0.20
H ₁	> 0.2	El promedio es mayor que 0.20
n	6	Muestra aleatoria
X	0.215	Valor promedio de la muestra
D	0.09	Desviación estándar
Q	95 %	Nivel de confianza
Z _t	1.645	
Z _p	= 0.404	Valor de prueba
Decisión	-->	Aceptar H₀

3.4.7. Aplicación de método de Rayleigh.

La aplicación del método de Rayleigh al cálculo del período de vibración de sistemas de varios niveles, tiene presente el principio de condensación estática, es decir, reduce las masas concentradas llevando a una sola masa por nivel.

(Chopra, 2014). El método de condensación estática se utiliza para eliminar de los análisis dinámicos aquellos grados de libertad de una estructura a los cuales se les asigna una masa cero; sin embargo, todos los grados de libertad se incluyen en el análisis estático.

En la presente investigación, la edificación ha sido idealizado como un péndulo invertido con dos grados de libertad dinámico, para el cálculo de los periodos de vibración empleando el método de Rayleigh.

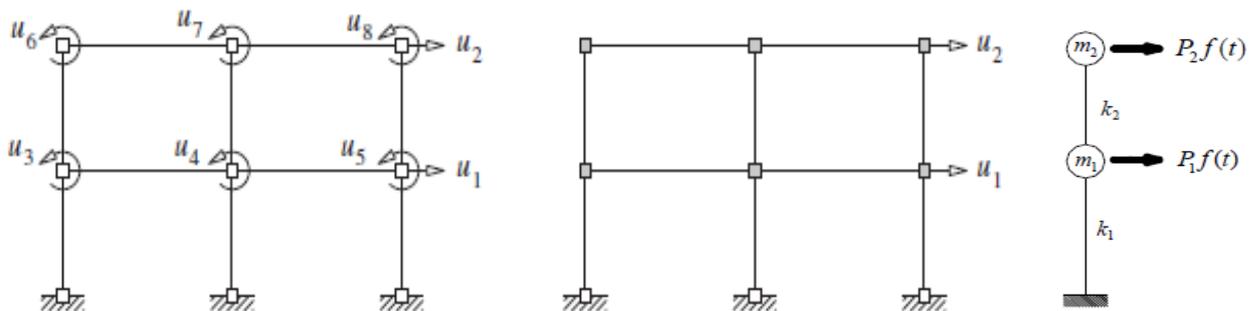


Gráfico n° 14: condensación estática aplicado a un sistema estructural.

Del metrado de cargas y la rigidez lateral por cada dirección (X e Y) obtenido a través del programa ETABS 19 es el siguiente:

Tabla N° 18
PESO Y RIGIDEZ LATERAL DE LA EDIFICACIÓN

Nivel	Peso (Ton)	Rigidez Lateral (Ton/cm)	
		X	Y
1	283.23	175.36	192.89
2	208.01	216.93	238.63

De la ecuación característica de Rayleigh:

$$[[k] - \omega^2[m]]\vec{X} = 0$$

Para $\vec{X} \neq 0$

$$[[k] - \omega^2[m]] = 0$$

En la dirección "X-X" normalizamos la matriz de masas y rigideces, obteniendo la siguiente matriz característica:

$$\begin{pmatrix} 2.237 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} 1.362 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = 0$$

Resolviendo la expresión llegamos a la ecuación siguiente:

$$1.361600 \lambda^2 - 3.598600 \lambda + 1.237000 = 0$$

Las raíces de la ecuación anterior, así como el cálculo del período de vibración muestran el resultado:



$\lambda_1 = 2.237$	$\omega_1^2 = 1680.603$	$\omega_1 = 40.995 \text{ rad/seg}$	$T_1 = 0.1533 \text{ seg}$
$\lambda_2 = 0.406$	$\omega_2^2 = 335.927$	$\omega_2 = 18.328 \text{ rad/seg}$	$T_2 = 0.3428 \text{ seg}$

En la dirección “Y-Y” normalizamos la matriz de masas y rigideces, obteniendo la siguiente matriz característica:

$$\begin{pmatrix} 1.8083 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} 1.3616 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = 0$$

Resolviendo la expresión llegamos a la ecuación siguiente:

$$1.361600 \lambda^2 - 3.169900 \lambda + 0.808300 = 0$$

Las raíces de la ecuación anterior, así como el cálculo del período de vibración muestran el resultado:

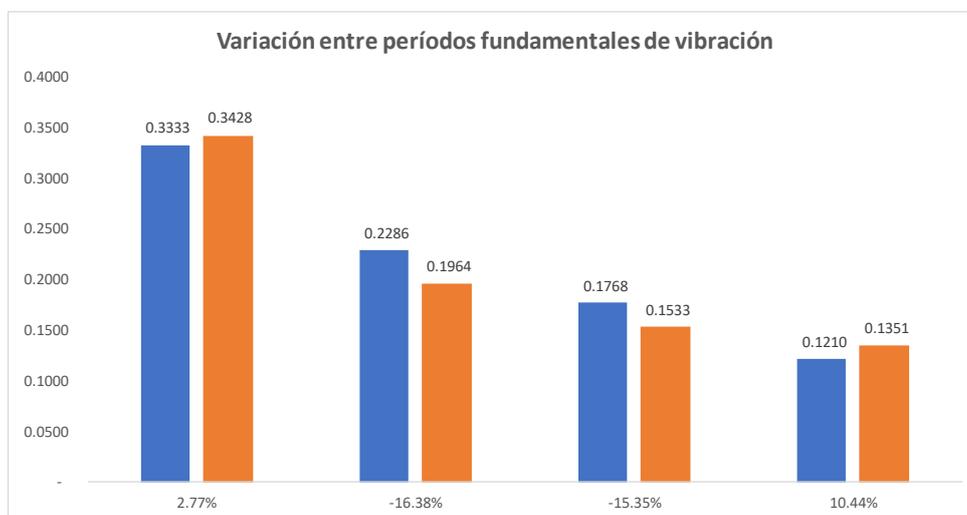
$\lambda_1 = 3.237$	$\omega_1^2 = 2162.848$	$\omega_1 = 46.506 \text{ rad/seg}$	$T_1 = 0.1351 \text{ seg}$
$\lambda_2 = 0.909$	$\omega_2^2 = 1023.209$	$\omega_2 = 31.988 \text{ rad/seg}$	$T_2 = 0.1964 \text{ seg}$

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS.

De los valores obtenidos del período fundamental de vibración de la estructura, arrojó los resultados siguientes:

Tabla N° 19
PERÍODOS DE VIBRACIÓN OBTENIDOS NORMA E030
Y MÉTODO RAYLEIGH

Modo	Período fundamental Norma E030	Período fundamental Rayleigh	Var (%)
1	0.3333	0.3428	2.77%
2	0.2286	0.1964	-16.38%
3	0.1768	0.1533	-15.35%
4	0.1210	0.1351	10.44%



Período fundamental Norma E030

Período fundamental Rayleigh

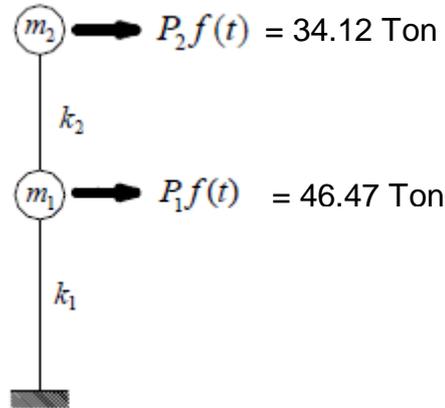


Variable	Norma E030 (*)	Rayleigh (**)	Var (%)
Período fundamental de vibración	0.2000	0.2069	3.34%

(*) Valor obtenido del cálculo de la fórmula contemplado en el artículo 28°, inciso 28.4 de la Norma E030 Diseño Sismorresistente año 2019.

(**) Valor promedio obtenido de la Tabla n° 19.

La tabla n° 11 muestra la distribución de las fuerzas sísmicas en las direcciones X-X y Y-Y, el cual quedaría representado a través del siguiente esquema idealizado:



La tabla n° 13 muestra el valor de las cortantes basales estática y dinámica en las direcciones X-X y Y-Y obtenidas mediante el programa ETABS 19 siguiendo el procedimiento de la Norma E030 Diseño Sismorresistente.

Dirección	V estático (Ton)	V dinámico (Ton)
X-X	80.59	65.62
Y-Y	80.59	64.47

La tabla n° 15 muestra el resultado de verificación de cumplimiento de máximas distorsiones entre los niveles de la edificación cuyo resumen es el siguiente:

Nivel	Valor ETABS		Cálculo de distorsión		Valor admisible	Verificación	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y		X-X	Y-Y
2	0.00528197	0.00274476	0.00100609	0.00052281	< 0.007	Cumple	Cumple
1	0.00176066	0.00091492	0.00100609	0.00052281	< 0.007	Cumple	Cumple

El análisis estadístico para la prueba de hipótesis dio un valor de Z_c (1.645) $> Z_p$ (0.404), por lo que se acepta la hipótesis, es decir, existe diferencia significativa entre las medias de los valores del período fundamental de vibración.



5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.

5.1. Discusión.

De acuerdo al autor FERNANDO ROMEO ESPINOZA GUERRA (2016), de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Guatemala, en su trabajo de investigación denominado: “MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DEL MÉTODO DE RAYLEIGH EN BASE AL CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL MÉTODO DE WILBUR”, existe un mayor impacto en el período fundamental de vibración por el cambio de secciones de vigas que en columnas, además, presenta un cálculo más certero de la vibración armónica simple, las formas en que puede darse la vibración de una estructura pueden presentarse fuera de este tipo de movimiento, por lo que es de gran importancia realizar el análisis dinámico correspondiente para un diseño sismo resistente más completo y real.

El párrafo anterior muestra que el uso del método de Rayleigh para el cálculo del período fundamental de vibración es más certero, no hace mención sobre alguna comparación al cálculo establecido en la Norma de Diseño Sismorresistente del país de Guatemala.

Los resultados del presente trabajo de investigación mostraron una variación del 3.34 % en el cálculo del período fundamental de vibración empleando el método de Rayleigh en comparación con lo estipulado en la Norma E030 Diseño Sismorresistente, esto se debe básicamente a que su desarrollo está basado en la ley de la conservación de la energía, el cual permite analizar sistemas de múltiples grados de libertad (varios niveles) como un sistema equivalente de un grado de libertad (desplazamiento) en función de una sola coordenada generalizada haciendo uso de la hipótesis de condensación estática.



Los resultados de la tabla n° 19 muestran variaciones en los períodos en función a los modos de vibración del modelo establecido, es decir, 2.77 % modo 1, -16.38 % modo 2, -15.35 % modo 3 y 10.44 % modo 4.

Los resultados de la tabla n° 11 determinaron la distribución de las fuerzas sísmicas para el nivel 1 el valor de 46.47 ton y nivel 2 un valor de 34.12 ton en ambas direcciones (X-X y Y-Y).

La tabla n° 13 nos muestra los resultados de las cortantes basales estáticas y dinámicas los valores de 80.59 ton, 65.62 ton dirección X-X y los valores de 80.59 ton y 64.47 ton en la dirección Y-Y respectivamente.

Los resultados de la tabla n° 15 determinaron el resultado de verificación de cumplimiento de máximas distorsiones entre los niveles de la edificación, en ambas direcciones el valor de las distorsiones calculadas es menor que el valor admisible (< 0.007) establecido en la Norma E030 Diseño Sismorresistente.



5.2. Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se concluye con lo siguiente:

- La variación del período fundamental de vibración calculado por el método de Rayleigh presenta un valor (3.34 % más) bastante cercano a lo establecido en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente, esto se debe a que la aplicación de este método obedece a la ley de conservación de la energía el cual permite analizar sistemas de varios grados de libertad idealizándolo en un modelo como péndulo invertido de 02 masas concentradas.
- Las fuerzas horizontales sísmicas calculadas mediante el método de fuerzas horizontales equivalentes regido en la Norma E030 causa un impacto significativo en las estructuras de mortero armado de la IEMPS Elías Aguirre Romero, esto debido a que estas sirven de base para determinar rigideces laterales y a su vez establecer las distorsiones y derivas máximas contempladas en la normativa nacional.
- La comprobación del cumplimiento en las distorsiones laterales relativas entre los niveles de la edificación, se verificó que en ambas direcciones X-X y Y-Y la estructura cumple las condiciones admisibles establecidas en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente, pero, aun así, por ser la zona de baja sismicidad (zona 2) se realizó el análisis dinámico modal espectral arrojando resultados favorables de diseño.
- Del resultado de la prueba de hipótesis, se concluye que *“El período fundamental de vibración influye significativamente en las estructuras de mortero armado de la IEMPS N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021”*.



5.3. Recomendaciones.

De las conclusiones establecidas y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se recomienda lo siguiente:

- Incluir en el análisis sísmico de edificaciones otros métodos matemáticos que permitan verificar y obtener resultados más certeros y precisos para la toma de decisiones al momento de efectuar el diseño y análisis de algún proyecto estructural.
- Realizar el estudio en la interacción suelo estructura, la zona presenta un suelo de baja plasticidad y flexibilidad, esto con el fin de recabar información sobre las propiedades mecánicas y dinámicas del suelo que servirán para futuras intervenciones en los ambientes de la Institución Educativa N° 60544 Elías Aguirre Romero.
- Los resultados obtenidos por programas de cálculo estructural como el SAP2000, el ETABS y otros, deben ser necesarios corroborarlos mediante cálculos manuales a través del Excel, ya que, el programa es una herramienta que sirve de apoyo al proyectista para el cálculo, análisis y diseño estructural.
- Realizar trabajos de investigación referente al uso del método de Rayleigh complementado con otros métodos de cálculo de rigideces laterales como el Wilbur y Muto, se ha comprobado a través de otros estudios que la combinación de tales métodos genera mayor impacto en la determinación del período fundamental de vibración debido al cambio en las secciones de vigas y columnas del sistema estructural analizado.
- Determinar adecuadamente los parámetros de análisis contemplados en la Norma Técnica E030, ello con la finalidad de cumplir la filosofía de Diseño Sismorresistente que es la de salvaguardar las vidas humanas y que la estructura tenga un desempeño adecuado frente a las solicitaciones sísmicas.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- **CANCHAYA Inga, Sócrates Saúl. VARGAS Flores, Rey Vénhami.** Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú - UCP - Tarapoto - 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Loreto: Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil, 2017. 118 p.p.
- **CARRILLO León, Wilmer Julián.** Estimación de los periodos fundamentales de vibración de viviendas de baja altura con muros de concreto. Tesis (Doctor en Ingeniería). Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. 54 p.p.
- **CASTRO Osorno, Allan Kadir. PÉREZ Pérez, Jorge Martin.** Espectro de diseño y zonificación sísmica basada en periodos fundamentales de vibración de los suelos, en el área urbana de la ciudad de Mateare. Nicaragua. Tesis (Ingeniero Civil). Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2016. 97 p.p.
- **CUTIPA Quispe, Susan Elisa.** Análisis comparativo de la respuesta sísmica de las normas de Perú, Chile, Japón y Estados Unidos, de un edificio de uso multifamiliar con sistema de concreto armado de diez niveles de altura. Tesis (Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 129 p.p.
- **Chopra, Anil, K.** Dinámica de estructuras. 4° ed. Pearson Educación: Universidad de California de Berkeley, 2014. 756 p.p.
ISBN: 9786073222396



- **DE MONTSERRAT Navarro, Albert.** Relación entre el periodo fundamental de vibración y el índice de daño de un edificio de hormigón armado. Tesis (Máster en Ingeniería de Suelo e Ingeniería Sísmica). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2013. 96 p.p.
- **Domínguez Caicedo, Mauricio.** Periodos de vibración de las edificaciones, Matanzas Cuba. Revista de Arquitectura e Ingeniería. (14): 1-2, 2014.
- **ESPINOZA Guerra, Fernando Romeo.** Método analítico para la determinación del periodo fundamental de vibración del método de Rayleigh en base al cálculo de rigidez del método de Wilbur. Tesis (Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2016. 134 p.p.
- **GÓMEZ, Hernández José.** Presentación de un nuevo modelo matemático para cálculo del periodo fundamental de vibración de estructuras de edificios. Tesis (Ingeniero Civil). Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, 2002. 120 p.p.
- **MORALES Guerrero, Astrid Stephanie.** Influencia del efecto de sitio en el periodo de vibración de una edificación de concreto armado en la Molina. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2020. 133 p.p.
- **MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú).** RM n° 043, of. 2019: Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente. Lima: MVCS, 2019, 80 p.p.



- **MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú).** El Peruano: of. 2006: Norma Técnica E020 Cargas. Lima: MVCS, 2006. 08 p.p.
- **SÁENZ Ruiz, Sergio. JOSE Tamayo, María.** Periodos fundamentales para 5 edificios construidos con sistema estructural combinado en Medellín. Tesis (Ingeniero Civil) Colombia: Universidad EIA, 2019. 82 p.p.
- **SAAVEDRA Armas, Ramiro Felipe.** Texto Guía de Ingeniería Antisísmica. Cuenca: Facultad de Ciencias y Tecnología, Carrera Profesional de ingeniería Civil, 2001, 253 p.p.



CAPÍTULO VI: ANEXOS.

6.1 Instrumento de recolección de datos.

Formato para el cálculo de metrado de cargas.

a) CARGA MUERTA:

La carga vertical a considerar será el peso propio de la estructura, la cobertura y el cielo raso.

Peso propio de cada tijeral de madera = X Kg/m²

Correas y otros elementos = Y Kg/m²

Peso propio del Cielo Raso = Z Kg/m²

CM = Total + PP estructura

b) CARGA VIVA:

$$S/C = W \text{ Kg/m}^2$$

c) CARGA DE SISMO: $V = (ZUSC / R) \times (\text{PESO TOTAL})$

PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA (X piso) = XX Tn.

CARGA DE SISMO EN LA BASE = YY Tn

Esta carga se aplicará en el centro de masas de la estructura tridimensional modelada, en ambas direcciones, asociadas con el momento debido a la torsión accidental cuya excentricidad es igual a 0.05 veces el ancho de la dirección perpendicular al sismo.



6.2 Matriz de consistencia.

Título: Influencia del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la I.E.P.S.M. N° 60544-Elías Aguirre Romero en el centro poblado San Joaquín de Omaguas, distrito de Nauta, Loreto-Loreto 2020.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Índices
<p>General.</p> <p>¿Cómo influye el período fundamental de vibración en la estructura de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021?</p> <p>Específicos:</p>	<p>General:</p> <p>Determinar la influencia del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021</p> <p>Específicos:</p>	<p>General:</p> <p>El período fundamental de vibración influye significativamente en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas</p> <p>Específicos:</p>	<p>Variable independiente (X):</p> <p>Período fundamental de vibración.</p> <p>Variable dependiente (Y): Estructuras de mortero armado.</p>	<p>Velocidad angular</p> <p>Período</p> <p>Fuerzas sísmicas</p> <p>Derivas máximas</p>	<p>Rad/seg.</p> <p>Seg.</p> <p>Ton.</p> <p>Cm.</p>



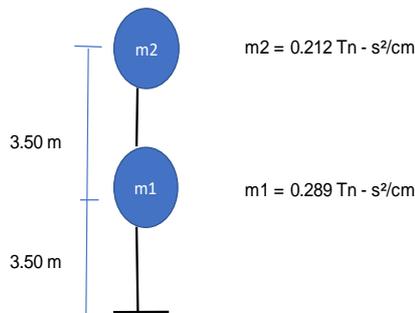
<p>¿Cuál es la variación en el período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021, empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente?</p> <p>¿Qué impacto causa las fuerzas horizontales sísmicas en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021?</p> <p>¿Cumple las condiciones mínimas de diseño sismorresistente las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021 en relación a la Norma Nacional E030?</p>	<p>Calcular la variación en el período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto – 2021, empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente.</p> <p>Determinar el impacto que causa las fuerzas horizontales sísmicas en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021</p> <p>Verificar el cumplimiento de las condiciones mínimas de diseño sismorresistente en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021 en relación a la Norma Nacional E030.</p>	<p>La variación en el cálculo del período fundamental de vibración en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto 2021, empleando el método de Rayleigh y lo descrito en la Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente muestran una diferencia significativa.</p> <p>Las fuerzas horizontales sísmicas causan un impacto significativo en las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas, Loreto - 2021</p> <p>Las estructuras de mortero armado de la IEPSM N° 60544 Elías Aguirre Romero del centro Poblado San Joaquín de Omaguas cumple las condiciones mínimas de diseño sismorresistente en relación a la Norma Nacional E030</p>			
--	--	--	--	--	--

6.3 Información complementaria.

6.3.1. Cálculo de períodos y modos de vibración mediante el método de Rayleigh.

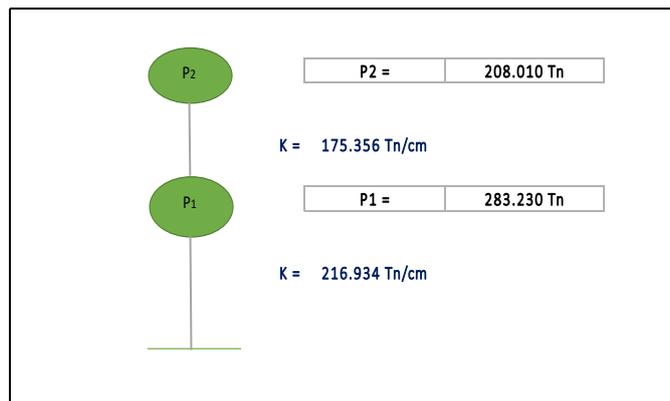
NIVEL	PESO(Tn)	GRAVEDAD (cm/s ²)	MASA (Tn-s ² /cm)
1	283.23	981.00	0.29
2	208.01	981.00	0.21

Nivel	Peso (Ton)	Rigidez Lateral (Ton/cm)	
		X	Y
1	283.23	175.36	192.89
2	208.01	216.93	238.63



CÁLCULO DE LAS FORMAS DE MODO Y FRECUENCIA DE VIBRACIÓN

CÁLCULO DE LAS FORMAS DE MODO Y FRECUENCIA DE VIBRACIÓN X - X



$$\begin{pmatrix} K_1 + K_2 & -K_2 \\ -K_2 & K_2 \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix} = 0$$

DIRECCIÓN X-X :

$$\begin{bmatrix} 2.237 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1.3616 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = 0$$



$$\begin{bmatrix} (2.237 - 1.3616\lambda) & ((-1) - \lambda(0)) \\ (-1 - \lambda(0)) & (1 - 1\lambda) \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} (2.237 - 1.3616\lambda) & -1 \\ -1 & (1 - \lambda) \end{bmatrix} = 0$$

$$(2.237 - 1.3616\lambda)(1 - \lambda) - (-1)(-1) = 0$$

$$(2.237 - 1.3616\lambda - 2.237\lambda + 1.3616\lambda^2 - 1) = 0$$

$$1.237 - 3.5986\lambda + 1.3616\lambda^2 = 0$$

$$1.3616\lambda^2 - 3.5986\lambda + 1.237 = 0$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = 1.3616$$

$$b = -3.5986$$

$$c = 1.237$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{-(-3.5986) \pm \sqrt{(-3.5986)^2 - 4(1.3616)(1.237)}}{2(1.3616)}$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{3.5986 \pm 2.4925}{2.7232}$$

$$\lambda_1 = 2.2367$$

$$\lambda_2 = 0.4062$$

$$\text{Para } \lambda_1 = 2.2367, T_1 = 0.153s$$

$$\begin{bmatrix} (2.237 - 1.3616\lambda) & -1 \\ -1 & (1 - \lambda) \end{bmatrix} X = 0$$



$$\begin{bmatrix} (2.237 - 1.3616 \times 2.2367) & -1 \\ -1 & (1 - 2.2367) \end{bmatrix} X = 0$$

$$\begin{bmatrix} -0.808 & -1 \\ -1 & -1.2367 \end{bmatrix} X = 0$$

$$\begin{bmatrix} -0.808 & -1 \\ -1 & -1.2367 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$-0.808X_{11} - X_{21} = 0$$

$$-X_{11} - 1.2367X_{21} = 0$$

Para $X_{11} = 1$

$$-0.808(1) = X_{21}$$

$$X_{21} = -0.808$$

Para $\lambda_2 = 0.4062$

$$\begin{bmatrix} (2.237 - 1.3616 \times 0.4062) & -1 \\ -1 & (1 - 0.4032) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} 1.6839 & -1 \\ -1 & 0.5938 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$1.6839X_{11} - 0.5938X_{21} = 0$$

$$-X_{11} + 0.5938X_{21} = 0$$

Para $X_{21} = 1$

$$1.6839 - (1) = X_{21}$$

$$X_{21} = 1.6839$$



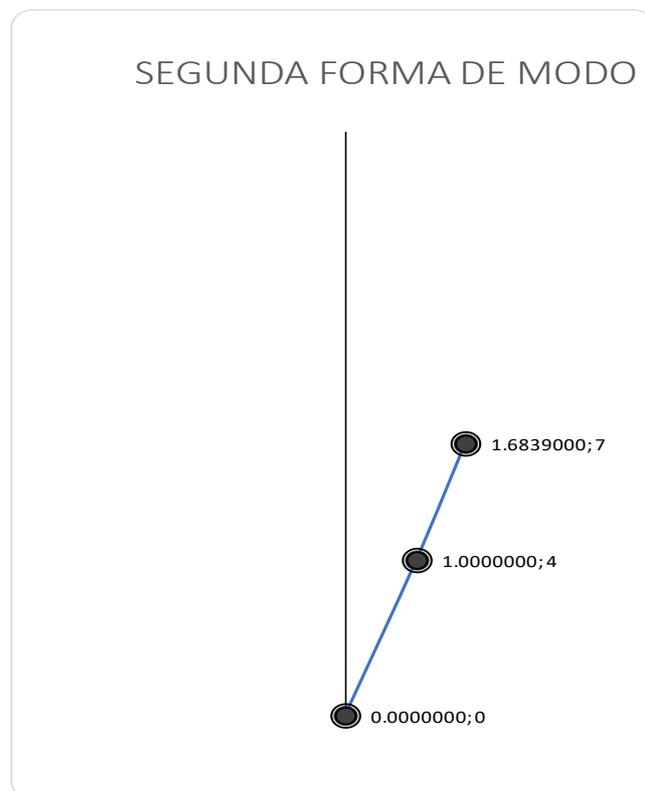
Propiedades dinámicas dirección X-X:

$\lambda_1 = 2.237$	$\omega_1^2 = 1680.603$	$\omega_1 = 40.995 \text{ rad/seg}$	$T_1 = 0.1533 \text{ seg}$
$\lambda_2 = 0.406$	$\omega_2^2 = 335.927$	$\omega_2 = 18.328 \text{ rad/seg}$	$T_2 = 0.3428 \text{ seg}$

$$\begin{pmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0000 \\ -0.8080 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0000 \\ 1.6839 \end{pmatrix}$$





DIRECCIÓN "Y-Y":

$$\begin{bmatrix} 1.8083 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1.3616 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} (1.8083 - 1.3616\lambda) & (-1 - \lambda(0)) \\ (-1 - \lambda(0)) & (1 - \lambda) \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} (1.8083) & -1 \\ -1 & (1 - \lambda) \end{bmatrix} = 0$$

$$(1.8083 - 1.3616\lambda)(1 - \lambda) - (-1)(-1) = 0$$

$$1.8083 - 1.3616\lambda - 1.8083\lambda + 1.3616\lambda^2 - 1 = 0$$

$$1.3616\lambda^2 - 3.1699\lambda + 0.8083 = 0$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{-(-3.1699) \pm \sqrt{(-3.1699)^2 - 4(1.3616)(0.8083)}}{2(1.3616)}$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{3.1699 \pm 5.6459}{2.7232}$$

$$\lambda_1 = 3.2373$$

$$\lambda_2 = 0.9092$$

Para $\lambda_1 = 3.2373$

$$\begin{bmatrix} (1.8083 - 1.3616\lambda) & -1 \\ -1 & (1 - \lambda) \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} (1.8083 - 1.3616 \times 3.2373) & -1 \\ -1 & (1 - 3.2373) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{bmatrix} = 0$$



$$\begin{bmatrix} -2.5996 & -1 \\ -1 & -2.2373 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$-2.5996Y_{11} - Y_{21} = 0, Y_{11} = 1$$

$$-2.5996(1) - Y_{21} = 0$$

$$Y_{21} = -2.5996$$

Para $\lambda_2 = -0.9092$

$$\begin{bmatrix} (1.8083 - 1.3616(-0.9092)) & -1 \\ -1 & (1 - (-0.9092)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} 3.0463 & -1 \\ -1 & 1.9092 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$3.0463Y_{11} - Y_{21} = 0, Y_{11} = 1$$

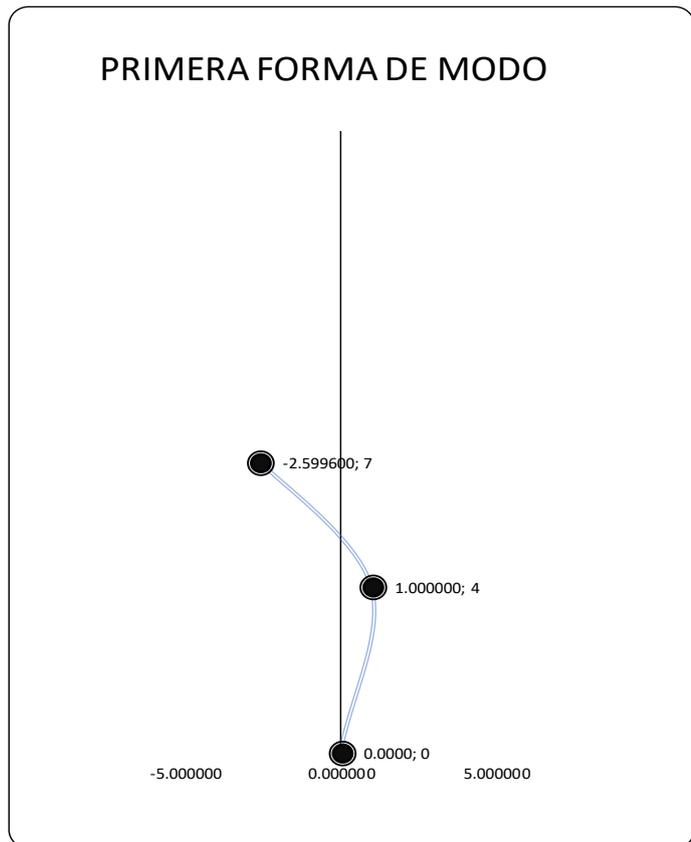
$$Y_{21} = 3.0463$$

Propiedades dinámicas dirección Y-Y:

$\lambda_1 = 3.237$	$\omega_1^2 = 2162.848$	$\omega_1 = 46.506 \text{ rad/seg}$	$T_1 = 0.1351 \text{ seg}$
$\lambda_2 = 0.909$	$\omega_2^2 = 1023.209$	$\omega_2 = 31.988 \text{ rad/seg}$	$T_2 = 0.1964 \text{ seg}$



$$\begin{pmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0000 \\ -2.5996 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0000 \\ 3.0463 \end{pmatrix}$$



6.3.2. Análisis modal espectral – Norma E030.

Región : Loreto
 Provincia : Loreto
 Distrito : Nauta
 Categoría : A2
 Zona : Z2
 Suelo : S3
 Sistema Estructural : Concreto Armado, Pórticos
 Verificación de Irregularidad : Irregular en Planta → $lp = 1.0000$
 Irregularidad : Irregular en Altura → $la = 1.0000$

$$R = R_o I_p I_a \quad \frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$$

$Z = 0.25$
 $U = 1.50$
 $S = 1.40$
 $T_p = 1.00$
 $TL = 1.60$
 $R_o = 8.0$
 $R = 8.00$

$T < T_p$ $C = 2.5$
 $T_p < T < T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
 $T > T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.1640625
0.02	2.5	0.1640625
0.04	2.5	0.1640625
0.06	2.5	0.1640625
0.08	2.5	0.1640625
0.1	2.5	0.1640625
0.12	2.5	0.1640625
0.14	2.5	0.1640625
0.16	2.5	0.1640625
0.18	2.5	0.1640625
0.2	2.5	0.1640625
0.25	2.5	0.1640625
0.3	2.5	0.1640625
0.35	2.5	0.1640625
0.4	2.5	0.1640625
0.45	2.5	0.1640625
0.5	2.5	0.1640625
0.55	2.5	0.1640625
0.6	2.5	0.1640625
0.65	2.5	0.1640625
0.7	2.5	0.1640625
0.75	2.5	0.1640625
0.8	2.5	0.1640625
0.85	2.5	0.1640625
0.9	2.5	0.1640625
0.95	2.5	0.1640625
1	2.5	0.1640625
1.6	1.5625	0.10253906
2	1	0.065625
2.5	0.64	0.042
3	0.444444	0.02916667
4	0.25	0.01640625
5	0.16	0.0105
6	0.111111	0.00729167
7	0.081633	0.00535714
8	0.0625	0.00410156
9	0.049383	0.00324074
10	0.04	0.002625





Espectro de diseño.

