

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Análisis comparativo del diseño estructural de un hotel
utilizando los softwares Etabs y Sap2000, Pillco Marca –
Huánuco – 2023”**

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

AUTOR: Rojas Bello, Hielson Scheid

ASESORA: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ
2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería de la edificación

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47372129

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168

Grado/Título: Máster en dirección de proyectos

Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Trujillo Ariza Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día viernes 16 de mayo de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

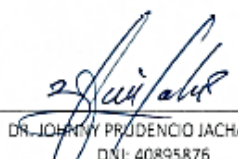
❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	SECRETARIO
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0900-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN HOTEL UTILIZANDO LOS SOFTWARES ETABS Y SAP2000, PILLCO MARCA – HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Hielson Scheid ROJAS BELLO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

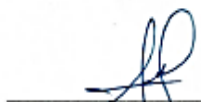
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente. (Art. 47).

Siendo las 17h 10' horas del día 16 del mes de mayo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
SECRETARIO (A)


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: HIELSON SCHEID ROJAS BELLO, de la investigación titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN HOTEL UTILIZANDO LOS SOFTWARES ETABS Y SAP2000, PILLCO MARCA - HUÁNUCO - 2023", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0450-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 23 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 04 de marzo de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

85. ROJAS BELLO HIELSON SCHEID.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes me enseñaron que todo en la vida llega con esfuerzo y dedicación, a mi familia quienes siempre confiaron en mí.

A mi asesor, por su valioso apoyo y orientación, los cuales fueron fundamentales para la realización de esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su gran apoyo emocional que me brindaron para poder concluir con la tesis.

A la vez agradezco a la Universidad de Huánuco por la por otorgarme la posibilidad de realizar este importante objetivo académico., también agradezco a mis docentes y amigos que han estado conmigo en cada etapa de mi formación profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3 OBJETIVO GENERAL	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	18
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2 BASES TEÓRICAS	24
2.2.1 INGENIERÍA ESTRUCTURAL	24
2.2.2 NORMAS TÉCNICAS	24

2.2.3	CARGAS ESTRUCTURALES	25
2.2.4	ESTRUCTURACIÓN.....	27
2.2.5	CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN	27
2.2.6	PREDIMENSIONAMIENTO	29
2.2.7	MODELO ESTRUCTURAL COMPUTARIZADO	31
2.2.8	PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL MODELO.....	31
2.2.9	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	32
2.2.10	SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO	33
2.2.11	ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA CARGAS SÍSMICAS.....	34
2.2.12	CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE.....	34
2.2.13	PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO	35
2.2.14	ANÁLISIS ESTÁTICO	41
2.2.15	ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL	42
2.2.16	SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	45
2.2.17	CONCEPTOS PARA DISEÑO SISMORRESISTENTE	46
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	48
2.4	HIPÓTESIS.....	49
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	49
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	49
2.5	VARIABLES.....	50
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	50
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	50
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	51
CAPÍTULO III		52
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		52
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
3.1.1	ENFOQUE	52
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	52
3.1.3	DISEÑO	52
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.1.4	POBLACIÓN	52

3.1.5	MUESTRA.....	53
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.1.6	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
3.1.7	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	54
3.4	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	55
	CAPÍTULO IV.....	56
	RESULTADOS.....	56
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	56
4.1.1	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	56
4.1.2	ANÁLISIS SISMORRESISTENTE MEDIANTE LOS SOFTWARES ETABS Y SAP2000	57
4.1.3	ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO.....	58
4.1.4	PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA APORTICADO	59
4.1.5	PARÁMETROS DE DISEÑO	61
4.1.6	METRADO DE CARGAS	61
4.1.7	MODELO ESTRUCTURAL	62
4.1.8	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	71
4.1.9	DISEÑO DE VIGAS.....	74
4.1.10	DISEÑO DE LOSA ALIGERADA	75
4.1.11	DISEÑO DE CIMENTACIÓN	78
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	79
	CAPÍTULO V.....	83
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	83
5.1	PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	83
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	ANEXOS:.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factor de suelo	37
Tabla 2 Periodo TP y TL	37
Tabla 3 Factor de Amplificación Sísmica	38
Tabla 4 Factor de uso	38
Tabla 5 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas sísmicas (R_o)	39
Tabla 6 Categoría y regularidad de las edificaciones.	40
Tabla 7 Sistema de variables-dimensiones e indicadores.	51
Tabla 8 Predimensionamiento del aligerado.	59
Tabla 9 Peso sísmico calculado.....	66
Tabla 10 Cortantes calculadas.....	66
Tabla 11 Modos, periodos y masas participativas en el hotel	66
Tabla 12 Modos, periodos y masas participativas en el hotel	67
Tabla 13 Periodos y respuestas espectral	68
Tabla 14 Deriva en dirección X	68
Tabla 15 Deriva en dirección Y	69
Tabla 16 Deriva en dirección X	69
Tabla 17 Deriva en dirección Y	69
Tabla 18 Cortante estática y dinámica en la base	70
Tabla 19 Constante estática y dinámica en la base.....	70
Tabla 20 Acero usado	73
Tabla 21 Acero usado	73
Tabla 22 Distribución de acero longitudinal	75
Tabla 23 Distribución de acero longitudinal	75
Tabla 24 Carga Muerta aplicada a la losa	76
Tabla 25 Carga Viva aplicada a la losa.....	77
Tabla 26 Comparación entre ambos softwares.....	80
Tabla 27 Matriz de consistencia.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zonificación Sísmica	35
Figura 2 Para la presentación de datos	55
Figura 3 Planta de primer nivel	56
Figura 4 Planta de segundo a quinto nivel	57
Figura 5 Peso de servicio total del hotel en Etabs	62
Figura 6 Peso de servicio total del hotel en Sap2000	62
Figura 7 Modelo tridimensional del hotel en Etabs.	63
Figura 8 Modelo tridimensional del hotel en Sap2000	63
Figura 9 Peso sísmico total del hotel en Etabs	64
Figura 10 Peso sísmico total del hotel en Sap2000	65
Figura 11 Resultado de área de acero para columna 40X40 cm2	71
Figura 12 Resultado de área de acero para columna 40X40 cm2	72
Figura 13 Detalles de columna 40X40 cm2	73
Figura 14 Detalles de columna 30X40 cm2	73
Figura 15 Cuantía demandada por Sap2000	74
Figura 16 Cuantía demandada por Etabs	75
Figura 17 Sección típica del aligerado para el diseño	76
Figura 18 Tramos de la losa aligerada	76
Figura 19 Carga Muerta distribuida	77
Figura 20 Carga Viva distribuida	77
Figura 21 Diseño de acero según Etabs	77
Figura 22 Diseño de acero según Sap2000	78
Figura 23 Presión de suelo en las zapatas aisladas	79
Figura 24 Plano de ubicación	97
Figura 25 Detalle de primer nivel	98
Figura 26 Detalle de 2do a 6to nivel	99
Figura 27 Detalle de cimentaciones	100

RESUMEN

En la presente tesis se realizó un estudio comparativo del análisis sismorresistente de un hotel empleando los programas ETABS y SAP2000 para la mejora del comportamiento estructural conforme a los lineamientos de la Norma E.030, todos los análisis se realizaron empleando estos dos softwares, donde luego se hizo el dimensionamiento de los componentes estructurales aplicando las normas E060 y el ACI 318.

Para ello, primero se consideró la distribución arquitectónica del inmueble de acuerdo a los criterios de la normatividad peruana, la cual hace una distribución armónica, ya que el inmueble entregado es destinado a habitaciones de hotel y el objetivo es una distribución eficiente. El predimensionamiento de los componentes estructurales del hotel cumplió de acuerdo con los criterios estipulados en la normativa A.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones, garantizando la regularidad del edificio. El análisis sísmico, conforme a la norma E.030-2019, mostró una distorsión máxima de 0.007 radianes. Se utilizaron los programas ETABS y SAP2000 para evaluar la respuesta estructural bajo cargas sísmicas, y ambos softwares mantuvieron la desviación dentro de los límites normativos (máximo de 0.00205 en la dirección corta y 0.00125 en la larga). SAP2000 arrojó mayores cuantías de refuerzo en las vigas principales, especialmente en los ejes 2 y 3, atribuyéndose a su método de cálculo y la interacción con las columnas. A pesar de estas diferencias, ambos programas cumplen con las normativas, asegurando diseños estructurales eficientes y seguros.

El proyecto determina que el programa que proporciona conclusiones con base en los estándares peruanos es Etabs, ya que sigue códigos desde la normativa peruana de resistencia sísmica hasta la concepción de hormigón reforzado.

Palabras clave: Diseño estructural, análisis estático, análisis dinámico, E030, E060, ACI 318.

ABSTRACT

In this thesis, a comparative analysis of the earthquake-resistant design of a hotel was carried out using the ETABS and SAP2000 software to improve the structural behavior following the parameters established in the E030 standard. All the analyzes were carried out using this two software, where the structural elements were then designed using the E060 and ACI 318 standards.

To do this, the architectural distribution of the property was first considered according to the criteria of Peruvian regulations, which makes a harmonic distribution, since the property delivered is intended for hotel rooms and the objective is an efficient distribution.

The pre-dimensioning of the hotel's structural elements complied with the requirements of standard A.10 of the National Building Regulations, guaranteeing the regularity of the building. The seismic analysis, according to standard E.030-2019, showed a maximum distortion of 0.007 radians. ETABS and SAP2000 were used to evaluate the structural response under seismic loads, and both software kept the deviation within the normative limits (maximum of 0.00205 in the short direction and 0.00125 in the long direction). SAP2000 showed higher reinforcement amounts in the main beams, especially in axes 2 and 3, attributed to its calculation method and the interaction with the columns. Despite these differences, both programs comply with the regulations, ensuring efficient and safe structural designs.

The project concludes that the software that provides results based on Peruvian standards is Etabs, since it follows codes from the Peruvian seismic resistance regulations to the design of reinforced concrete.

Keywords: Structural design, static analysis, dynamic analysis, E030, E060, ACI 318.

INTRODUCCIÓN

Esta tesis presentada a la Universidad de Huánuco propone Identificar las distinciones que pueden existir en la concepción de un hotel usando los programas Etabs y Sap2000. También será útil para obtener una representación estructural de la edificación, a partir del cual se puede concluir qué software es más económico, rápido y seguro para diseñar nuevas generaciones de acuerdo a la normativa de edificación nacional (RNE, 2018).

El terreno sobre el que se proyecta el hotel de 5 niveles presente en el Jirón Las Palmeras, Pillco Marca tiene una superficie total de 225 m², el cual es rectangular con un frente de 9 m y un largo de 25 m.

En el capítulo I se abarcó el problema de investigación donde encontramos la problemática, objetivos, limitaciones y justificación en el cual se plantea y saber la viabilidad del proyecto.

En el capítulo II se abarcó el marco teórico del cual usaremos en el modelado de la estructura en los softwares Etabs Y Sap2000 del cual haremos hincapié en el uso de cada norma establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

En el capítulo III se abarcó en la metodología de la investigación donde nos ayudó a resolver el problema a lo largo de la investigación.

En el capítulo IV se abarcó en los resultados obtenidos de ambos softwares Etabs y Sap2000 donde a partir del análisis estático y dinámico comparamos los softwares además de que se usó también en el diseño de los elementos estructurales.

En el capítulo V se presenta el análisis de hallazgos donde se evalúa las informaciones recopiladas en el análisis comparativo de ambos softwares.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, la demanda de viviendas con capacidad para resistir eventos naturales como los sismos se ha convertido en un aspecto prioritario para la población, dado el riesgo constante asociado a los desastres naturales recurrentes en el país y, en particular, en la ciudad de Huánuco. Sin embargo, gran parte de las edificaciones en esta localidad fueron diseñadas sin considerar criterios adecuados de seguridad sísmica y, en algunos casos, sin cumplir con los parámetros mínimos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030. Dicha normativa clasifica a Huánuco dentro de la zona sísmica 2, lo que evidencia una situación crítica, ya que muchas estructuras no cumplen con los estándares requeridos, exponiendo a la población a un riesgo significativo ante eventos sísmicos (INDECI, 2018).

Actualmente existe una alta demanda de viviendas o edificios debido a que en los últimos años en el Perú la población ha aumentado significativamente y seguirá aumentando con el paso de los años, según los resultados de los Censos Nacionales la población del departamento de Huánuco es de 759 mil 962 habitantes (INEI, 2017).

Por lo tanto, el ingeniero estructural hoy en día tiene un papel importante a la hora de realizar un análisis de una determinada estructura, ya que tiene la responsabilidad fundamental de que la edificación cumpla con los parámetros requeridos para la seguridad e integridad de los ciudadanos que residen o habitan en dicha estructura.

La afinación por otra especialidad de ingeniería civil puede deberse a muchas variables, pero una de ellas y quizás la más importante que podemos observar es que actualmente hay mucha información en el ámbito estructural, pero el problema es que muchos ingenieros civiles no tienen el conocimiento para usar, analizar e interpretar esta información, por ejemplo, el uso de software estructural e interpretación de normas técnicas del Perú.

Los softwares estructurales han aumentado y mejorado completamente en los últimos años, ya que contamos con una amplia gama de software para diferentes tipos de proyectos civiles. Entre estos tenemos el software Etabs y Sap2000, estos programas se encuentran entre los más comerciales para el diseño y análisis estructural de edificios.

La motivación subyacente de esta tesis surge de la urgencia de examinar las disparidades en el diseño estructural de hoteles a través del empleo de los programas informáticos Etabs y SAP2000. Este estudio proporciona un modelo estructural del edificio, permitiéndonos concluir cuál de los dos softwares resulta más eficiente en términos económicos, velocidad y seguridad, todo ello en concordancia con el Reglamento Nacional de la Edificaciones (RNE, 2018). Los hallazgos de esta investigación servirán como guía para los profesionales de la ingeniería estructural, brindándoles una mejor comprensión y orientación al seleccionar un software para el diseño estructural.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo realizar el análisis comparativo del diseño sismorresistente de un hotel empleando los softwares ETABS y SAP2000 para la mejora del comportamiento estructural, Pillco Marca-Huánuco-2023?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales para el diseño sismorresistente del hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023?

¿Cómo realizar el modelamiento en los softwares Etabs y Sap2000 para el análisis y diseño sísmico para el hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023?

¿Cómo evaluar las posibles diferencias que puedan existir en el diseño estructural utilizando los softwares Etabs y Sap2000, Pillco Marca-Huánuco-2023?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis comparativo del diseño sismorresistente de un hotel empleando los softwares ETABS y SAP2000 para la mejora del comportamiento estructural, Pillco Marca-Huánuco-2023.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales para el diseño sismorresistente del hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023.

Realizar el modelamiento en los softwares Etabs y Sap2000 para el análisis y diseño sísmico para el hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023.

Evaluar las posibles diferencias que puedan existir en el diseño estructural utilizando los softwares Etabs y Sap2000, Pillco Marca-Huánuco-2023.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Esta tesis resulta esencial debido a la urgencia de fortalecer la protección de las estructuras ante los próximos movimientos telúricos.

La ciudad de Huánuco al encontrarse la zona sísmica 2, no presenta un alto riesgo sísmico, pero se pueden observar eventos sísmicos recientes.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La tesis se justifica porque todo diseño estructural de toda edificación debe seguir las disposiciones del reglamento RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) aplicable, que puede diseñarse utilizando softwares vigentes

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Del mismo modo, se llevó a cabo una sistematización metodológica del proceso de resolución utilizando enfoques fundamentados en el diseño estructural, aplicando los programas ETABS y SAP2000. Estos métodos podrán utilizarse como modelos para las próximas generaciones en el diseño estructural de concreto armado conforme a las normativas actuales.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Se tiene las siguientes limitaciones

Falta de tiempo por trabajo para investigar y comparar con normas internacionales de diseño.

Ya que se requiere el uso de Etabs y Sap2000, nos limita mucho ya que la licencia de ambos softwares es muy costosa.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis es viable ya que se utilizó como herramienta principal los softwares ETABS y SAP2000, se compraron estos softwares ya que estos se usaron para realizar el modelado y posterior análisis sísmico, estos softwares son accesibles para los estudiantes que están comenzando a aprender a utilizar los diversos programas de evaluación estructural, también es viable ya que se realizó el reconocimiento del terreno in situ, y los distintos parámetros sismorresistentes son asequibles para el tesista y otros parámetros proporcionados por la norma E.030.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Martín (2021) en su tesis titulado: *“Comparativa de cálculo estructural entre dos softwares: ETABS Y SAP2000”*; presentada a la Universidad de Valladolid; El estudio comparó el desempeño de ETABS y SAP2000 en el análisis y diseño estructural de edificaciones, evaluando modelado, precisión de resultados y facilidad de uso. Se modeló una estructura tipo edificio en ambos programas con los mismos parámetros de diseño y condiciones de carga. Se analizaron diferencias en enfoques de cálculo, configuración y resultados, además de evaluar la facilidad de uso en términos de tiempo de modelado, interfaz y curva de aprendizaje. Los resultados mostraron que ETABS facilita la modelación de edificaciones debido a su especialización en estructuras de edificios, mientras que SAP2000 es más versátil en el análisis de diversas estructuras, como puentes e industrias. Aunque ambos difieren en la forma de ingresar datos y modelar elementos estructurales, las variaciones numéricas fueron menores al 5 %, indicando confiabilidad en los resultados. Se concluyó que la elección entre ETABS y SAP2000 depende del tipo de proyecto y la experiencia del usuario, ya que cada software ofrece herramientas específicas que pueden ser más beneficiosas según el análisis requerido. Ambos programas son ampliamente utilizados en ingeniería estructural y representan opciones adecuadas para el cálculo por el método de elementos finitos en diseño y evaluación de edificaciones.

Rivera, Gutiérrez y Trujillo (2021) en su artículo científico titulado *"Propuesta de diseño estructural del puente Flandes – Parque Central en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la norma CCP-14"*, presentado en la Universidad Piloto de Colombia, El estudio tuvo como

objetivo diseñar una propuesta estructural para el puente Flandes – Parque Central en el municipio de Pasca, Cundinamarca, mediante una losa maciza de concreto reforzado con vigas, basada en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14. La metodología incluyó un análisis preliminar de cargas dinámicas y estáticas para el diseño del puente, considerando un carril adicional, un carril para bicicletas y un sendero peatonal. Se realizaron cálculos estructurales para definir el ancho de las vigas, el espesor de la losa y el refuerzo de acero necesario. Además, se diseñaron los estribos y una pila central para garantizar la estabilidad de la estructura. Se utilizó el software SAP2000 para el modelado y análisis estructural, verificando la capacidad de carga y el cumplimiento de los estándares normativos. Los resultados mostraron que la losa maciza con vigas optimiza la distribución de esfuerzos, mejorando la seguridad estructural y la durabilidad del puente. Se concluyó que la propuesta cumple con los requisitos de la norma CCP-14 y proporciona una solución viable para mejorar la conectividad y movilidad en la zona. Asimismo, se destacó la importancia de incorporar criterios de sostenibilidad y eficiencia en el diseño de infraestructura vial, promoviendo el desarrollo urbano y reduciendo costos de mantenimiento a largo plazo.

Rondón y Fernández (2021) en el artículo titulado *“Método simplificado para estimar las respuestas sísmicas de puentes continuos de vigas de concreto presforzado”*, presentado a la Universidad de Costa Rica, El objetivo principal del estudio fue desarrollar expresiones simplificadas para calcular el periodo fundamental de vibración y las respuestas sísmicas elásticas, como desplazamiento lateral, fuerza cortante y momento flector en el pilar con mayor demanda sísmica, de puentes de vigas de concreto presforzado, ampliamente utilizados en la ingeniería peruana. La metodología incluyó la formulación de un modelo simplificado que representa los elementos estructurales del puente y la identificación de parámetros clave que definen su comportamiento

sísmico, como esbeltez longitudinal (H/B), esbeltez transversal (H/D), razón de aspecto de la planta (R/L), número de tramos (nt) y la máxima aceleración del suelo (PGA). Se generó una serie de modelos paramétricos y se realizaron análisis sísmicos elásticos utilizando espectros de diseño basados en los mapas de isoaceleraciones del manual de puentes del Ministerio de Transportes del Perú. Para validar el modelo simplificado, se compararon las respuestas obtenidas con las de modelos estructurales más detallados, incorporando efectos de apoyos comunes y topes sísmicos. Los resultados indicaron que las expresiones propuestas permiten estimar las respuestas sísmicas con errores menores al 10%, ofreciendo una herramienta práctica y precisa para el diseño sísmico de este tipo de puentes.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Alvarado (2021) en su tesis titulada "Comparación del Diseño Estructural de un Edificio Residencial mediante los Softwares ETABS y SAP2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo", presentada en la Universidad César Vallejo, El objetivo principal fue analizar las diferencias en el diseño estructural de un edificio de seis niveles utilizando ETABS y SAP2000, evaluando su eficiencia en términos de desplazamientos, esfuerzos y cuantificación de materiales. La metodología incluyó el modelado de la edificación bajo las Normas E.030-2019 de Diseño Sismorresistente y E.060-2009 de Diseño de Concreto Armado, considerando cargas estáticas y dinámicas. Los resultados mostraron que ETABS presentó desplazamientos laterales de 2.5 cm en el último nivel, mientras que SAP2000 registró 2.7 cm, cumpliendo ambos con los límites normativos. En términos de cuantificación de acero, ETABS estimó un consumo de 125 kg/m³, mientras que SAP2000 reportó 128 kg/m³, lo que representa una diferencia del 2.4%. Se concluyó que, si bien ambos softwares son adecuados, ETABS es más eficiente para edificaciones convencionales, mientras que SAP2000 ofrece ventajas para estructuras con geometrías

complejas, siendo su uso más conveniente en diseños que requieran análisis estructurales avanzados.

Estrada (2020) en su tesis titulada "Comparación del Diseño Estructural mediante la Aplicación del Software ETABS en Contraste con el Método Tradicional de un Edificio de Cinco Pisos con Semisótano en el Distrito de San Martín de Porres – Lima", presentada en la Universidad San Martín de Porres, con el objetivo de comparar el diseño estructural de un edificio de cinco pisos con semisótano utilizando el software ETABS v18.2 y el método tradicional. Se aplicó una metodología cuantitativa con enfoque transversal, analizando estructuración, predimensionamiento y metrado de cargas. Los resultados indicaron que el método tradicional estimó 1200 kg de acero para las columnas del primer nivel, mientras que ETABS calculó 1100 kg, con una diferencia del 9.1%. En las vigas del segundo nivel, el diseño tradicional determinó 800 kg, mientras que ETABS redujo la estimación a 750 kg, reflejando una variación del 6.25%. En cuanto a desplazamientos sísmicos, ETABS indicó un valor máximo de 15 mm en el último nivel, mientras que el método tradicional estimó 18 mm, con una diferencia del 20%. Se concluyó que ETABS optimiza los materiales y reduce costos sin comprometer la seguridad, mientras que el método tradicional proporciona mayor precisión en las cuantías de acero. Se recomienda combinar ambos enfoques para lograr diseños más eficientes y seguros, ofreciendo un aporte significativo para ingenieros y estudiantes en la toma de decisiones estructurales.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

En la actualidad, las instituciones académicas de mayor relevancia en Huánuco, la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL) y la Universidad de Huánuco (UDH), no disponen de iniciativas análogas en desarrollo.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 INGENIERÍA ESTRUCTURAL

La ingeniería estructural es una rama especializada de la ingeniería civil que se dedica al diseño, análisis y construcción de estructuras seguras y duraderas. Los ingenieros estructurales aplican principios de mecánica, física y ciencia de materiales para asegurarse de que las estructuras puedan soportar las cargas que enfrentarán a lo largo de su vida útil, tales como cargas gravitacionales, sísmicas, de viento y las cargas del uso cotidiano (Carlos, 2024).

2.2.2 NORMAS TÉCNICAS

Norma Técnica E.020: Cargas

Es esencial considerar que todos los elementos estructurales que conforman cualquier tipo de edificación, como edificios, viviendas, puentes, entre otros, deben ser capaces de resistir las cargas vivas y muertas que actúan sobre ellos, dependiendo del tipo de proyecto o uso para el que están destinados. Estas combinaciones de cargas deben operar de acuerdo con lo descrito en la norma, sin causar deformaciones o esfuerzos mayores a los especificados en las directrices de la normativa (NORMA E.020, 2019).

Norma Técnica E.030: Diseño Sismorresistente

La normativa establece los lineamientos mínimos que debe contener el diseño de edificaciones u obras civiles, desde viviendas unifamiliares hasta grandes edificios o puentes, con el objetivo de asegurar una respuesta sísmica adecuada. Los principios básicos incluyen la prevención de la pérdida de vidas humanas, la garantía de la continuidad de los servicios básicos de la edificación y la reducción de los daños estructurales que pueda sufrir en caso de un terremoto (NORMA E.030, 2019).

Norma Técnica E.060: Concreto Armado

La normativa establece las normas y exigencias básicas para la construcción de elementos estructurales de concreto armado en distintos

tipos de edificaciones. Además, proporciona los alcances necesarios para realizar los planos, diseño, análisis, ejecución y control de calidad del proyecto. Se especifican requisitos para elementos de concreto armado, pretensado, prefabricado y simple. Es importante mencionar que esta norma no se aplica al diseño y construcción de losas que se apoyan en el suelo, ni al diseño e instalación de pilotes (NORMA E.060, 2019).

Norma Técnica E.070: Albañilería

Esta norma establece los requisitos y condiciones mínimas para la realización de obras civiles basadas en albañilería, con el fin de asegurar su buen análisis, diseño y construcción. También establece los criterios de inspección y control de calidad de las edificaciones, que pueden ser construcciones de muros confinados y muros portantes. Es importante tener en cuenta que los muros portantes se diseñan según criterios determinados por la resistencia y la mecánica de materiales. Por lo tanto, al determinar los esfuerzos en albañilería, es necesario considerar los efectos de sobrecargas, cargas permanentes, intensidad de los sismos, presión del viento, cambios de temperatura, excentricidad de cargas y asentamiento diferencial. Además, se recomienda que el número máximo de pisos para construcciones de ladrillo sea de 5 a 6 pisos o 15 metros lineales (NORMA E.070, 2019).

2.2.3 CARGAS ESTRUCTURALES

Carga viva repartida del piso:

Se refiere a la distribución uniforme de las cargas vivas sobre la superficie del piso. Según la Norma Técnica de Edificaciones E.020, los valores mínimos de estas cargas dependen del uso de la edificación. Por ejemplo, para viviendas, se establece una carga viva mínima de 2.0 kN/m² (RNE, NORMA E.020, 2019).

Tabiquería Móvil:

La norma indica que el peso de los tabiques móviles debe considerarse como una carga viva equivalente uniformemente repartida.

Se recomienda un mínimo de 0.50 kN/m² para divisiones livianas de media altura y 1.0 kN/m² para divisiones de altura completa. Es importante que, si se contempla el uso de tabiques movibles en el diseño, se incluya una nota al respecto en los planos de arquitectura y estructuras (RNE, NORMA E.020, 2019).

Cargas Vivas del Techo:

También se especifican en la norma, especialmente en zonas donde pueden ocurrir nevadas significativas. La carga de nieve se considera una carga viva y su valor mínimo se establece en 0.40 kN/m^2 . Para techos con inclinaciones menores o iguales a 15° , la carga de diseño sobre la proyección horizontal es igual a la carga básica de nieve sobre el suelo (RNE, NORMA E.020, 2019).

Cargas Muertas:

Incluyen el peso de todos los materiales y elementos permanentes de la edificación. La norma proporciona un anexo con los pesos unitarios de diversos materiales de construcción para su consideración en el diseño estructural.

Estas directrices son fundamentales para garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones en Perú, asegurando que puedan resistir las cargas a las que estarán sometidas durante su vida útil (RNE, NORMA E.020, 2019).

2.2.4 ESTRUCTURACIÓN

La estructuración puede definirse como la disposición sistemática de los elementos estructurales, con el propósito de garantizar un comportamiento predecible de la edificación frente a las cargas gravitatorias y sísmicas (Norma E.030, 2019).

Las vigas y columnas conforman el pórtico estructural, el cual tiene la función de soportar el peso de las cargas muertas y vivas de la edificación, lo que genera una distribución más eficiente de dichas cargas. Esto, a su vez, resulta en un comportamiento estructural mejorado (p.38).

2.2.5 CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN

En el diseño estructural sismorresistente, es fundamental considerar varios criterios para garantizar la seguridad y funcionalidad de las edificaciones. A continuación, se describen algunos de estos criterios:

Simetría

La simetría en la distribución de masas y rigideces en una estructura es esencial para asegurar un comportamiento uniforme ante cargas sísmicas. Una estructura simétrica tiende a responder de manera más predecible durante un sismo, reduciendo la posibilidad de torsiones inesperadas (RNE NORMA E.030, 2019).

Densidad de la estructura en planta

La densidad se refiere a la distribución y concentración de elementos estructurales en la planta del edificio. Una distribución equilibrada contribuye a una mejor respuesta sísmica, evitando concentraciones de esfuerzos que puedan comprometer la integridad estructural (RNE NORMA E.030, 2019).

Resistencia adecuada

Es crucial que la estructura posea la resistencia necesaria para soportar las cargas laterales inducidas por movimientos sísmicos. Esto implica un diseño que considere materiales y secciones capaces de resistir las fuerzas previstas sin experimentar fallas (RNE NORMA E.030, 2019).

Continuidad

La continuidad estructural, tanto en planta como en elevación, asegura que las fuerzas sísmicas se transmitan de manera eficiente a través de la estructura hasta los cimientos. Las discontinuidades pueden generar concentraciones de esfuerzos y comportamientos no deseados durante un sismo (RNE NORMA E.030, 2019).

Ductilidad:

La ductilidad es la capacidad de una estructura para deformarse más allá de su límite elástico sin perder su capacidad resistente. Una alta ductilidad permite que la estructura absorba y disipe energía sísmica, evitando fallas frágiles y repentinas (RNE NORMA E.030, 2019).

Deformaciones Limitadas

Es importante que las deformaciones laterales de la estructura se mantengan dentro de límites aceptables para garantizar la estabilidad y funcionalidad post-sismo. Controlar estas deformaciones ayuda a prevenir daños excesivos en elementos no estructurales y en el contenido de la edificación.

Estos criterios son fundamentales para el diseño de edificaciones que puedan resistir de manera efectiva las solicitaciones sísmicas, protegiendo tanto a sus ocupantes como a la integridad de la estructura misma (RNE NORMA E.030, 2019).

2.2.6 PREDIMENSIONAMIENTO

La etapa de predimensionamiento es una etapa preliminar en el diseño estructural que permite estimar las dimensiones iniciales de los elementos principales de una edificación, como losas, vigas y columnas. Este proceso se basa en criterios y recomendaciones establecidos en normativas técnicas peruanas para garantizar la seguridad y funcionalidad de la estructura (RNE, NORMA E.060, 2019).

LOSAS

Las losas son elementos horizontales que distribuyen las cargas hacia las vigas y columnas. Para losas aligeradas, la Norma Técnica de Edificaciones E.060 sugiere un peralte mínimo de 20 cm para luces menores a 7.5 metros, considerando una sobrecarga de uso menor a 300 kg/m². Este espesor ayuda a controlar las deflexiones y asegurar un comportamiento estructural adecuado (RNE, NORMA E.060, 2019).

VIGAS

Las vigas son elementos horizontales que soportan las cargas de las losas y las transmiten a las columnas. El peralte (altura) de una viga principal puede estimarse como la décima parte de la luz que abarca. Por ejemplo, para una luz de 5 metros, el peralte recomendado sería de 50 cm. Este criterio ayuda a limitar las deflexiones y garantizar la rigidez necesaria (RNE, NORMA E.060, 2019).

COLUMNAS:

Las columnas son elementos verticales que soportan las cargas de las vigas y las transmiten a la cimentación. El área de una columna central puede estimarse multiplicando 0.45 por la carga axial factorizada y dividiendo el resultado por la resistencia del concreto. Para columnas exteriores o esquineras, se recomienda un factor de 0.35. Estos valores permiten dimensionar secciones adecuadas para resistir las cargas aplicadas (RNE, NORMA E.060, 2019).

Columnas exteriores:

Son aquellas ubicadas en el perímetro de la edificación y generalmente soportan cargas provenientes de vigas de borde y losas adyacentes. Debido a su ubicación, pueden estar expuestas a esfuerzos adicionales por efectos de viento o sismo, por lo que su predimensionamiento debe considerar un mayor refuerzo estructural. En edificaciones de concreto armado, su sección transversal suele ser rectangular para optimizar su comportamiento ante cargas laterales y minimizar las deformaciones en fachadas (RNE, NORMA E.060, 2019).

$$A_{col-e} = \frac{P_{Servicio}}{0.35f'_c}$$

Columnas internas:

Se encuentran dentro de la edificación y soportan la mayor parte de las cargas gravitacionales transmitidas por vigas y losas. Estas columnas tienden a ser más robustas que las exteriores, ya que reciben una carga axial mayor. Su predimensionamiento suele considerar una sección cuadrada o rectangular, dependiendo de la distribución estructural y arquitectónica del edificio (RNE, NORMA E.060, 2019).

$$A_{col-i} = \frac{P_{Servicio}}{0.45f'_c}$$

CARGAS DE DISEÑO:

En el diseño estructural, es fundamental considerar las diferentes cargas que actuarán sobre la edificación:

Carga Muerta:

Es el peso propio de la estructura y de los elementos permanentes, como paredes, techos y acabados. Se calcula en base a los pesos unitarios de los materiales, según lo indicado en la Norma Técnica de Edificaciones E.020 (RNE, NORMA E.060, 2019).

Carga Viva:

Corresponde a las cargas temporales o móviles, como personas, muebles y equipos. La misma norma establece los valores mínimos de carga viva según el uso de la edificación (RNE, NORMA E.060, 2019).

Carga de Sismo:

Son las fuerzas inducidas por la actividad sísmica. La Norma Técnica de Edificaciones E.030 proporciona los lineamientos para el cálculo de estas cargas, considerando factores como la zona sísmica, el tipo de suelo y las características de la estructura (RNE, NORMA E.060, 2019).

2.2.7 MODELO ESTRUCTURAL COMPUTARIZADO

Actualmente, los ingenieros estructurales tienen la capacidad de utilizar varios programas de modelado y análisis estructural, cada uno basado en una hipótesis o teoría específica. Las prácticas de diseño estructural están cada vez más automatizadas, gracias al uso generalizado de computadoras. Estas herramientas se utilizan para el análisis estructural, llegando incluso a la etapa de dimensionamiento y la generación de planos y especificaciones estructurales (Gómez Martínez, 2011).

Para esta tesis, se seleccionaron los programas ETABS y SAP2000 para generar dos modelos sísmicos, puesto que estas innovaciones posibilitan efectuar estudios lineales y no lineales en tres dimensiones.

2.2.8 PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL MODELO

Diafragma

Un diafragma rígido se define como una estructura diseñada para conectar los muros de un edificio, logrando una integración completa. Su capacidad de desplazamiento se limita a dos direcciones, tanto

horizontal como vertical. Se considera rígido cuando su longitud máxima no supera cuatro veces su anchura. Se prefieren construcciones con diafragmas rígidos y constantes para que las losas actúen como elementos que unen los recursos estructurales, compatibilizando así sus desplazamientos transversales (Construyendo Seguro, 2020).

Elementos Pier

Los piers poseen la aptitud de unificar diversos componentes de muro o frame, actuando en conjunto como una única unidad constructiva. La exigencia de desempeñarse en cada acción también se encuentra comprendida dentro de las cargas (CSI Analysis Reference Manual, 2017).

Sistema de Apoyos

Para la estructura analizada, no se tienen en cuenta los inconvenientes de asentamiento o desplazamiento en la cimentación. Por esta razón, los fundamentos de los pilares y las paredes de los componentes se representan como un empotramiento rígido (CSI Analysis Reference Manual, 2017).

2.2.9 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para la fase definitiva del diseño de todos los componentes estructurales, es esencial familiarizarse con los principios delineados en la norma E.060 de Diseño en Concreto Armado. Este proceso implica la identificación de la ductilidad necesaria para cada elemento estructural, empleando la cuantía apropiada de refuerzo metálico y configurando la sección transversal de manera que pueda soportar los momentos indicados por el estudio sísmico.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA CARGAS DE GRAVEDAD

En el análisis estructural para cargas de gravedad, es esencial considerar tanto las cargas muertas (CM) como las cargas vivas (CV). Las cargas muertas corresponden al peso propio de la estructura y de los elementos permanentes que la componen, como materiales de construcción, dispositivos de servicio, equipos fijos y tabiques. Por otro

lado, las cargas vivas son aquellas asociadas a los ocupantes, mobiliario, equipos móviles y otros elementos que pueden variar con el tiempo. Para el diseño estructural, es fundamental seguir las directrices establecidas en la Norma Técnica E.020.

Cargas

Al modelar estas cargas mediante software de análisis estructural, es crucial conceptualizar modelos de carga que sean apropiados para el tipo de estudio y que reflejen con precisión las condiciones reales a las que estará sometida la edificación.

2.2.10 SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO

Pórticos

Son estructuras conformadas por vigas y columnas de concreto armado que trabajan conjuntamente para resistir cargas verticales y laterales. Este sistema es adecuado para edificaciones que requieren espacios amplios sin muros intermedios, ofreciendo flexibilidad en el diseño arquitectónico (RNE NORMA E.030, 2019).

Muros Estructurales

Consisten en muros de concreto armado que proporcionan alta rigidez y resistencia lateral, siendo efectivos para controlar desplazamientos y deformaciones en edificaciones. Son ideales para construcciones en zonas sísmicas debido a su capacidad para disipar energía sísmica (RNE NORMA E.030, 2019).

Dual

Combinan pórticos y muros estructurales, distribuyendo la resistencia sísmica entre ambos. Según la Norma Técnica E.030, los sistemas duales se clasifican en:

Tipo 1: Los muros estructurales resisten entre el 60% y 80% de la fuerza cortante en la base.

Tipo 2: Los muros estructurales resisten entre el 20% y 60% de la fuerza cortante en la base.

Esta combinación ofrece un equilibrio entre rigidez y ductilidad, mejorando el comportamiento sísmico de la edificación (RNE NORMA E.030, 2019).

2.2.11 ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA CARGAS SÍSMICAS

Criterios para el Análisis Sísmico

a) El movimiento sísmico considerado para determinar las fuerzas sísmicas corresponde al definido en la Norma Técnica E.030, el cual tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en un período de 50 años.

b) Existen 2 tipos de análisis sísmico:

b.1) Estudio sísmico estático:

Es un método simplificado que aplica fuerzas laterales equivalentes para representar los efectos sísmicos en la estructura. Es adecuado para edificaciones regulares y de altura moderada.

b.2) Estudio sísmico dinámico:

Es un enfoque más detallado que considera la respuesta dinámica de la estructura ante movimientos sísmicos, utilizando modelos matemáticos y registros de acelerogramas. Es recomendable para edificaciones irregulares o de gran altura.

2.2.12 CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE

Se refiere al enfoque integral en el diseño de edificaciones para que puedan resistir de manera efectiva las fuerzas sísmicas. Este enfoque implica una planificación cuidadosa de la configuración estructural, la selección de sistemas constructivos adecuados y la consideración de las características sísmicas del lugar. El objetivo es garantizar que la estructura tenga la capacidad de disipar energía y deformarse sin colapsar durante un sismo, protegiendo así la vida de los ocupantes y minimizando daños. Según la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente", es esencial que los elementos estructurales cumplan con las disposiciones específicas para asegurar un comportamiento adecuado frente a eventos sísmicos.

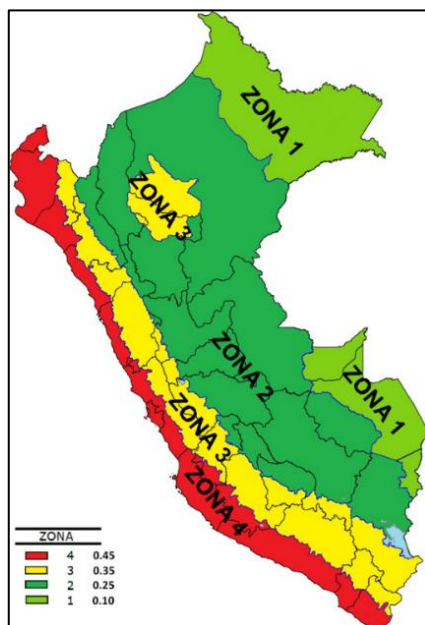
2.2.13 PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO

Zonificación

El territorio peruano se divide en cuatro zonas sísmicas, numeradas del 1 al 4, basadas en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral. Esta zonificación permite determinar los valores de aceleración sísmica que deben considerarse en el diseño estructural, asegurando que las edificaciones estén preparadas para las solicitaciones sísmicas esperadas en cada región. La edificación en análisis se ubica en el distrito de Pillco Marca, en la provincia de Huánuco; El consenso del Anexo 1 de la NTE E030 corresponde al área sísmica 2, y de acuerdo a la Tabla 1 de la misma norma se extrae el coeficiente de la componente regional $Z = 0,25$.

Figura 1

Zonificación Sísmica



Nota. En la imagen se visualiza la zonificación sísmica de las 4 zonas. *Fuente.* RNE (2019).

b) Condiciones Geotécnicas

Según las disposiciones de la Norma E.030, la clasificación de los estratos de suelo se basa en la velocidad promedio de propagación de

las ondas de corte ($\bar{V}_s$). Para suelos granulares, se requiere considerar la media ponderada ($\bar{N}_{60}$), la cual se determina mediante el Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Por otro lado, en el caso de suelos cohesivos, se debe tener en cuenta el promedio ponderado de la resistencia al corte en la condición no drenada ($\bar{S}_u$). Existen cinco tipos de configuraciones de piso.

Tipo S0: Roca Dura

Se trata de rocas sanas con una velocidad de propagación de ondas de corte (V_s) superior a 1,500 m/s. Es por ello que se deben tomar medidas donde se ubica la edificación o, en todo caso, debe tener las mismas características que la roca, es decir, debe tener la misma formación con las mismas o mayores fisuras. Después de saber si la roca se endurece continuamente hasta una profundidad de 30.00 m, las mediciones de la velocidad de la onda de corte superficial se pueden usar para deducir el valor de V_s .

Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos

Para rocas con diferentes grados de fracturación, que son macizos homogéneos, y suelos de alta dureza, la velocidad de propagación de la onda de corte V_s es de 500.00 m/s a 1500.00 m/s.

Tipo S2: Suelos Intermedios

Son suelos parcialmente duros, con velocidades de propagación de ondas de corte V_s entre 180.00 m/s y 500.00 m/s.

Tipo S3: Suelos Blandos

Este es un suelo plástico con velocidad de propagación de ondas de corte V_s menor o igual a 180.00 m/s.

Tipo S4: Condiciones Excepcionales

Rara vez son suelos flexibles y donde las condiciones geológicas y topográficas no son favorables, se requiere un estudio específico en el sitio.

Para la situación en el lugar de análisis, se consideró un suelo correspondiente al perfil tipo S2 (suelos intermedios).

c) Parámetros de Sitio

Es necesario considerar el tipo de suelo que mejor describa las características y condiciones del área de estudio, utilizando valores de acuerdo al factor de amplificación del suelo S y los periodos TP y TL.

Tabla 1

Factor de suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
SUE	Pe	Pe	Pe	Pe
LO	rfil = S0	rfil = S1	rfil = S2	rfil = S3
Z4			1.	1.
			05	10
Z3			1.	1.
	0.	1.	15	20
Z2	80	00	1.	1.
			20	40
Z1			1.	2.
			60	00

Nota. Se observa el coeficiente de suelo para cada modelo de suelo. Fuente. RNE (2019).

Tabla 2

Periodo TP y TL

PERIODOS "TP" Y "TL"				
Perio	P	P	P	P
dos	erfil = S0	erfil = S1	erfil = S2	erfil = S3
TP (s)	0.	0.	0.	1.
	3	4	6	0
TL (s)	3.	2.	2.	1.
	0	5	0	6

Nota. Se observa los periodos para cada tipo de suelo. Fuente. RNE (2019).

d) Elemento de Amplificación Sísmica

Tomando como fundamento las particularidades de la zona de análisis, el factor de amplificación sísmica (C) se determina de la siguiente manera:

Tabla 3*Factor de Amplificación Sísmica*

Factor de Amplificación Sísmica	
$T < T_p$	$C = 2.5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2.5 \times (T_p/T)$
$T > T_L$	$C = 2.5 \times ((T_p \times T_L)/T^2)$

Nota. Se observa el parámetro de suelo para cada categoría de suelo. Fuente. RNE (2019).

e) Categoría de la edificación y factor de uso

La edificación se categoriza conforme a la importancia y la finalidad de su empleo. De acuerdo con la NTE E030, se agrupan en cuatro clases: fundamentales, relevantes, ordinarias y provisionales. Según la tabla 6 de la NTE E030, las estructuras pertenecen al nivel C (infraestructuras mayores) con el coeficiente de empleo $U = 1,0$.

Tabla 4*Factor de uso*

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	N	R U
C	Edificaciones comunes	1.0
Edificaciones Comunes		

Nota. Se observa la categoría de edificaciones y factor U. Fuente. RNE (2019).

f) Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas (R_o)

La filosofía de diseño sísmico puede utilizarse para diseñar componentes basándose en el parámetro esencial de disminución del impacto telúrico (R_o), que simboliza su flexibilidad durante un evento sísmico.

Los materiales de los componentes y sistemas estructurales sísmicos importantes son funcionales en todas las direcciones sísmicas

estudiadas. El hormigón armado se utiliza para proporcionar estabilidad estructural a los edificios.

El hormigón armado se utiliza para la integridad estructural, siendo los muros estructurales el sistema sismorresistente. Según la tabla 7 de la NTE E030:

Tabla 5

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas sísmicas (R_0)

Sistema Estructural		Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:		
Pórticos Resistentes a Momentos (SMF)	Especiales	8
Pórticos Resistentes a Momentos (IMF)	Intermedios	7
Pórticos Resistentes a Momentos (OMF)	Ordinarios	6
Pórticos Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	Especiales	8
Pórticos Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	Ordinarios	6
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 (Por esfuerzos admisibles)	7

Nota. Se observa el coeficiente básico para cada sistema estructural. Fuente. RNE (2019).

g) Factores de Irregularidad

Para identificar las irregularidades estructurales en la edificación bajo análisis, es necesario tener en cuenta las variaciones tanto en la elevación (Ia) como en la planta (Ip), según lo establecido en la NTE E030. Estas discrepancias pueden surgir debido a distintas condiciones de diseño y configuraciones del edificio. Algunas de las irregularidades comunes a considerar son aquellas relacionadas con la altura de los pisos, la disposición de los elementos estructurales y la simetría de la planta. Evaluar estas irregularidades es esencial para comprender su impacto en el factor de reducción sísmica (R_o) y garantizar la seguridad y estabilidad del edificio durante un sismo.

Restricciones de irregularidades

De acuerdo a la normativa E030, se señala que, conforme a la clasificación y el área donde esté ubicado el edificio, se deben considerar las siguientes anomalías:

Tabla 6

Clase y uniformidad de las construcciones.

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES			
Categoría		Zona	Limitaciones
de	la		
Edificación			
A1 y A2		4, 3	No se admiten
		y 2	discontinuidades
		1	No se admiten discontinuidades severas

B	4, 3	No se admiten discontinuidades severas
	y 2	
	1	Sin limitaciones
C	4 y 3	No se admiten discontinuidades severas
	2	No se admiten discontinuidades severas salvo en construcciones de hasta 2 niveles o 8 m de altura total
	1	Sin limitaciones

Nota. Se observa la categoría y regularidad de las edificaciones.
Fuente. RNE (2019).

Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)

Según la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) es un factor que considera la ductilidad y capacidad de disipación de energía de la estructura. Se determina mediante la expresión:

$$R=R_o \times I_a \times I_p$$

2.2.14 ANÁLISIS ESTÁTICO

El análisis estático equivalente, conforme a la Norma E.030 (2019), permite evaluar la demanda sísmica sobre una estructura mediante la aplicación de un conjunto de fuerzas horizontales equivalentes, ubicadas en el centro de masa de cada nivel del edificio.

Fuerza Cortante Mínima

El cortante basal mínimo es la fuerza de corte generada en la base de la estructura debido a la acción sísmica. Para edificaciones regulares, este valor no debe ser menor al 80% del cortante basal obtenido mediante el análisis estático. En caso contrario, la fuerza cortante dinámica debe ser ajustada mediante un factor de escala. Su cálculo se rige por la ecuación:

$$V_{est} = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} P$$

Donde:

- Z es el factor de zonificación sísmica.
- U es el coeficiente de uso de la estructura.
- C es el coeficiente sísmico.
- S es el factor de suelo.
- R es el coeficiente de reducción de fuerza sísmica.
- P es el peso de la estructura.

Además, se establece que la relación C/R no debe ser inferior a:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración de una estructura en una dirección determinada se estima conforme a la Norma E.030 (RNE, 2019) y se determina mediante la siguiente expresión:

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

Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo (RNE, NORMA E.030, 2019), el factor de amplificación sísmica C depende de las condiciones del sitio donde se construirá la estructura. Su cálculo se establece en función del período fundamental de vibración T de la edificación y los períodos característicos del suelo, siguiendo las expresiones:

$$T < T_P; C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L; C = 2.5 \times \frac{T_P}{T}$$

$$T > T_L; C = 2.5 \times \frac{T_P \times T_L}{T^2}$$

2.2.15 ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

a) Espectro de Respuesta Sísmica

Se obtiene el espectro de diseño a partir de los datos registrados por acelerómetros o ingresados en el software de análisis estructural,

conforme a lo establecido en la Norma Técnica (RNE, NORMA E.030, 2019)

b) Carga Sísmica Dinámica

Se establecen las condiciones de análisis para cada dirección de estudio sísmico. En esta etapa, se especifican los parámetros del modelo, incluyendo la orientación del análisis, la metodología aplicada, el método de combinación modal, los factores de amplificación y la consideración de la excentricidad accidental, conforme a lo indicado en la Norma Técnica. (RNE, NORMA E.030, 2019)

c) Estimación del Peso de la Edificación

La carga gravitacional del edificio se estima a partir de la combinación de cargas muertas y un porcentaje de cargas vivas, siguiendo las disposiciones del Artículo 4.3 de la NTE E.030. Para edificaciones de Clase C, se considera un recargo del 25%.

d) Parámetros del Análisis Modal

Se determinan los modos de vibración en función del número de diafragmas y la metodología de cálculo adoptada. La normativa establece restricciones que deben verificarse antes de proceder con el diseño estructural.

Desplazamientos Relativos Admisibles

Las normativas estructurales actuales imponen restricciones a los desplazamientos relativos entre pisos (deriva), ya que estos reflejan el nivel de daño potencial en una edificación durante un evento sísmico. Se considera que la magnitud de estos desplazamientos es un factor clave para determinar si los daños son reparables o comprometen la estabilidad estructural. Para el análisis de estructuras de concreto armado, el límite de distorsión en el entrepiso es de 0.007.

Los modos de vibración caracterizan la forma en que una estructura oscila ante cargas dinámicas. El análisis modal dinámico permite determinar la respuesta estructural considerando la participación de masas en distintas frecuencias de vibración, y su combinación

proporciona una estimación global del comportamiento de la edificación. Según la normativa, en cada dirección se debe incluir al menos el 90% de la masa con participación acumulada (Velásquez P & Fonten G, 2015).

La aceleración espectral, que corresponde a los valores máximos de aceleración que pueden afectar una estructura, depende del sistema estructural, la actividad sísmica de la región y las características del suelo. La norma NTE E.030 establece la siguiente ecuación para el cálculo del espectro de diseño en función de diversos factores de ajuste:

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

Asimismo, la norma exige la implementación de juntas sísmicas entre edificaciones colindantes, permitiendo que cada estructura se mueva de manera independiente durante un sismo. La distancia mínima de separación se define según la altura de la edificación y los desplazamientos laterales en la azotea:

$$S = \text{Max} (0.006 * h, 0.03m, 2/3 \Delta \text{Max. edificios vecinos})$$

Si las construcciones aledañas cuentan con juntas sísmicas, la separación mínima debe ser de al menos 2/3 del desplazamiento máximo o no menor a s/2 (RNE, NORMA E.030, 2019).

El centro de masa de una edificación se define como el punto en el que la distribución de la masa total genera un equilibrio en términos de fuerzas gravitatorias. Su determinación se realiza estableciendo un sistema de coordenadas ortogonales en la intersección de los pórticos estructurales. En contraste, el centro de rigidez representa el punto de un nivel donde la aplicación de una carga cortante no genera rotaciones con respecto a niveles inferiores (Velásquez P & Fonten G, 2015).

El análisis modal dinámico calcula distintos modos de vibración, los cuales determinan el comportamiento sísmico de la estructura. Se evalúan tres métodos para cada diafragma rígido predefinido y, mediante la combinación de las masas participantes en cada caso, se

obtiene la respuesta sísmica total. La normativa exige que, en cada dirección, la suma de las masas participantes alcance al menos el 90% del total acumulado (Velásquez P & Fonten G, 2015).

Finalmente, el diagrama de fuerzas proporciona la base para el diseño estructural, considerando tanto cargas gravitacionales como cargas sísmicas. A partir de estos resultados, se establece la distribución del refuerzo en los elementos estructurales de concreto armado. Actualmente, el método más utilizado para el diseño de refuerzo es el de resistencia última, el cual amplifica las cargas mediante factores de seguridad y permite que los elementos estructurales trabajen en el rango inelástico sin comprometer su estabilidad (Velásquez P & Fonten G, 2015).

2.2.16 SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Software SAP2000:

SAP2000 es un programa de diseño especializado que aplica el procedimiento de componentes diminutos hacia un límite. gráfica de usuario basada en objetos 3D. Es importante que SAP2000 proporcione una interfaz de usuario avanzada, intuitiva y versátil, junto con un potente motor de análisis. Su objetivo es ofrecer modelos avanzados para una variedad de aplicaciones, como el diseño de estructuras para el tráfico, la industria, obras públicas, deportes y otros entornos.

Software ETABS:

ETABS es una herramienta que permite realizar estudios estructurales de edificaciones, adaptándose a la disponibilidad de recursos. Este programa facilita el modelado de componentes y refuerza las cargas de diseño. Además, es altamente interactivo, lo que permite una evaluación efectiva de valores y resultados en el proceso de investigación estructural.

Software SAFE:

SAFE es un conjunto íntegro que comprende cada faceta del procedimiento de planificación, desde el diseño hasta la producción del

diseño detallado, todo en un único entorno intuitivo. Ofrece una evaluación local muy avanzada en estructuras más grandes de sistemas de cimentación y tiene la capacidad de importar archivos de ETABS y SAP2000.

2.2.17 CONCEPTOS PARA DISEÑO SISMORRESISTENTE

El análisis por capacidad se aplica en el desarrollo de edificaciones de concreto reforzado, donde cada componente estructural debe contar con resistencias admisibles ϕR_n (RNE, NORMA E.060, 2019). Se establecen coeficientes de reducción de capacidad y factores de incremento de carga Φ . Todos los elementos estructurales deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$\Phi R_n \geq R_u$$

Las capacidades admisibles ϕR_n del componente, sus uniones con otras piezas, así como las secciones transversales sometidas a flexión, carga axial, cortante y torsión, son consideradas como resistencias nominales. Estas se estiman conforme a los requerimientos normativos aplicando el factor de reducción ϕ especificado en la norma (RNE, NORMA E.030, 2019).

Diseño de losas aligeradas

a) Diseño por Flexión

La capacidad de flexión de las placas alivianadas considera la disposición del bloque comprimido al estimar el área de acero. Para momentos negativos, la zona comprimida no debe exceder los 5 centímetros, mientras que, para momentos positivos, la compresión no debe superar los 15 centímetros desde el alma. El cálculo del área de refuerzo de la viga se determina mediante las siguientes ecuaciones:

$$a = d - \sqrt{d - \frac{2M_u}{\Phi 0.85 f'_c \times b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

No obstante, el área mínima de refuerzo en flexión debe validarse con la ecuación:

$$A_{S \text{ mín}} = \frac{0.22\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

b) Diseño por cortante

Según (RNE, NORMA E.060, 2019) la capacidad de cortante del concreto reforzado puede considerarse con un margen de seguridad del 10% respecto a la esperada:

$$V_C = 1.1 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} b_w d$$

Se debe garantizar que la capacidad de corte exceda el esfuerzo cortante de diseño V_U . De no cumplir con el requisito, se procede a reforzar de manera discontinua o continua.

c) Corte de refuerzo

La capacidad resistente y el momento aplicado para generar el esfuerzo cortante del refuerzo deben coincidir, asegurando que ($\phi M_n > M_u$), estableciendo el punto teórico de intersección en el cual la longitud de anclaje es d o $12d_b$, lo que permite el desarrollo de esfuerzos por flexión.

DISEÑO DE VIGAS:

a) Diseño por Flexión

Las siguientes ecuaciones permiten obtener el área de refuerzo paso a paso:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0.85 f'_c \times b}}$$

$$A_S = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

El área mínima de acero en vigas se verifica mediante la ecuación:

$$A_{S \text{ mín}} = \frac{0.70\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

El área máxima de refuerzo en vigas se establece según la expresión:

$$A_{S \text{ máx}} = 0.75 \rho_{bal} bd$$

b) Diseño por cortante

Debe evaluarse la capacidad de corte de la losa, ya que el concreto puede soportar los esfuerzos cortantes críticos debido a la ausencia de mecanismos de transmisión de cargas:

$$V_C = 0.53 \times \sqrt{f'_c} b_w d$$

Diseño de columnas:

a) Diseño por flexo-compresión

El diseño en flexo-compresión parte de una cuantía mínima en la columna, permitiendo trazar un diagrama de iteración para verificar que las cargas aplicadas se encuentran dentro del dominio de capacidad.

La norma E.060-2019 establece las siguientes recomendaciones para el diseño sismorresistente basado en flexo-compresión:

- La cuantía de acero debe oscilar entre el 1% y el 6%.
- En conexiones de viga-columna, la separación entre estribos no debe superar los 15 centímetros.

b) Diseño por cortante

La norma E.060-2019 define la ecuación para estimar la resistencia al corte en elementos sujetos a cargas axiales.

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} b_w d \left(1 + \frac{N_u}{140 A_g} \right)$$

$$V_S = \frac{V_u}{\Phi} - V_C$$

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Cargas Muertas: Fuerzas permanentes generadas por el peso propio de la estructura y elementos fijos, considerando materiales, acabados y equipos empotrados (RNE, NORMA E.020).

Cargas Vivas: Se refiere al peso de las personas o recursos móviles dentro de la estructura. La norma E.020 proporciona valores específicos para diferentes tipos de uso (RNE, NORMA E.020).

Cargas Sísmicas: Fuerzas inducidas por sismos que afectan la estructura, calculadas según zona sísmica, tipo de suelo y ductilidad del sistema estructural (RNE, NORMA E.020).

Empuje Horizontal: Presión ejercida por suelos, agua o materiales granulares sobre estructuras de contención, considerando coeficientes de empuje activo, pasivo y en reposo (RNE, NORMA E.030).

Zonificación Sísmica: Perú está dividido en 4 regiones sísmicas, con valores diferentes representados por la NTE-E060 (RNE, NORMA E.030).

Parámetros de Sitio: Factores geotécnicos y sísmicos del terreno que influyen en el diseño estructural, como tipo de suelo, aceleraciones de diseño y respuesta espectral (RNE, NORMA E.030).

Diseño de Miembros: Determinación de dimensiones y refuerzo estructural para resistir cargas aplicadas, garantizando seguridad y desempeño adecuado bajo solicitaciones (RNE, NORMA E.020).

Combinaciones de Cargas: Superposición de efectos de distintas cargas para evaluar la resistencia estructural, considerando factores de carga y seguridad en condiciones normales y extremas (RNE, NORMA E.030).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H_i : La propuesta de un análisis comparativo del diseño sismorresistente utilizando los softwares ETABS y SAP2000 mejora el comportamiento estructural de un hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023

H_0 : La propuesta de un análisis comparativo del diseño sismorresistente utilizando los softwares ETABS y SAP2000 no mejora el comportamiento estructural de un hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Si se realiza un predimensionamiento adecuado de los elementos estructurales, entonces el diseño sismorresistente del hotel en Pillco Marca-Huánuco cumplirá con los estándares de seguridad estructural-2023.

Si se realiza el modelamiento en los softwares ETABS y SAP2000, entonces se optimizará el análisis y diseño sísmico estructural para el hotel en Pillco Marca, Huánuco – 2023.

Si se utiliza el software de diseño estructural Etabs o Sap2000 en el análisis estructural de edificaciones en Pillco Marca, Huánuco, entonces se observarán diferencias en los resultados de los parámetros estructurales obtenidos, como desplazamientos, fuerzas internas y deformaciones.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño sismorresistente

Indicadores:

- Plano de Ubicación y Localización
- Propiedades Mecánicas del suelo
- Área Libre
- Área Techada
- Distribución arquitectónica

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Comportamiento Estructural

Indicadores:

- Análisis dinámico
- Análisis estático
- Control de deriva
- Fuera sísmica
- Diseño de cimentación
- Diseño de columnas
- Diseño de vigas
- Diseño de escaleras

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7

Sistema de variables-dimensiones e indicadores.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Comportamiento Estructural	Análisis Sismorresistente	• Análisis dinámico	Cuantitativa	Discreta
		• Análisis estático		
		• Control de deriva		
		• Fuerza sísmica		
		• Diseño de cimentación		
	Diseño Estructural	• Diseño de columnas		
		• Diseño de vigas		
		• Diseño de escaleras		
	Estudio Básicos	• Plano de Ubicación y Localización		
		• Propiedades Mecánicas del suelo		
V. dependientes Diseño Sismorresistente	Diseño Arquitectónico	• Área Libre	Cuantitativa	Discreta
		• Área Techada		
		• Distribución arquitectónica		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

La tesis presentó un enfoque cuantitativo, ya que su objetivo es expresar los resultados del estudio mediante valores numéricos obtenidos a partir de dos modelos utilizando los softwares ETABS y SAP2000.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

La presente tesis adoptó un enfoque explicativo, ya que describió en detalle los procesos estructurales llevados a cabo, analizó el comportamiento estructural y comparó los resultados obtenidos de ambos softwares. Esta aproximación permitió identificar el comportamiento de la estructura, ofreciendo una comprensión más profunda de su desempeño y resultados.

3.1.3 DISEÑO

En esta tesis se empleó un diseño no experimental, donde se evaluó la variable independiente en diversos contextos sin intervención directa de los investigadores. Se compararon las respuestas sísmicas de las edificaciones utilizando dos enfoques de desarrollo distintos: un método simplificado propuesto y un modelo estructural más complejo. Este enfoque permitió analizar las variaciones en diferentes escenarios y validar los resultados obtenidos

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.4 POBLACIÓN

La población estudiada estuvo representada por diversos edificios multifamiliares y comerciales cercanos de 5 niveles ubicados en el distrito de Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco.

3.1.5 MUESTRA

Para realizar la tesis, se tomó como caso de estudio un hotel de cinco pisos ubicado en el distrito de Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.6 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica: Durante el transcurso de la investigación, se utilizó la técnica de observación directa en varias etapas y procesos. Se prestó especial atención a varios aspectos críticos, como la evaluación de la respuesta dinámica de la estructura, la identificación de posibles puntos de falla y la verificación de la integridad estructural bajo cargas sísmicas simuladas. Además, se consideraron diversos factores, incluidos los materiales utilizados, las técnicas de construcción empleadas y las configuraciones geométricas específicas de la estructura. En la fase de diseño estructural, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del comportamiento de la estructura bajo condiciones sísmicas, conforme a los parámetros definidos por la norma E.030 de diseño sismorresistente.

Esta observación facilitó a los investigadores evaluar con precisión la reacción de las estructuras propuestas bajo condiciones sísmicas simuladas.

Además, se realizó una visita al lugar específico del estudio de mecánica de suelos para observar directamente el área de interés. Esta visita in situ fue crucial para entender mejor las condiciones geotécnicas del terreno, lo cual es fundamental para el diseño adecuado de las infraestructuras, garantizando su estabilidad y resistencia frente a eventos sísmicos. La combinación de observación directa en el sitio y análisis estructural permitió a los investigadores recopilar datos precisos y relevantes para el desarrollo y validación de sus modelos y métodos simplificados.

Instrumentos: Se usó normas técnicas y softwares para procesamiento.

- Norma Técnica de Edificaciones del Perú
- Etabs, desarrollador: Computers and Structures, Inc.
- Sap2000, desarrollador: Computers and Structures, Inc.
- Safe, desarrollador: Computers and Structures, Inc.
- Autocad, desarrollador: Autodesk.

Material bibliográfico:

Para el desarrollo de la investigación se consultaron múltiples referencias bibliográficas y documentos de ámbito nacional.

- Normativa E020 Cargas
- Normativa E030 Diseño sismorresistente
- Normativa E050 Suelos y cimentaciones
- Normativa E060 Concreto armado
- ACI318-19
- Libros

Para recopilar información topográfica, utilizaremos equipos de georreferenciación, y para el almacenamiento y procesamiento de datos, emplearemos dispositivos electrónicos como computadoras portátiles y unidades de almacenamiento externas.

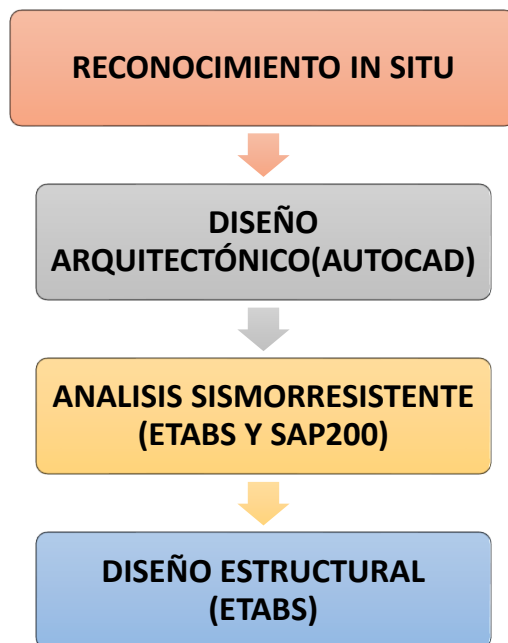
3.1.7 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se realizó una inspección en el sitio del proyecto, ubicado en el Jirón Las Palmeras, en el distrito de Pillco Marca. Para el desarrollo del plano arquitectónico, se tomaron en cuenta las disposiciones de las normas A010 y A020 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis preliminar de los elementos estructurales para asegurar la estabilidad de la edificación, complementado con el cálculo de las cargas aplicadas conforme a la norma E.020. Luego, se procedió con el análisis sísmico estático mediante los programas ETABS y SAP2000, donde se determinaron los desplazamientos máximos y el cortante de diseño siguiendo los lineamientos de la norma E0.30. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos en ambas herramientas, lo que permitió desarrollar

el diseño estructural completo según las especificaciones de la norma E0.60 para estructuras de concreto armado.

Figura 2

Para la presentación de datos



3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se llevó a cabo una recopilación minuciosa de información en el sitio, la cual fue utilizada para la generación de planos arquitectónicos mediante el programa AutoCAD. En esta fase, se definieron las distribuciones de los distintos ambientes del proyecto. Luego, se desarrolló la modelación, el análisis sísmico y el diseño estructural empleando las herramientas ETABS y SAP2000. Este procedimiento permitió obtener información detallada sobre el comportamiento estructural, considerando parámetros como desplazamientos, derivas, cuantías, esfuerzos cortantes, momentos flectores, capacidad resistente y ductilidad.

Posteriormente, se efectuó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en ETABS y SAP2000. Esta evaluación detallada facilitó la identificación del software más adecuado y eficiente para el diseño estructural, tomando en cuenta factores como precisión, velocidad de procesamiento y costo, garantizando el cumplimiento de las normativas vigentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

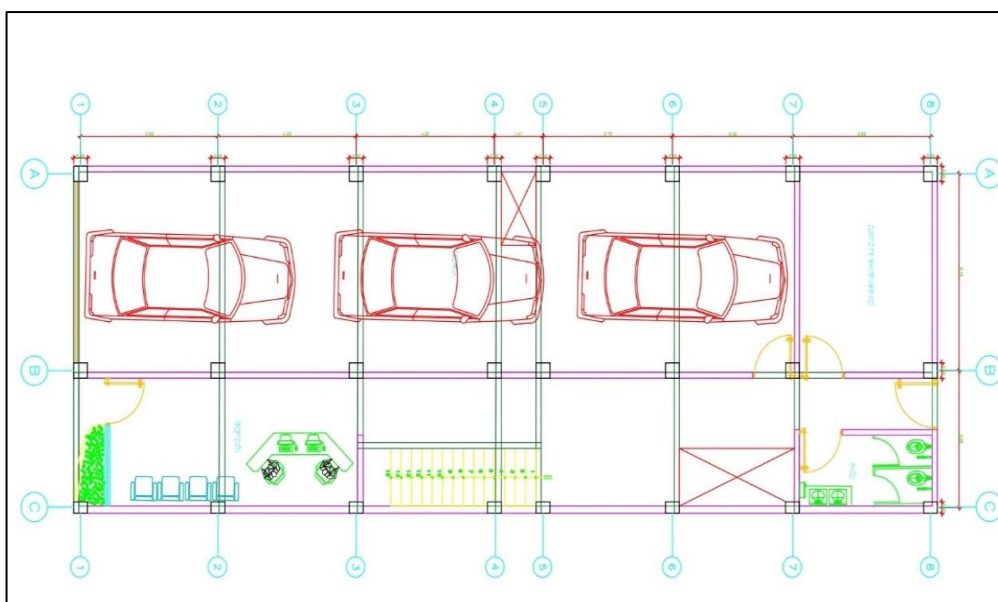
4.1.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Se llevó a cabo la distribución del proyecto, donde se consideraron varios criterios como asolamiento, casas o edificios vecinos y otros criterios para crear una distribución armoniosa para el proyecto.

Siguiendo todos estos criterios se diseñó el plano de distribución arquitectónica del proyecto.

Figura 3

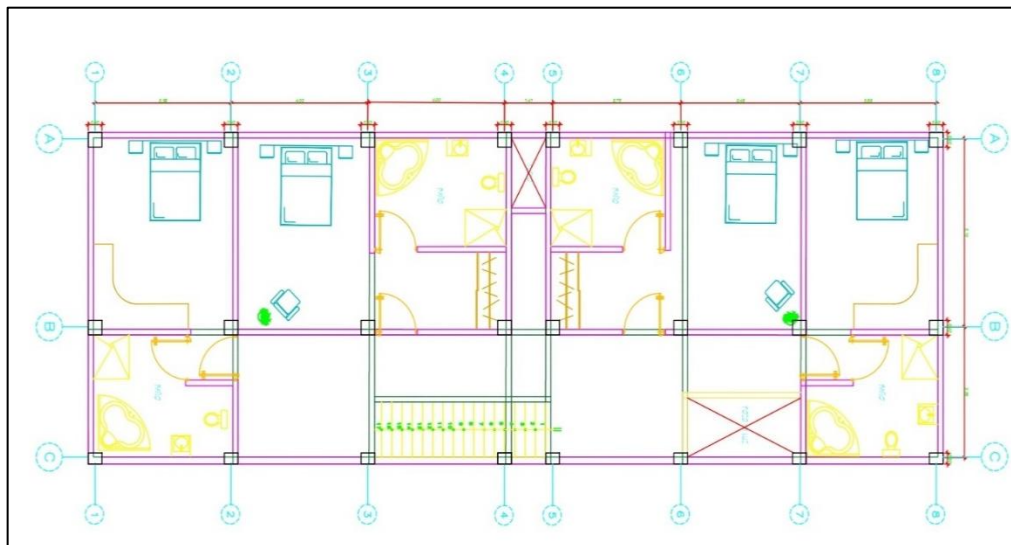
Planta de primer nivel



Nota. En la figura se observa la distribución arquitectónica de la planta del primer nivel.

Figura 4

Planta de segundo a quinto nivel



Nota. En la figura se observa la distribución arquitectónica de la planta de segundo a quinto nivel.

4.1.2 ANÁLISIS SISMORRESISTENTE MEDIANTE LOS SOFTWARES ETABS Y SAP2000

Conforme al Reglamento Nacional de Edificación, la norma técnica E.030 resalta el principio fundamental del diseño sismorresistente, el cual prioriza la prevención de lesiones humanas, la garantía de la protección y seguridad de las funciones esenciales, y la minimización de los daños estructurales causados por fenómenos sísmicos.

Además, la normativa E.030 establece que las construcciones deben tener la capacidad de soportar sismos moderados y/o infrecuentes sin sufrir daños significativos ni colapsar, limitando los daños dentro de rangos aceptables y permitiendo soluciones inmediatas.

Por otro lado, se destaca la importancia de someter todas las estructuras a análisis y planificación anticipada, utilizando métodos matemáticos siempre que sea posible. El análisis sísmico tiene como objetivo determinar la rigidez estructural necesaria para soportar las cargas permanentes y sísmicas a lo largo de la vida útil del edificio, calculando las fuerzas externas y los movimientos en cada elemento

estructural en sentido vertical. Tanto el análisis estático como el dinámico buscan obtener diferentes esfuerzos internos que permitan el diseño óptimo y real del elemento estructural. Este enfoque integral asegura una respuesta estructural adecuada ante eventos sísmicos.

4.1.3 ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO

4.1.3.1 Criterios de estructuración

Esta etapa del proyecto consiste en organizar estratégicamente los elementos estructurales sin afectar la concepción arquitectónica, asegurando una distribución simétrica de los componentes sometidos a cargas externas para garantizar una respuesta efectiva ante diversas acciones sísmicas.

Siguiendo esta disposición estratégica de elementos estructurales, como pórticos y losas, y manteniendo un enfoque arquitectónico deliberado, se espera cumplir con las directrices de la norma de diseño sismorresistente E.030. Estas normas se centran principalmente en asegurar la rigidez adecuada de la edificación, con múltiples verificaciones posteriores al análisis sísmico.

Las losas aligeradas y macizas son cruciales para controlar el desplazamiento lateral mediante la concentración de la membrana rígida. El diseño del edificio incluye losas unidireccionales con un espesor de 20 cm, apoyadas por vigas con dimensiones de 0,25 x 0,40 m y 0,25 x 0,35 m. Esta configuración está diseñada para garantizar una respuesta estructural efectiva frente a fuerzas sísmicas, distribuyendo las cargas de manera uniforme y reduciendo el riesgo de fallos estructurales durante un sismo.

Este enfoque integral del diseño no solo se centra en la resistencia y estabilidad estructural, sino que también asegura que la estética y funcionalidad arquitectónica no se vean

comprometidas, resultando en una estructura segura y visualmente coherente.

4.1.4 PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA APORTICADO

Se analiza una estructura de 5 pisos que será utilizada como habitaciones de hotel. Se tiene un sistema estructural aporticado de concreto armado en las direcciones X e Y.

Losa aligerada:

Tabla 8

Predimensionamiento del aligerado.

EJES	LUZ (m)	Ambos extremos continuos (L/25)
A-B	5	0.2
B-C	3.29	0.132

Nota. En la tabla se realizó el predimensionamiento de la losa aligerada.

Se recomienda usar la losa en 1 dirección y peralte de 20 cm.

Vigas:

- **Predimensionamiento de vigas principales**

En resumen, se puede afirmar que el ancho de la viga principal se considera de 0,25 m, también debido a la naturaleza del uso de la edificación se considera una sobrecarga de 200kg/m^2 , la estructura pertenece a la categoría C por lo se obtiene así un factor de 12 para calcular la altura de la viga.

$$h = \frac{4.9}{11} = 0.45\text{m}$$

$$b \geq 0.25\text{m}$$

$$b = \frac{h}{2} = 0.25\text{m}$$

Entonces se tendrá vigas principales de $0.25 \times 0.45\text{ m}^2$

Predimensionamiento de vigas secundarias

Se tiene:

La estructura pertenece a la categoría C por lo se obtiene así un factor de 15 para calcular la altura de la viga

$$h = \frac{4.0}{10} = 0.40\text{m}$$

$$b_{\min}=0.25\text{m}$$

$$b=\frac{h}{2}=0.133\text{m}\cong 0.25\text{m}$$

Entonces se tendrá vigas secundarias de 0.25x0.40 m²

Predimensionamiento de escaleras

De acuerdo con el enfoque arquitectónico, los escalones típicos son de 25 cm, los contrapasos son de 17,5 cm. El espesor del descanso de la escalera y de la garganta viene determinado entre la luz libre y por factores de 20 ó 25, siendo el espesor final $e = 15$ cm.

Columnas:

Predimensionamiento de columna central

En la construcción de edificios de gran altura, la resistencia en la parte frontal de estos elementos se logra a través de cargas puntuales de compresión. Esto se debe a que las fuerzas sísmicas generan momentos relativamente pequeños, principalmente gracias a la incorporación de muros de cortante, los cuales regulan la rigidez efectiva de la estructura. Los estudios de Ricardo Oviedo presentan dos ecuaciones que facilitan la estimación de las dimensiones de las columnas. Dichas formulaciones son las siguientes:

$$\text{Área Columnas Interiores} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.45f_c}$$

$$\text{Área Columnas Exteriores} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.35f_c}$$

La variación en los factores del denominador se origina porque los pilares internos soportan una fuerza axial superior a la de los pilares externos. Asimismo, el conocimiento de Ricardo Oviedo ha evidenciado que estas ecuaciones se aplican cuando la zona reglamentaria excede las 200 toneladas. Finalmente, se eligieron las columnas de 0.4x0.4m para los ejes A y B, y para el eje C 0.3x0.4m. Con estas secciones se logra el mínimo desarrollo del acero que sujeta la viga a la columna, ya que se sugiere que el momento de resistencia de la columna sea superior al de las viguetas.

4.1.5 PARÁMETROS DE DISEÑO

Parámetros de diseño sismorresistente

- Concreto Armado $\Rightarrow F'_c$: 280 kg/cm² $\Rightarrow$ Peso Específico: 2,400 kg/m³
- Acero de Refuerzo $\Rightarrow F'_y$: 4,200 kg/cm² $\Rightarrow$ Peso Específico: 7,800 kg/m³
- Sistema Estructural X $\Rightarrow$ Concreto Armado, Aporticado
- Sistema Estructural Y $\Rightarrow$ Concreto Armado, Aporticado
- Categoría del Edificio $\Rightarrow$ Edificaciones Esenciales C
- Zona Sísmica del Proyecto $\Rightarrow$ 2

Parámetros de diseño estructural de la cimentación del proyecto

- Parámetros del Suelo $\Rightarrow$ Suelos Intermedios
- Capacidad Portante del Suelo $\Rightarrow$ Q_{adm} : 4.00 kg/cm²
- Módulo de Reacción del Suelo $\Rightarrow$ Coeficiente de Balasto: 8.00 kg/cm³

Dimensiones de los elementos de concreto armado

- Losas Aligeradas en 1D $\Rightarrow$ Altura: 0.20m
- Vigas Principales $\Rightarrow$ Dimensiones: 0.25X0.45
- Vigas Secundarias $\Rightarrow$ Dimensiones: 0.25X0.40
- Columnas Eje A y B, Dimensiones: 0.4X0.4
 - Columnas Eje C, Dimensiones: 0.3X0.4

4.1.6 METRADO DE CARGAS

Se determinarán las cargas gravitacionales o de servicio (peso propio y carga viva) correspondientes a cada nivel del edificio, según los informes generados por ambos softwares. Por último, se contrastará la masa total estimada por ETABS y SAP2000.

Figura 5

Peso de servicio total del hotel en Etabs

Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
PESO DE HOTEL	Combination	0	0	2145.4505	26261.0421	-9211.0967	0

Nota. La figura describe el resultado del peso de servicio del hotel obtenido mediante Etabs.

Figura 6

Peso de servicio total del hotel en Sap2000

OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m
PESO DE HOTEL	Combination	-1.398E-12	-2.493E-12	2179.9977	26692.37377	-9368.75837	1.645E-11

Nota. La figura describe el resultado del peso de servicio del hotel obtenido mediante Sap2000.

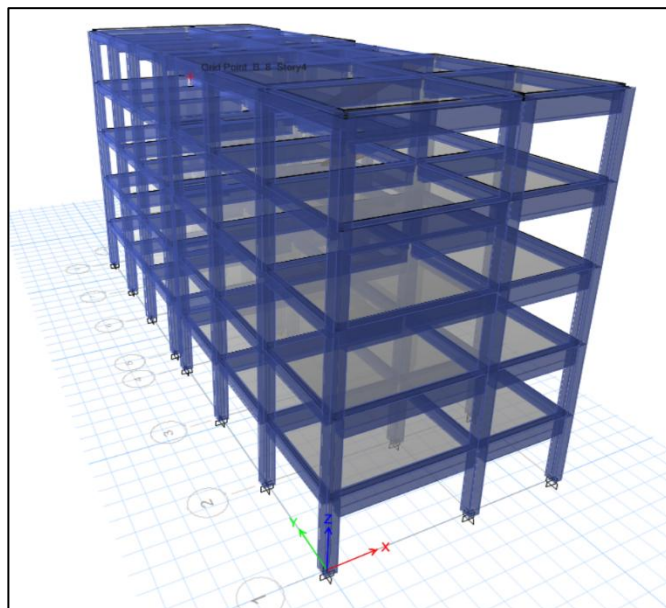
Según los resultados del software Etabs, esto nos da un peso total del hotel de 2145.45 toneladas; en el SAP 2000 resulta 2179.9 toneladas. La diferencia de peso es de aproximadamente 34.45 toneladas (2179.9 toneladas – 2145.45 toneladas), esto ocurre debido a que Etabs determina la carga estática de las vigas exactamente en el claro libre del marco; mientras que SAP2000 calcula el peso en función del eje del marco. Por lo tanto, estas escalas no pueden cambiar la respuesta estructural.

4.1.7 MODELO ESTRUCTURAL

Seleccionadas por su capacidad para llevar a cabo análisis tridimensionales, tanto lineales como no lineales se usaron los softwares Etabs V18 y SAP200 V21.

Figura 7

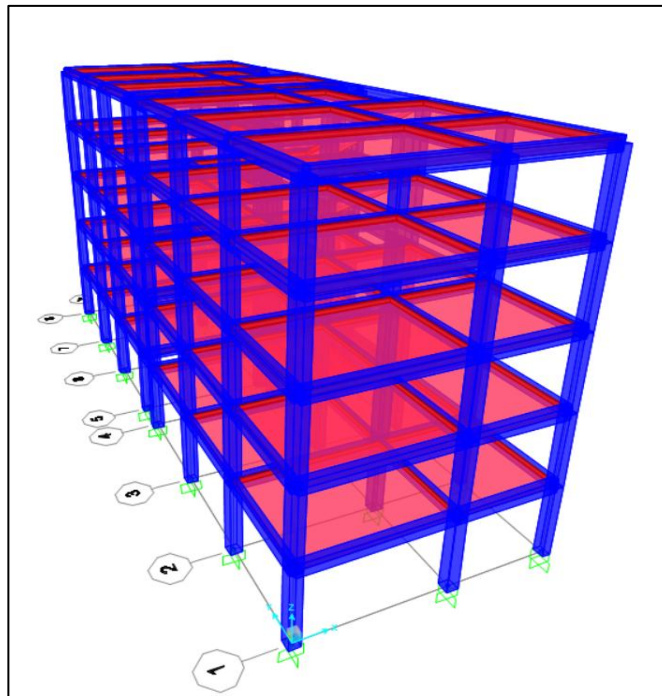
Modelo tridimensional del hotel en Etabs.



Nota. En la imagen se visualiza el modelado final del hotel realizado en Etabs considerando la evaluación ante sismos.

Figura 8

Modelo tridimensional del hotel en Sap2000



Nota. En la se observa el modelado final del hotel realizado en Sap2000 considerando el análisis sísmico.

4.1.7.1 Parámetros sísmicos reglamentarios

Zona Sísmica (Z): Según la norma E.030, el distrito de Pillco Marca en la provincia de Huánuco se clasifica en la zona 2, con una aceleración del suelo $Z_2 = 0.25 \text{ g}$.

Condiciones del suelo y periodos característicos (S) - (TP, TL): La normativa E.030 establece valores específicos para estos parámetros en función de la estratigrafía identificada en el estudio geotécnico. En este caso, la edificación se encuentra sobre un suelo de tipo intermedio, con valores de $X_{S2} = 1.2$, $TP = 0.60$ y $TL = 2.00$. TP representa el periodo corto del suelo y TL el periodo largo.

Uso (U): La estructura está proyectada para funcionar como un hotel. De acuerdo a la normativa E.030-2019, se le asigna un coeficiente de importancia $U = 1$, determinado en función del papel que desempeña la edificación durante su vida útil. Este valor puede incrementarse si el reglamento lo justifica.

Parámetro estructural (R): De acuerdo con la norma E.030-2019, nuestra estructura exhibe una configuración simétrica en sus elementos estructurales, lo que la clasifica como muy regular. Además, se trata de un sistema estructural de concreto armado por pórticos, por lo tanto, $R = 8$.

4.1.7.2 Estimación del peso sísmico del edificio

Figura 9

Peso sísmico total del hotel en Etabs

Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
PESO_SÍSMICO	Combination	0	0	2051.6216	25117.5685	-8821.608	0

Nota. La figura describe el resultado del peso sísmico del hotel obtenido mediante Etabs.

Figura 10

Peso sísmico total del hotel en Sap2000

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m
PESO_SISML..	Combination	-1.312E-12	-2.384E-12	2086.1689	25548.90011	-8979.26959	1.522E-11

Nota. La figura describe el resultado del peso sísmico del hotel obtenido mediante Sap2000.

La carga sísmica determinada en ambos programas presenta una diferencia menos de 34.55 ton-f, donde el software Sap2000 reporta un valor de 2086.17 ton-f; mientras que Etabs nos arroja un peso sísmico de 2051.62 toneladas.

La diferencia que se tiene es debido a que el ETABS determina las cargas de la superficie de cada uno de sus elementos, mientras que el SAP2000 toma en cuenta los pesos de sus elementos a partir del eje de cada marco.

4.1.7.3 Análisis Sísmico Estático

Cada programa cuenta con la capacidad de proporcionar el tiempo fundamental de la edificación. El software SAP2000 nos proporciona $T_X = 0,72$ s y $T_Y = 0,65$ s, mientras que el software ETABS nos da $T_X = 0,73$ s y $T_Y = 0,62$ s.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

Según la explicación anterior, podemos usar los siguientes parámetros como; $Z_2 = 0,25$ g, $U = 1$, $S_2 = 1,2$. Del periodo fundamental, $T_x = 0,92$ s y $T_y = 0.84$ calculado por el Sap2000, entonces hallamos $C_x = 1.63$ ($2.5 \times 0.6/0.92$) y $C_y = 1.79$ ($2.5 \times 0.6/0.85$) y del periodo fundamental, $T_x = 0.91$ y $T_y = 0.83$ s calculado por el Etabs, entonces hallamos $C_x = 1.65$ ($2.5 \times 0.6/0.91$) y $C_y = 1.8$ ($2.5 \times 0.6/0.83$).

Tabla 9*Peso sísmico calculado*

SAP200	ETABS
2086.17 ton-f.	2051.62 ton-f

Nota. En la tabla se muestra el peso sísmico calculado por ambos softwares.

Tabla 10*Cortantes calculadas*

SAP200		ETABS	
Cortante XX	Cortante YY	Cortante XX	Cortante YY
$V_x = 127.52ton$	$V_y = 140.03ton$	$V_x = 126.94ton$	$V_y = 138.5ton$

Nota. En la tabla se tiene las cortantes calculadas según Sap2000 y Etabs.

4.1.7.4 Análisis Sísmico Dinámico

a) Análisis modal de frecuencias y vibraciones

Dado que el edificio cuenta con placas horizontales que proporcionan una membrana rígida para cada techo, lo que implica tres grados de libertad por plano (dos en la dirección de traslación y uno en la dirección de rotación), está definido por 15 (3x5) modos de vibración. Además, la norma E.030-2019 establece en su inciso 29 que para el análisis sísmico se deben considerar los tres primeros modos de vibración o aquellos que contribuyan con más del 90% de la masa participativa. Seguidamente, se presentará el informe generado por ambos programas de software.

Tabla 11*Modos, periodos y masas participativas en el hotel*

Case	Mode	Period Sec	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal_Ritz	1	0.907	0.0329	0.1566	0.0329	0.1566
Modal_Ritz	2	0.827	0.785	0.0085	0.8179	0.1651
Modal_Ritz	3	0.571	0.0008	0.6366	0.8187	0.8017
Modal_Ritz	4	0.289	0.005	0.0214	0.8237	0.8231
Modal_Ritz	5	0.265	0.1087	0.0012	0.9324	0.8243
Modal_Ritz	6	0.177	0.0001	0.1098	0.9325	0.9341

Modal_Ritz	7	0.162	0.0021	0.0083	0.9346	0.9424
Modal_Ritz	8	0.151	0.0387	0.0032	0.9733	0.9456
Modal_Ritz	9	0.111	0.0013	0.0029	0.9746	0.9485
Modal_Ritz	10	0.108	0.0174	4.84E-05	0.992	0.948548
Modal_Ritz	11	0.1	0.0012	0.0322	0.9932	0.980797
Modal_Ritz	12	0.088	0.0014	0.0006	0.9946	0.9814
Modal_Ritz	13	0.087	0.005	0.0007	0.9996	0.9821
Modal_Ritz	14	0.073	0.0003	0.0139	0.9999	0.996
Modal_Ritz	15	0.062	0.0001	0.004	1	1

Nota. La tabla describe el resultado de modos, periodos y masas obtenidas mediante Etabs, donde se tiene que al quinto modo vibracional en el eje X y en el sexto modo vibracional abarcan el 90% de masa participante de la estructura.

Tabla 12

Modos, periodos y masas participativas en el hotel

OutputCase	StepNum Uniless	Period Sec	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal_Ritz	1	0.917598	0.039991	0.15305	0.039991	0.153049
Modal_Ritz	2	0.854987	0.77852	0.00803	0.818511	0.161082
Modal_Ritz	3	0.585837	0.000281	0.63718	0.818792	0.798266
Modal_Ritz	4	0.292382	0.006157	0.02078	0.824949	0.819044
Modal_Ritz	5	0.274668	0.105654	0.00106	0.930603	0.820101
Modal_Ritz	6	0.183641	8.15E-06	0.11038	0.930611	0.930483
Modal_Ritz	7	0.163941	0.002974	0.00755	0.933585	0.938033
Modal_Ritz	8	0.157233	0.037762	0.00338	0.971347	0.941413
Modal_Ritz	9	0.111769	0.017979	0.00105	0.989326	0.942465
Modal_Ritz	10	0.104906	0.002154	0.03276	0.99148	0.975223
Modal_Ritz	11	0.090505	0.005903	4.4E-05	0.997383	0.975267
Modal_Ritz	12	0.082556	0.001001	0.0118	0.998384	0.987064
Modal_Ritz	13	0.073405	0.000078	0.00742	0.998462	0.994488
Modal_Ritz	14	0.061984	0.000174	0.00457	0.998636	0.999054
Modal_Ritz	15	0.024213	0.001194	0.00087	0.99983	0.99992

Nota. La tabla describe el resultado de modos, periodos y masas obtenidas mediante Sap2000, donde se tiene que al quinto modo vibracional en el eje X y en el sexto modo vibracional abarcan el 90% de masa participante de la estructura.

b) Análisis de espectro de pseudo aceleraciones

Se tendrá el espectro para un R=8

Tabla 13*Periodos y respuestas espectral*

T (s)	C	Sa
0	2.5	0.91772
0.2	2.5	0.91772
0.4	2.5	0.91772
0.6	2.5	0.91772
0.7	2.14	0.78557
0.8	1.88	0.69012
1	1.5	0.55063
1.2	1.25	0.45886
1.4	1.07	0.39278
1.5	1	0.36709
1.6	0.94	0.34506
1.7	0.88	0.32304
1.8	0.83	0.30468
1.9	0.79	0.29000
2	0.75	0.27532
2.2	0.24793	0.09101
2.4	0.20833	0.07648
2.5	0.192	0.07048
2.6	0.17751	0.06516
2.8	0.15306	0.05619
3	0.13333	0.04895

Nota. En la tabla describe los periodos y la respuesta espectral obtenidas mediante Etabs y Sap2000.

- **Control de desplazamientos y giros**

Los resultados de la distorsión angular se determinaron usando combinaciones espectrales en los softwares Etabs y Sap2000.

Tabla 14*Deriva en orientación X*

Story	Case/Combo	Direction	Drift
Story5	DerivaX	X	0.000871
Story4	DerivaX	X	0.001411
Story3	DerivaX	X	0.001839

Story2	DerivaX	X	0.002050
Story1	DerivaX	X	0.001418

Nota. En el cuadro describe los desplazamientos obtenidos en orientación corta X obtenidas mediante Sap2000.

Tabla 15

Deriva en orientación Y

Story	Case/Combo	Direction	Drift
Story5	DerivaY	Y	0.000571
Story4	DerivaY	Y	0.00072
Story3	DerivaY	Y	0.000912
Story2	DerivaY	Y	0.00125
Story1	DerivaY	Y	0.000567

Nota. En la tabla describe las derivas obtenidas en dirección larga Y obtenidas mediante Sap2000.

Tabla 16

Deriva en orientación X

Story	Case/Combo	Direction	Drift
Story5	DerivaX	X	0.000888
Story4	DerivaX	X	0.001392
Story3	DerivaX	X	0.001759
Story2	DerivaX	X	0.00191
Story1	DerivaX	X	0.001309

Nota. En el cuadro describe los desplazamientos obtenidos en orientación corta X obtenidas mediante Etabs.

Tabla 17

Deriva en dirección Y

Story	XCase/ComboX	DirectionX	XDrift
Story5	DerivaY	Y	0.000583
Story4	DerivaY	Y	0.000789
Story3	DerivaY	Y	0.000891
Story2	DerivaY	Y	0.000905

Story1	DerivaY	Y	0.000625
--------	---------	---	----------

Nota. En la tabla describe las derivas obtenidas en dirección larga Y obtenidas mediante Etabs.

Se tiene una desviación máxima de 0.00191 en la dirección X y en la dirección Y, se registra una desviación de 0.0009.

- **Cortante en la base**

Tabla 18

Cortante estática y dinámica en la base

OutputCase	Case Type	Step type	Step Number	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
CSX	LinStatic	Step By Step	1	- 190.317	0	0
CSY	LinStatic	Step By Step	1	0	- 190.317	0
SDinaX	LinRespSpec	Max		113.246	11.0569	0
SDinaY	LinRespSpec	Max		11.0569	113.246	0

Nota. En la tabla se describe las cortantes estáticas y dinámicas obtenidas mediante Etabs.

Tabla 19

Constante estática y dinámica en la base

OutputCase	Case Type	Step type	GlobalFX tonf	GlobalFY tonf	GlobalFZ tonf
CSX	LinStatic		- 193.5672	5.5E-12	-5.821E-13
CSY	LinStatic		1.193E-11	-193.567	9.677E-13
SDinaX	LinRespSpec	Max	111.8687	9.204	1.1633
SDinaY	LinRespSpec	Max	9.2042	128.072	2.1935

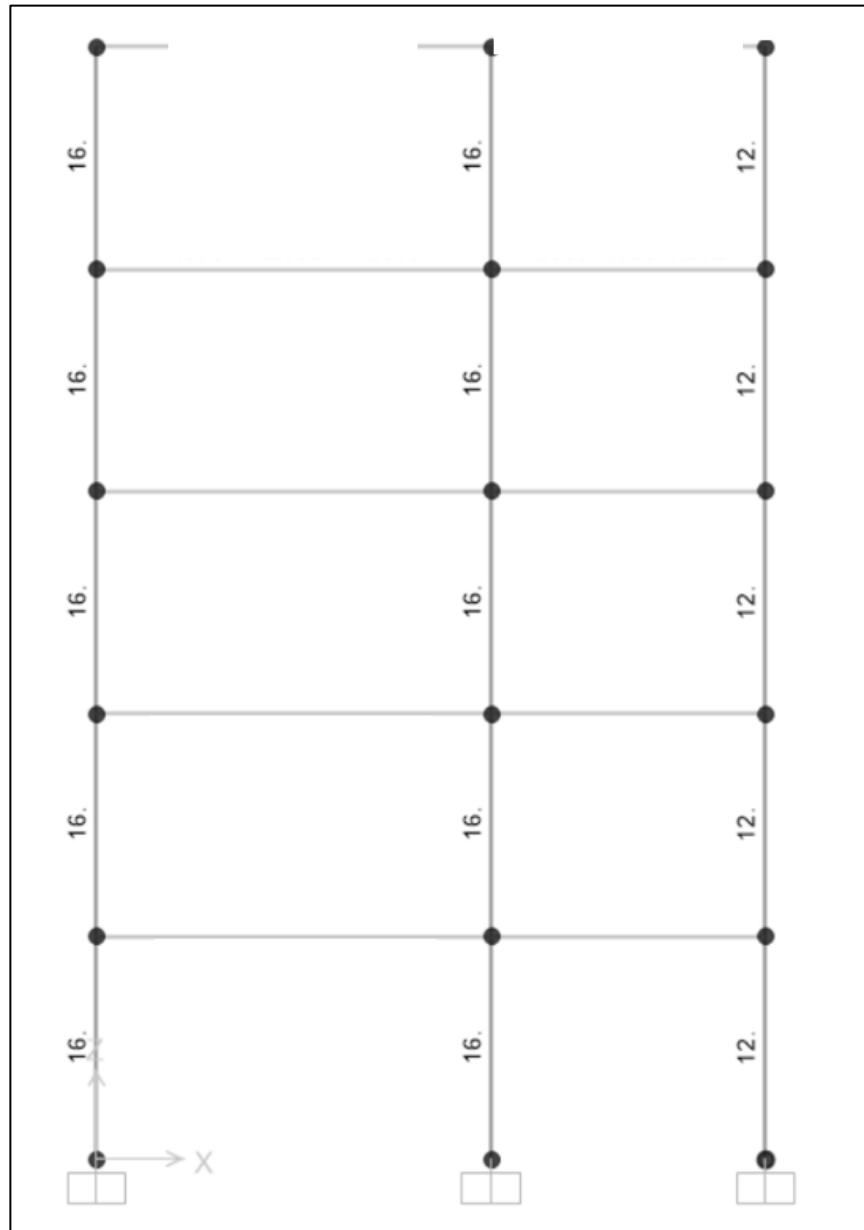
Nota. En la figura se describe las cortantes estáticas y dinámicas obtenidas mediante Sap2000.

4.1.8 DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1.8.1 Diseño de columna

Figura 11

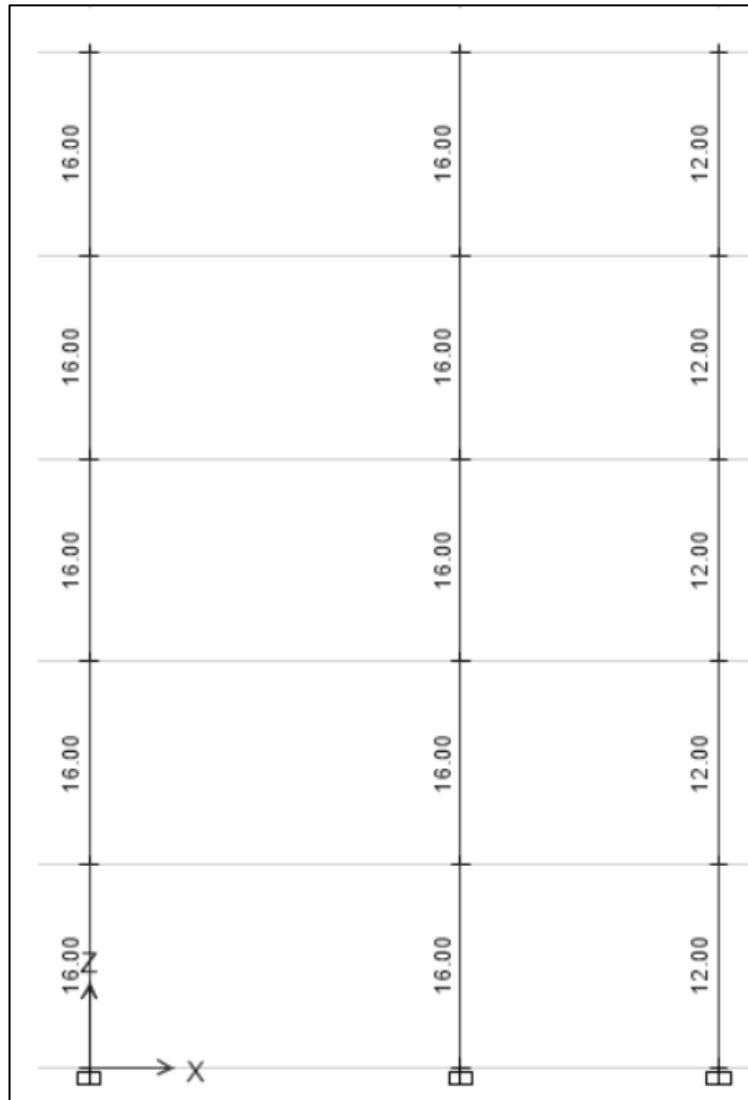
Resultado de área de acero para columna 40X40 cm²



Nota. En la imagen describe el resultado de cuantía necesaria en las columnas obtenidas mediante Sap2000.

Figura 12

Resultado de área de acero para columna 40X40 cm²



Nota. En la imagen describe el resultado de cuantía necesaria en las columnas obtenidas mediante Etabs.

En las figuras 13 y 14, se utilizó una cuantía de 16 cm² para columnas de 40x40 cm², cumpliendo con la normativa al satisfacer el requisito mínimo del área de acero.

Tabla 20

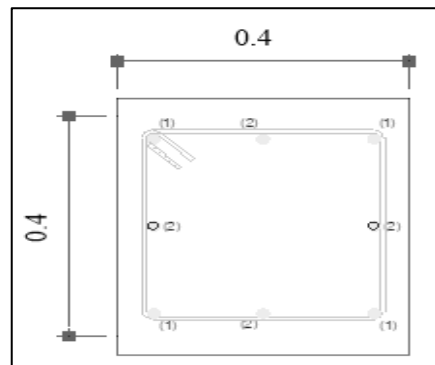
Acero usado

Esquina	Borde
4Ø3/4	4Ø5/8

Nota. Detalle necesario de acero para columna 40x40 cm2.

Figura 13

Detalles de columna 40X40 cm2



Nota. En la imagen describe el detalle de acero en la columna 40x40 cm2.

En las figuras 13 y 14 se utilizará una cuantía de 12 cm2 para columnas de dimensiones 35x40 cm2, lo cual sigue y cumple con la normativa al satisfacer el requisito mínimo del área de acero.

Tabla 21

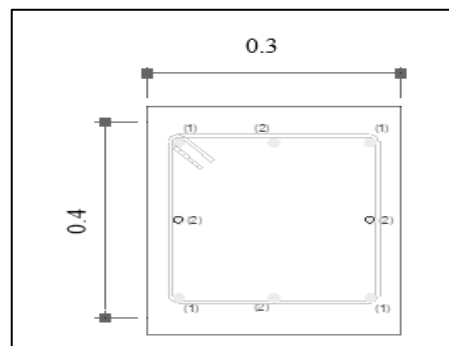
Acero usado

Esquina	Borde
4Ø5/8	4Ø1/2

Nota. Detalle necesario de acero para columna 40x40 cm2.

Figura 14

Detalles de columna 30X40 cm2



Nota. En la imagen describe el detalle de acero en la columna 30x40 cm2.

4.1.9 DISEÑO DE VIGAS

Para mejorar la eficiencia en términos de tiempo y recursos económicos, típicamente se pospone el diseño de las vigas hasta después de completar la planificación de los cinco niveles, priorizando el más crítico de entre ellos. En nuestro proyecto, se ha enfocado el diseño en los ejes 6 y 7.

Dado que la sección transversal típica de la viga principal es de 0.25x0.45 m, la resistencia a compresión $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación, se mostrarán los informes de las cantidades de refuerzo obtenidas utilizando los programas ETABS y SAP2000.

Figura 15

Cuantía demandada por Sap2000

		11.481 3.417 9.156			
		5.425 4.408 4.382			
	5.059	2.734	4.606		
	3.636	3.	3.936		
				4.312	2.265
				3.	2.549
	11.343 3.417 9.904			3.875	
	5.364 4.182 4.721			3.209	

Nota. En la figura describe la cuantía necesaria en las vigas principales y secundarias obtenidas mediante Sap2000.

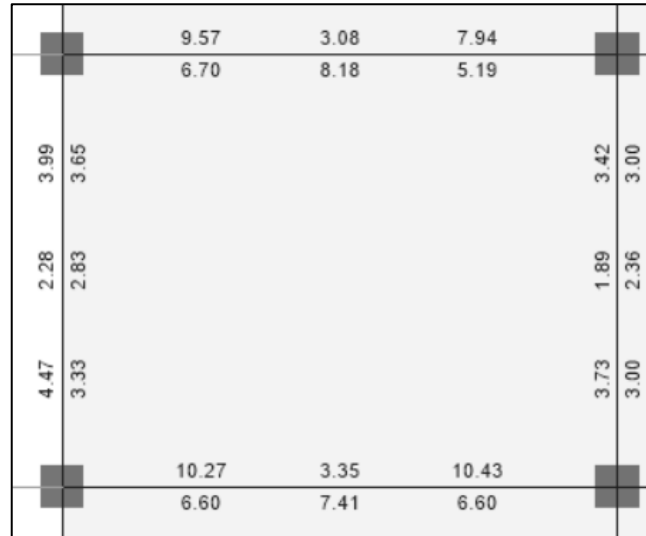
Tabla 22

Distribución de acero longitudinal

A+scol (inferior corrido)	A-scol (superior corrido)	A-scol (superior, bastón izquierdo)	A-scol (superior, bastón derecho)
2Ø3/4"	2Ø3/4"	1Ø1"	1Ø1"

Figura 16

Cuantía demandada por Etabs



Nota. En la figura describe la cuantía necesaria en las vigas principales y secundarias obtenidas mediante Etabs.

Tabla 23

Distribución de acero longitudinal

A+scol (inferior corrido)	A-scol (superior corrido)	A-scol (superior, bastón izquierdo)	A-scol (superior, bastón derecho)
2Ø1/2"	2Ø1/2"	1Ø5/8"	1Ø5/8"

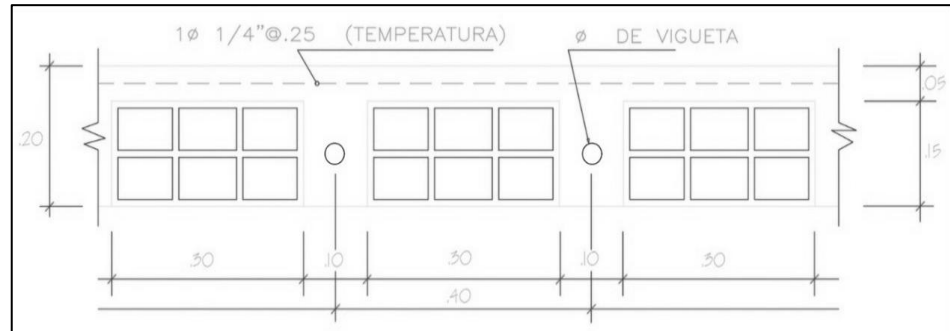
El acero colocado en la estructura supera el mínimo calculado y se mantiene por debajo del máximo permitido, lo que asegura que las vigas presenten un comportamiento dúctil en una zona que proporciona una respuesta adecuada frente a eventos sísmicos.

4.1.10 DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

Los detalles específicos del peralte de la losa son los siguientes:

Figura 17

Sección típica del aligerado para el diseño



Nota. En la figura describe la sección típica de losa aligerada que se usó para el diseño.

Figura 18

Tramos de la losa aligerada



Nota. En la figura describe los tramos de losa aligerada que se usó para el diseño.

Tabla 24

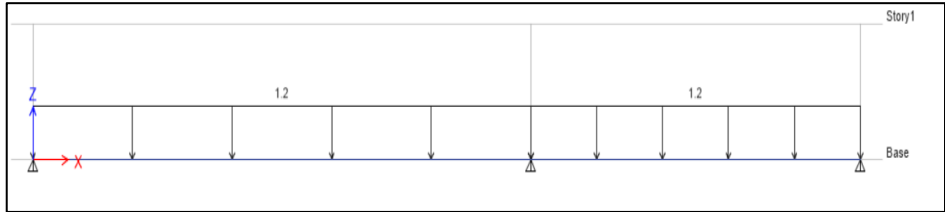
Carga Muerta aplicada a la losa

Carga Muerta (W_D)	
Peso de losa $h=20$ cm (por ancho tributario)	120 kg/m
Peso de acabados (por ancho tributario)	40 kg/m
Total	160 kg/m

Nota. En la tabla se tiene las cargas muertas que se aplicaron en la losa.

Figura 19

Carga Muerta distribuida



Nota. En la ilustración describe el peso propio ejercido sobre la viga en ambos softwares.

Tabla 25

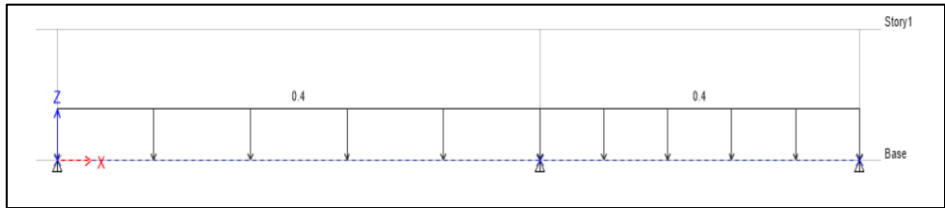
Carga Viva aplicada a la losa

Carga Viva (W_L)	
Sobrecarga (por ancho tributario)	80 kg/m

Nota. En la tabla se muestra las cargas vivas que se aplicaron en la losa.

Figura 20

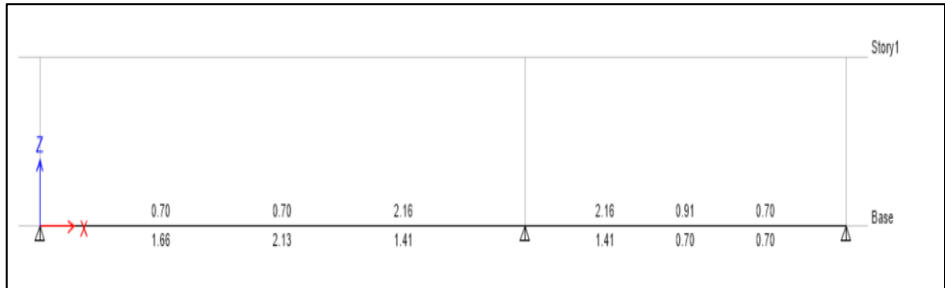
Carga Viva distribuida



Nota. En la ilustración describe el peso propio ejercido sobre la viga en ambos softwares.

Figura 21

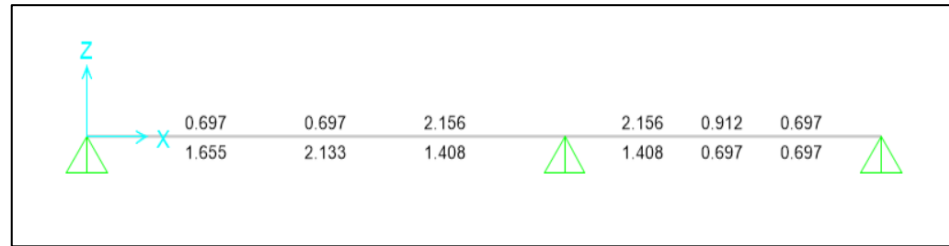
Diseño de acero según Etabs



Nota. En la ilustración describe la cuantía de acero obtenido mediante Etabs.

Figura 22

Diseño de acero según Sap2000



Nota. En la figura describe la cuantía de acero obtenido mediante Sap2000.

4.1.11 DISEÑO DE CIMENTACIÓN

El diseño de la cimentación se realiza cumpliendo con los requisitos sísmicos y constructivos, así como con los parámetros esenciales definidos en los estudios de mecánica de suelos. Para este propósito, se utiliza el software SAFE, que no solo agiliza el proceso de determinación del refuerzo de acero, sino que también ayuda a prevenir errores de cálculo comunes en los métodos tradicionales.

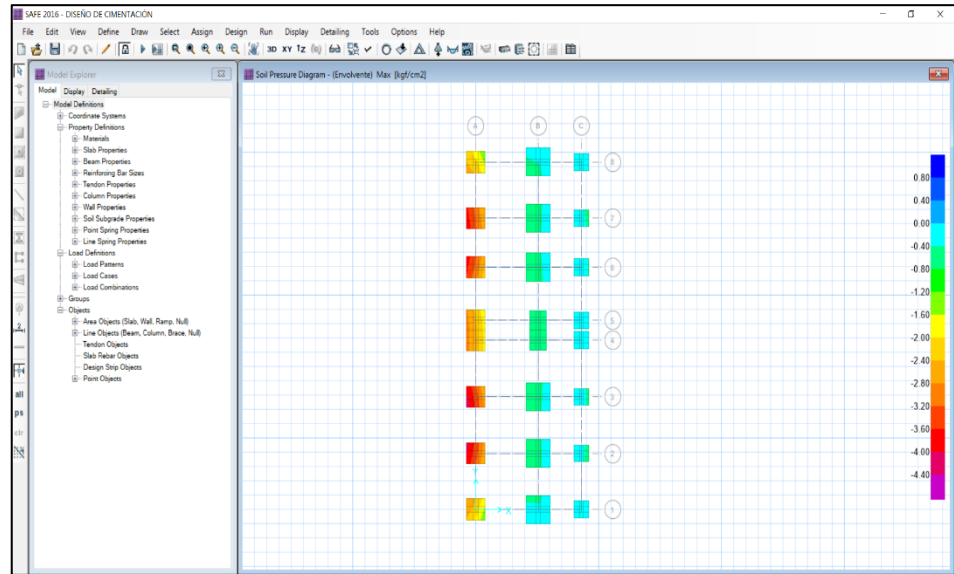
Utilizamos los resultados proporcionados por ETABS para realizar cálculos más precisos, ya que consideran las cargas efectivas de la edificación, mediante la discretización de los elementos verticales. Para realizar los cálculos en el software, tenemos dos opciones: una es ingresar manualmente las cargas en la base o exportar cargas y combinaciones desde el programa ETABS.

Para este proyecto exportaremos las cargas y determinamos las dimensiones de las zapatas de cimentación, las cuales se midieron previamente, las propiedades del suelo $Q_{adm}=4\text{kg/cm}^2$, y además sumamos la propiedad de la cimentación en todo el perímetro para reducir el momento transferido a la base de las columnas.

Con estos valores, continuamos modelando las patas en el software SAFE, comprobando repetidamente el punzonamiento y del suelo para asegurarnos de que no supere la capacidad permitida.

Figura 23

Esfuerzo del terreno en las zapatas aisladas



Nota. En la ilustración describe la expresión de suelo que se aplica en las zapatas aisladas obtenidos mediante SAFE.

Para calcular la distribución de acero necesaria en los las zapatas aisladas, es necesario definir qué barras de acero utilizamos y cuál es la distancia entre ellas.

Se evaluaron varias propuestas para nuestro proyecto, pero la siguiente distribución en ambas direcciones cumple con los requisitos del proyecto: $\emptyset \frac{1}{2}" @ 20 \text{ cm}$

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Este estudio propone como hipótesis nula que la formulación de un análisis comparativo del diseño sismorresistente empleando los programas ETABS y SAP2000 no mejora el comportamiento estructural de un hotel en Pillco Marca, Huánuco, en 2023. Esta hipótesis fue confirmada durante la investigación, dado que ambos softwares proporcionaron resultados similares en los análisis sísmicos estáticos y dinámicos. Además, la respuesta estructural del edificio demostró estar dentro de los límites aceptables, con una desviación máxima inferior a 0.007, como establece la normativa para estructuras de concreto armado.

Sin embargo, se observó que ETABS sobresale en el modelado y diseño de los elementos estructurales, siendo más versátil para este tipo de estructuras.

Tabla 26

Comparación entre ambos softwares

Aspecto	ETABS	SAP2000
Regularidad estructural	Asegurada, proporcionando una base sólida para el predimensionamiento.	Asegurada, proporcionando una base sólida para el predimensionamiento.
Desviación máxima (dirección corta)	0.00205 (cumple con los límites normativos).	0.00205 (cumple con los límites normativos).
Desviación máxima (dirección larga)	0.00125 (cumple con los límites normativos).	0.00125 (cumple con los límites normativos).
Cantidad de refuerzo en vigas	Menor cuantía de acero comparado con SAP2000, en especial en ejes 2 y 3.	Mayor cuantía de refuerzo en las vigas principales debido al método de cálculo y diseño.
Intersección con columnas	Menor influencia en la cuantía de refuerzo en vigas en comparación con SAP2000.	Mayor cantidad de acero debido a la consideración de intersección con columnas.
Cuantía máxima de acero calculada	Valores mínimos sustituidos por varillas de Ø5/8" y Ø1/2".	Máxima cuantía de acero calculada: 2.16 cm ² . Valores mínimos sustituidos por varillas Ø5/8" y Ø1/2".
Eficiencia en análisis sísmico	Resultados óptimos y eficientes para el diseño de edificaciones.	Similar en resultados de análisis sísmico, pero con mayores refuerzos en vigas.
Conclusión general	Proporciona un diseño seguro y eficiente, con menor cuantía de acero.	Proporciona un diseño seguro y eficiente, con mayor refuerzo en vigas debido a su metodología.

Para la hipótesis específica 1: Si se realiza un predimensionamiento adecuado de los elementos estructurales, entonces el diseño sismorresistente del hotel en Pillco Marca-Huánuco cumplirá con los estándares de seguridad estructural-2023. Se llevó a cabo un

predimensionamiento adecuado de los elementos estructurales, cumpliendo con los requisitos del Reglamento Nacional de Edificación y la norma A.10, y se realizó un análisis sísmico conforme a la norma E.030-2019, garantizando que la distorsión máxima del edificio se mantuviera por debajo del límite permitido de 0.007. Los resultados obtenidos mostraron que tanto ETABS como SAP2000 proporcionaron resultados similares en cuanto a la respuesta estructural, confirmando que el diseño sismorresistente cumple con los estándares de seguridad estructural para 2023, lo que valida la hipótesis de que un predimensionamiento adecuado asegura la seguridad del diseño estructural del hotel.

Para la hipótesis específica 2: Si se realiza el modelamiento en los programas ETABS y SAP2000, entonces se optimizará el análisis y diseño sísmico estructural para el hotel en Pillco Marca, Huánuco – 2023. La hipótesis específica se confirma a través de los resultados obtenidos en la tesis. Ambos programas demostraron ser efectivos al mantener las desviaciones estructurales dentro de los límites normativos, con SAP2000 mostrando mayores requerimientos de refuerzo en las vigas principales, lo que sugiere que su uso permite una evaluación más detallada del comportamiento estructural. Esta variabilidad en los resultados no solo valida la eficacia de los softwares, sino que también proporciona a los ingenieros información valiosa para tomar decisiones informadas sobre el diseño final, asegurando así que el estudio y diseño sismorresistente cumpla con los estándares de seguridad.

Para la hipótesis específica 3: Si se utiliza el software de diseño estructural Etabs o Sap2000 en el análisis estructural de edificaciones en Pillco Marca, Huánuco, entonces se observarán diferencias en los resultados de los parámetros estructurales obtenidos, como desplazamientos, fuerzas internas y deformaciones. Se confirma a través de los hallazgos alcanzados en la investigación.. Se observó

que, aunque ambos programas cumplen con las normativas de diseño sismorresistente, SAP2000 mostró mayores requerimientos de refuerzo en las vigas principales, lo que sugiere variaciones en las fuerzas internas calculadas. Además, las diferencias en los métodos de cálculo entre los softwares llevaron a variaciones en los desplazamientos y deformaciones, destacando la relevancia de elegir el software adecuado para el análisis estructural.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación titulada tiene como propósito fundamental llevar a cabo un estudio comparativo y examinar las posibles variaciones que puedan existir en la configuración estructural empleando los programas Etabs y Sap2000 el análisis sísmico, realizado mediante métodos estáticos y dinámicos cumplió con las directrices de la norma E.030-2019 de Diseño Sismorresistente. La rigidez del edificio mantuvo la respuesta estructural dentro de los límites permitidos, con una distorsión máxima inferior a 0,007. Todos los elementos estructurales fueron diseñados conforme a la Norma Técnica Peruana E.060, asegurando la capacidad de soportar cargas y fuerzas sísmicas severas. Al evaluar ETABS y SAP2000, se concluyó que ambos softwares proporcionan resultados similares en cuanto a las normas de análisis sísmico E.020, E.030 y E.060. Sin embargo, SAP2000 mostró mayores cuantías de refuerzo debido a su método de cálculo de pesos y diseño del marco estructural.

Alvarado y Vásquez (2021) en su análisis de un edificio residencial, encontraron que el comportamiento estructural debido a la rigidez del edificio es menor que el valor máximo permitido para estructuras de concreto armado, con valores cercanos al máximo de 0.007. En contraste, nuestra tesis obtuvo una distorsión máxima de 0.002, significativamente menor. Esta diferencia puede atribuirse a las variaciones en la configuración del edificio y los criterios de diseño utilizados. Mientras que Alvarado y Vásquez operaron cerca del límite permitido, nuestros resultados indican un control más eficiente de la rigidez estructural, lo que sugiere un diseño más robusto o una modelación más precisa de las cargas y la rigidez en los programas utilizados.

Arotuma y Pumayauri (2022) al realizar un análisis sísmico y dinámico según la norma E.030, mencionaron que los dos softwares presentan el

mismo criterio de estudio. En sus informes de SAP2000, la desviación máxima en la dirección corta fue de 0.00205 y en la dirección larga de 0.00125, ambos dentro del límite permitido de 0.007. Nuestros resultados son comparables, con una distorsión máxima de 0.002. Sin embargo, a diferencia de sus hallazgos, donde ambas direcciones muestran valores distintos, nuestros resultados indican una uniformidad en el comportamiento del edificio en ambas direcciones. Esto puede indicar una mejor distribución de cargas y una configuración estructural más equilibrada en nuestro diseño.

Aunque los valores obtenidos por Alvarado y Vásquez (2021) y Arotuma y Pumayauri (2022) están dentro de los límites permitidos, nuestras conclusiones demuestran que es posible alcanzar un mejor desempeño estructural con una distorsión significativamente menor, lo que proporciona un margen de seguridad adicional. La similitud en los resultados entre ETABS y SAP2000 también apoya la validez de nuestras conclusiones, aunque la mayor cuantía de refuerzo observada en SAP2000 sugiere una modelación más conservadora que podría ser preferible en proyectos donde la seguridad es prioritaria.

CONCLUSIONES

El predimensionamiento de los elementos estructurales del hotel se llevó a cabo cumpliendo con los requisitos del Reglamento Nacional de Edificación según la norma A.10. Se aseguró la regularidad del edificio, estableciendo una base sólida para el predimensionamiento. El análisis sísmico, realizado según la norma E.030-2019 de Diseño Sismorresistente, garantizó que la rigidez del edificio mantuviera la respuesta estructural dentro de los límites permitidos, con una distorsión máxima inferior a 0,007.

El análisis y diseño sísmico se efectuaron utilizando los softwares ETABS y SAP2000. Ambos programas se emplearon para evaluar la respuesta estructural bajo cargas sísmicas. Los elementos estructurales fueron diseñados conforme a la Norma Técnica Peruana E.060, asegurando su capacidad para soportar cargas propias y fuerzas sísmicas severas. Los resultados del modelamiento mostraron que tanto ETABS como SAP2000 mantienen la desviación del edificio dentro de los límites normativos, con una desviación máxima en la dirección corta de 0.00205 y en la dirección larga de 0.00125, ambos valores dentro del límite permitido de 0.007.

Al contrastar los datos obtenidos de ETABS y SAP2000, se concluyó que ambos softwares proporcionan resultados similares en cuanto al estudio sísmico según las normativas E.020, E.030 y E.060. No obstante, SAP2000 presentó mayores cuantías de refuerzo en las vigas principales debido a su método de cálculo de pesos y diseño del marco estructural. En los ejes 2 y 3, SAP2000 mostró una mayor cuantía de acero en comparación con ETABS, lo cual se atribuye a la consideración de intersección con las columnas de la estructura. La cantidad máxima de acero calculada fue de 2.16 cm², y los valores mínimos se sustituyeron por varillas de Ø5/8" y Ø1/2". La comparación demuestra que, aunque hay diferencias en las cuantías de refuerzo, ambos programas cumplen con los requisitos normativos y proporcionan diseños seguros y eficientes.

RECOMENDACIONES

Para el predimensionamiento de los componentes estructurales del hotel, se recomienda seguir estrictamente las normativas A.10 y E.030-2019 para asegurar la seguridad y estabilidad, mantener la regularidad en el diseño arquitectónico y estructural para facilitar el análisis sísmico, y realizar revisiones y ajustes iterativos para identificar y corregir deficiencias antes de avanzar al modelamiento detallado.

Para el modelamiento estructural del hotel, se recomienda utilizar tanto ETABS como SAP2000 para obtener una visión completa del comportamiento estructural y aprovechar las fortalezas de cada software, Comparar los valores obtenidos en los estudios estáticos y dinámicos entre ambos para validar la precisión y consistencia de los modelos, y optimizar el diseño del refuerzo ajustando las cuantías de acero según las diferencias observadas para asegurar una distribución adecuada y eficiente.

Para analizar las variaciones en la configuración estructural empleando ETABS y SAP2000, se recomienda realizar análisis comparativos detallados para comprender y ajustar los diseños en consecuencia, documentar todas las diferencias y sus impactos asegurando que cualquier disparidad esté justificada, y mantener al equipo de diseño actualizado con las últimas versiones y técnicas de ambos programas para mejorar la precisión y aprovechar al máximo sus capacidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- Aguilar Falconi, R. (2007). *Análisis matricial de estructuras*. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Alvarado Espinoza, J. P., & Vásquez Velásquez, C. A. (2021). *Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio Residencial utilizando los softwares Etabs y Sap2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Arkiplus. (agosto de 2021). *Arkiplus*. Obtenido de Arkiplus: <https://www.arkiplus.com/cargas-estructurales/>
- Arotuma Nieto, I. J., & Pumayauri Palomino, J. J. (2022). *Análisis comparativo del diseño sismorresistente empleando los softwares ETABS*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- arquinetpolis. (Septiembre de 2021). *arquinetpolis*. Obtenido de arquinetpolis: <https://arquinetpolis.com/programa-arquitectonico-000096/>
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Blanco Blasco, A. (1996). *estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima-Perú.
- Boroschek, R. (2009). *Dinamica avanzada de estructural*. Santiago-Chile: Universidad de Chile.

- Carlos. (20 de Marzo de 2024). *Ingeniería estructural: Qué es y por qué es importante*. Obtenido de Design Modeling Academy:
<https://dgdesignmodeling.com/blog/ingenieria-estructural-que-es-y-por-que-es-importante/>
- Castillo, D. (2018). *Análisis y diseño estructural de un reservorio apoyado para el mejoramiento del servicio de agua potable del distrito de Morales, año 2018*. Tarapoto-Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Céspedes, A. A. (2019). *Diseño de reservorio N-31 con sistema convencional en concreto armado y con sistema innovador de acero empernado con recubrimiento epóxico*. Arequipa-Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Obtenido de <https://concepto.de/>
- De León Franco, N. E. (2017). *diseño de un edificio de 2 niveles para consulta externa del hospital del instituto guatemalteco de seguridad social de Tiquisate, Escuintla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- DePerú. (2020). *DePerú*. Obtenido de <https://www.deperu.com/centros-poblados/matibamba-56220>
- Dueñas Juárez, V. S. (2019). *Diseño de dos edificios de dos niveles correspondientes al módulo de encamamiento, quirófanos, labor y parto del hospital del instituto guatemalteco de seguridad social de Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.

- Hernández, H. (2018). *Respuesta sísmica de tanques elevados tipo pendulo invertido*. Morelia-México: Revista de Ingeniería Sísmica.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México D.F: McGraw-Hill.
- Herrera, C. (2019). *Diseño hidráulico de un tanque de succión, un tanque de regulación y red de distribución para el abastecimiento de agua en la urbanización Rincón de las Margaritas, Villavicencio - Meta*. Meta-Colombia: Universidad Santo Tomás Villavicencio.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- Mendoza Ruiz, N. A. (2020). *Diseño de un hospital en concreto prefabricado y con aislación sísmica*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Manual de operación y mantenimiento*. Obtenido de Sistema de agua potable: http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/529736846_MANUAL%20O&M%20AGUA%20POTABLE.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y., & SENCICO. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú.
- Palomino, A. H. (2015). *Diseño de reservorios en concreto armado*. Cajamarca – Perú.
- Parra, C. (2016). *Estudio patológico tanque de almacenamiento de agua potable*. Chocó-Colombia: Espina & Delfín Colombia.

Quenta Yanapa, A. F. (2017). *Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del hospital Lucio Aldazabal Pauca De La Ciudad De Huancané - Puno*. Puno-Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.

RNE. (2019). *NORMA E.020*. Obtenido de NORMA E.020:
<https://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>

RNE. (2019). *NORMA E.030*. Obtenido de NORMA E.030:
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf>

RNE. (2019). *NORMA E.060*. Obtenido de NORMA E.060:
http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf

RUÍZ SALINAS, R. A. (2019). *Análisis y diseño estructural para la ejecución de edificios en el proyecto “clínica privada” del distrito de los Olivos, Lima*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Salinas, R. (2001). *curso de segunda especializacion de ingenieria sismorresistente*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Analisis de edificios*. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Perú.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.

Tuque, C. (2018). *Análisis y diseño de un reservorio apoyado según el código ACI.350; tomando como base el modelo mecánico equivalente*

propuesto por G.W. Housner. Huancavelica-Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.

Velásquez P, H., & Fonten G, L. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO.* Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Yoc Aguilar, L. I. (2020). *Diseño de edificio de dos niveles para hospital de Santa María Visitación, Sololá.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Rojas Bello, H. S. (2025). *Análisis comparativo del diseño estructural de un hotel utilizando los softwares Etabs y Sap2000, Pillco Marca – Huánuco – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 0450-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 06 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 293-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 469598-0000000730, del Bach. **Hielson Scheid ROJAS BELLO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 469598-0000000730, presentado por el (la) Bach. **Hielson Scheid ROJAS BELLO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 1965-2022-D-FI-UDH, de fecha 05 de octubre de 2022, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Hielson Scheid ROJAS BELLO** al Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 1965-2022-D-FI-UDH, de fecha 05 de octubre de 2022.

Artículo Segundo. - **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Hielson Scheid ROJAS BELLO** a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Ing. Ethel Jheroni Montano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Firma]
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 27

Matriz de consistencia.

TÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN HOTEL UTILIZANDO LOS SOFTWARES ETABS Y SAP2000. PILLCO MARCA –					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
Problema general:	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Enfoque	Población
¿Cómo realizar el análisis comparativo del diseño sismorresistente de un hotel empleando los softwares ETABS y SAP2000 para la mejora del comportamiento estructural, Pillco Marca-Huánuco-2023?	Realizar el análisis comparativo del diseño sismorresistente de un hotel empleando los softwares ETABS y SAP2000 para la mejora del comportamiento estructural, Pillco Marca-Huánuco-2023.	Hi: La propuesta de un análisis comparativo del diseño sismorresistente utilizando los softwares ETABS y SAP2000 mejora el comportamiento estructural de un hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023.	dependiente: Diseño sismorresistente	Será cuantitativo	La población estudiada estuvo representada por diversos edificios multifamiliares y comerciales cercanos de 5 niveles ubicado en el distrito de Pillco Marca, Provincia y Departamento de Huánuco.
Problema específico:	Objetivos específicos		Variable independiente: Comportamiento Estructural	Alcance o nivel El alcance del proyecto es explicativo.	
• ¿Cómo realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales para el diseño sismorresistente del hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023?	• Realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales para el diseño sismorresistente del hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023.	H0: La propuesta de un análisis comparativo del diseño sismorresistente utilizando los softwares ETABS y SAP2000 no mejora el comportamiento		Diseño Es no experimental	Muestra Para realizar la investigación se presentará el hotel de cinco pisos. Esta

• ¿Cómo realizar el modelamiento en los softwares Etabs y Sap2000 para el análisis y diseño sísmico para el hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023?	•Realizar el modelamiento en los softwares Etabs y Sap2000 para el análisis y diseño sísmico para el hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023.	estructural de un hotel, Pillco Marca-Huánuco-2023. Hipótesis Específicas Si se realiza un predimensionamiento adecuado de los elementos estructurales, entonces el diseño sismorresistente del hotel en Pillco Marca-Huánuco cumplirá con los estándares de seguridad estructural-2023. Si se realiza el modelamiento en los softwares ETABS y SAP2000, entonces se optimizará el análisis y diseño sísmico estructural	estructura está ubicada en el distrito de Pillco Marca, Provincia y Departamento de Huánuco.
---	--	---	---

para el hotel en Pillco
Marca, Huánuco – 2023.

Si se utiliza el software de
diseño estructural Etabs o
Sap2000 en el análisis
estructural de
edificaciones en Pillco
Marca, Huánuco,
entonces se observarán
diferencias en los
resultados de los
parámetros estructurales
obtenidos, como
desplazamientos, fuerzas
internas y deformaciones.

ANEXO 4

PLANO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO

Figura 25

Detalle de primer nivel

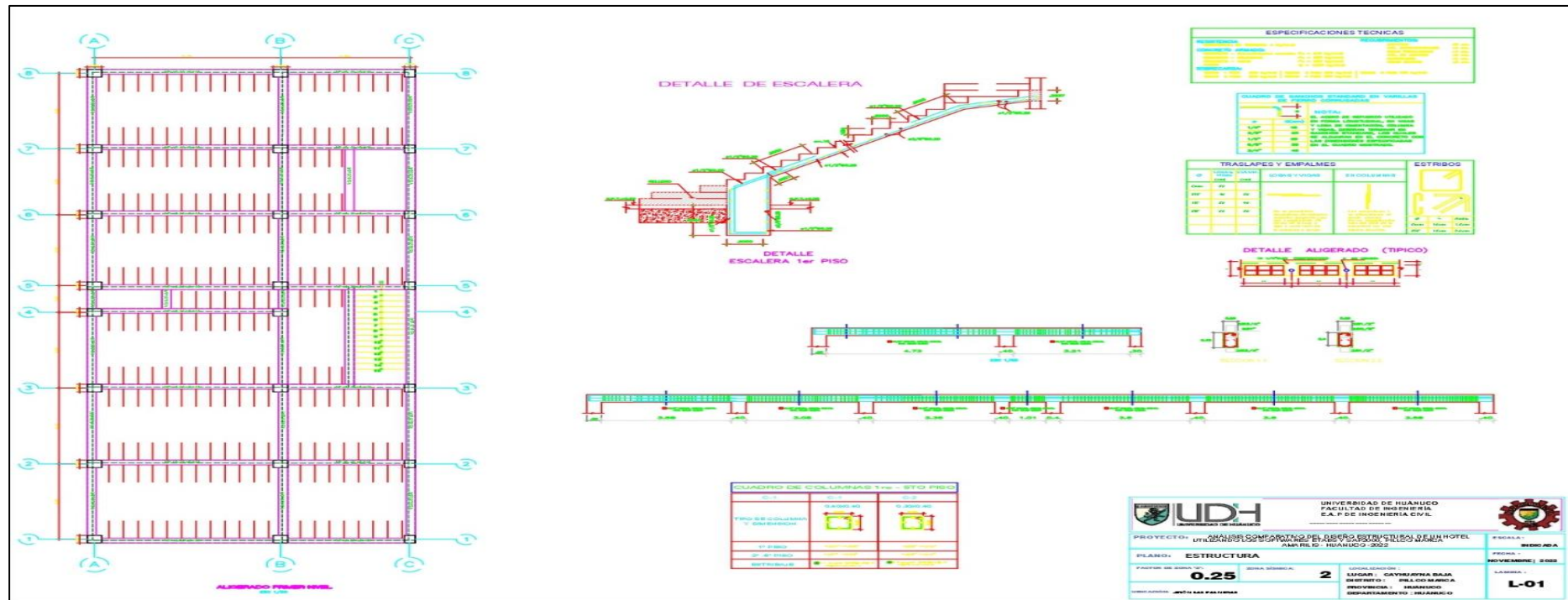


Figura 26
Detalle de 2do a 6to nivel

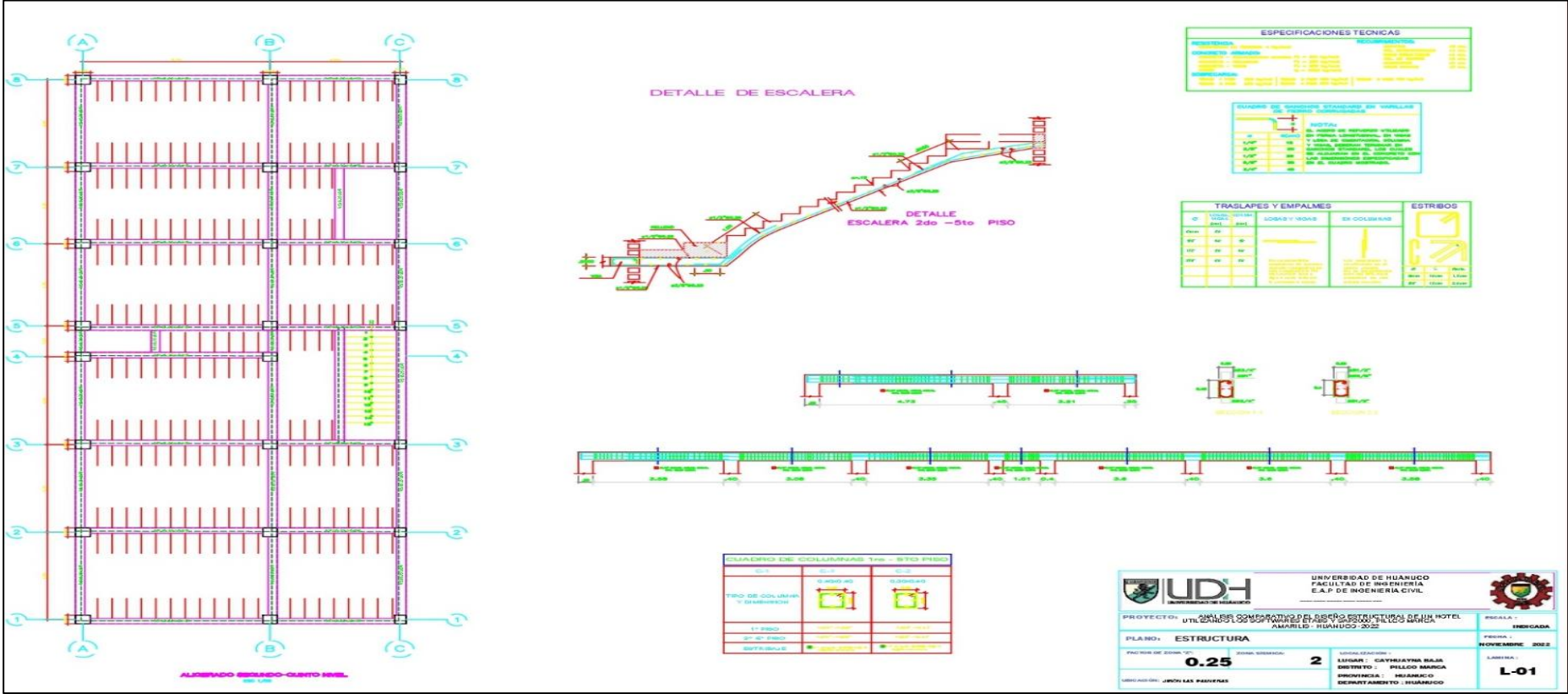
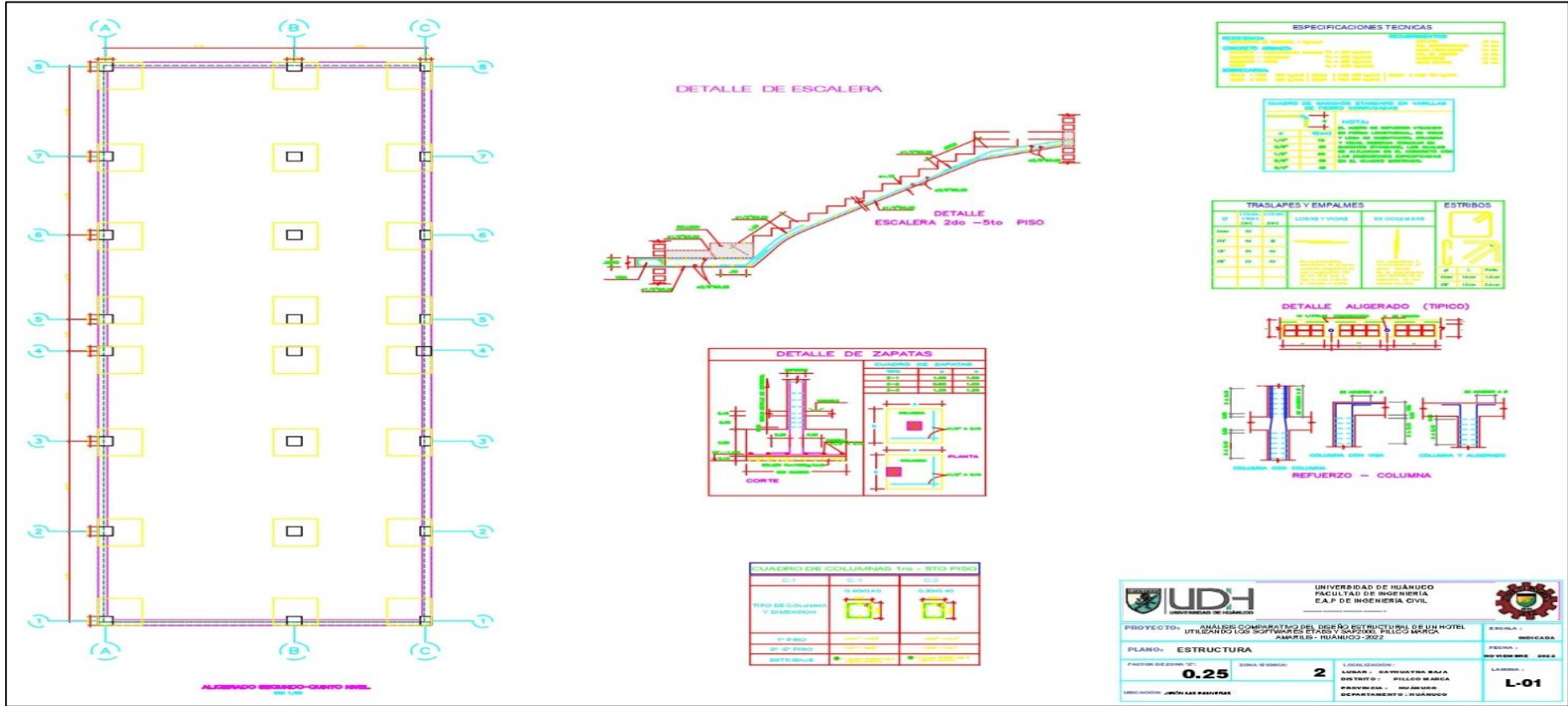


Figura 27

Detalle de cimentaciones



ANEXO 5
PANEL FOTOGRÁFICO

Se observa la instalación del equipo topográfico.



Se observa la toma de mediciones de la columna 01



Se observa la toma de mediciones de la columna 02



Se observa la toma de mediciones de la columna 03



Se observa la toma de mediciones de la columna 04.



Se observa la vista panorámica del terreno.



Se observa la línea de referencia.

