

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA PARROQUIA SAN PEDRO  
APOSTOL, TACNA 2022”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. EDUARDO SNEYDER MAMANI SONCCO**

**Bach. FLOR MILAGROS MERMA ROQUE**

**TACNA – PERÚ**

**2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA PARROQUIA SAN PEDRO  
APOSTOL, TACNA 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 5 de setiembre de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTA : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

**SECRETARIO : Mtro. EVER RUDY ANCCO HUANACUNI**

**VOCAL : Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**

**ASESOR : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Eduardo Sneyder Mamani Soncco y Flor Milagros Merma Roque, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 76265776 y 7106448 respectivamente, así como Giancarlo Javier Machaca Frias con DNI 70017976; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulada: “*Evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de la Parroquia San Pedro Apostol, Tacna 2022*” la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que, de nuestras, sometiéndonos a la normatividad vigente.

Tacna, 15 de abril del 2023



Eduardo Sneyder Mamani Soncco  
DNI: 76265776



Giancarlo Javier Machaca Frias  
DNI:70017976



Flor Milagros Merma Roque  
DNI:71064481

## DEDICATORIA

Querida familia, no hay palabras suficientes para expresar mi profundo agradecimiento por su constante apoyo y amor durante toda mi vida, y especialmente durante este camino que he recorrido para completar mi tesis. Gracias por su paciencia, comprensión y aliento cuando las cosas se volvían difíciles. Cada uno de ustedes ha sido una fuente de inspiración y motivación para mí, y espero que sientan lo orgullosa/o que estoy de tenerlos en mi vida. Este logro no habría sido posible sin su amor incondicional y su apoyo inquebrantable. Los llevaré siempre en mi corazón y estoy muy agradecida/o por todo lo que han hecho por mí.

Eduardo Sneyder Mamani Soncco

A Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí para lograr mis objetivos con sus bendiciones y amor.

A mis padres, Jorge Merma Peralta y Elizabeth Roque Bejar, que son mi motivación de cada día. Por su amor infinito y sus sabios consejos, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional, y por el esfuerzo de hacer de mí, una buena persona.

Flor Milagros Merma Roque

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del Problema .....	2
1.2.1. Interrogante general.....	2
1.2.2. Interrogantes específicas .....	2
1.2. Justificación de la Investigación .....	3
1.4.1. Objetivo General .....	3
1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis General.....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	6
2.1.3. Antecedentes locales .....	7
2.2. Bases Teóricas .....	8
2.2.1. El origen de la sismicidad en el Perú .....	8
2.2.2. Sismicidad en la ciudad de Tacna .....	9
2.2.3. Evaluación Estructural .....	10
2.2.4. Normas Técnicas de Edificación.....	10
2.2.4.1. Norma de Cargas.....	10
2.2.4.2. Norma de Diseño Sismorresistente .....	10
2.2.4.3. Norma de Concreto Armado .....	10
2.2.5. Zonas Sísmicas.....	11
2.2.6. Perfiles de Suelo .....	12
2.2.7. Parámetros de Sitio (S, TP y TL) .....	13
2.2.8. Factor de Amplificación Sísmica .....	13

2.2.9.	Periodo Fundamental de Vibración .....	13
2.2.10.	Categoría de las Edificaciones y Factor de uso .....	14
2.2.11.	Sistemas Estructurales .....	15
2.2.12.	Análisis Dinámico Modal Espectral .....	17
2.2.13.	Fuerza cortante mínima .....	17
2.2.14.	Desplazamientos laterales .....	17
2.2.15.	Irregularidades .....	18
2.2.16.	Coeficiente de Reducción Sísmica .....	19
2.2.17.	Desplazamientos y Distorsiones .....	19
2.2.18.	Cortante Basal .....	19
2.2.19.	Ensayos no Destructivos.....	20
2.3.	Definición de Términos .....	21
2.3.1.	Sismos .....	21
2.3.2.	Elemento Estructural.....	21
2.3.3.	Concreto Armado .....	21
2.3.4.	Modos de Vibración .....	21
2.3.5.	Pórtico .....	22
2.3.6.	Esclerómetro .....	22
2.3.7.	Deformaciones .....	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		23
3.1.	Tipo y Nivel de Investigación .....	23
3.1.1.	Tipo de Investigación .....	23
3.1.2.	Nivel de Investigación .....	23
3.2.	Población y/o muestra de estudio .....	23
3.3.	Operacionalización de Variables.....	23
3.4.	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos .....	24
3.4.1.	Ubicación .....	24
3.4.2.	Técnicas.....	25
3.4.3.	Instrumentos .....	30
3.4.3.1.	Elaboración de planos.....	30
3.4.3.2.	Obtención de datos del ensayo de esclerometría.....	35
3.4.3.3.	Modelamiento en el software ETABS v21.....	36
3.5.	Procesamiento y análisis de Datos .....	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		38
4.1.	Evaluación Estructural .....	38
4.1.1.	Ensayo de Esclerometría.....	38
4.1.2.	Características Mecánicas de los elementos Estructurales.....	40
4.1.2.1.	Resistencia a la compresión del concreto.....	40
4.2.	Comportamiento Sísmico.....	40
4.2.1.	Configuración Sismorresistente .....	40
4.2.2.	Características de elementos Estructurales.....	41

4.2.3. Propiedades de los Elementos Estructurales .....	43
4.2.4. Estimación de Cargas .....	44
4.2.5. Sistema Estructural .....	45
4.2.6. Análisis Modal .....	47
4.2.7. Peso Sísmico .....	49
4.2.8. Parámetros Sísmicos .....	49
4.2.9. Espectro de Aceleración .....	50
4.2.10. Irregularidades .....	55
4.2.10.1. Irregularidad en Altura.....	55
4.2.10.2. Irregularidad en Planta.....	56
4.2.10.3. Resumen de Irregularidades.....	59
4.2.11. Cortante Basal .....	59
4.2.12. Control de Derivas .....	62
4.2.13. Máximo desplazamiento relativo de entrepiso .....	68
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	69
5.1. Respuesta a la Hipótesis General.....	69
5.2. Respuesta a la Hipótesis Especifica 1 .....	69
5.3. Respuesta a la Hipótesis Especifica 2 .....	69
5.4. Respuesta a la Hipótesis Especifica 3 .....	70
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de zona .....	12
Tabla 2. Clasificación de los perfiles de suelo .....	12
Tabla 3. Factor de suelo S .....	13
Tabla 4. Periodos $T_p$ y $T_I$ .....	13
Tabla 5. Categorías de las edificaciones y factor "U" .....	15
Tabla 6. Irregularidades estructurales en altura ( $I_a$ ) .....	18
Tabla 7. Irregularidades Estructurales en Planta ( $I_p$ ) .....	19
Tabla 8. Factores de retracción del momento de inercia .....	21
Tabla 9. Operacionalización de Variables .....	23
Tabla 10. Cuadro de Áreas Bloque A .....	26
Tabla 11. Cuadro de Áreas Bloque B .....	26
Tabla 12. Tabla de Toma de datos .....	35
Tabla 13. Resultados de Lectura del Esclerómetro Bloque A .....	38
Tabla 14. Resultados de Lectura del Esclerómetro Bloque B .....	39
Tabla 15. Sección de vigas bloque A .....	41
Tabla 16. Sección de vigas bloque B .....	42
Tabla 17. Sección de columnas bloque A .....	42
Tabla 18. Sección de columnas bloque B .....	42
Tabla 19. Carga Muerta Bloque A .....	44
Tabla 20. Carga Viva Bloque A .....	44
Tabla 21. Carga Distribuida Bloque A .....	44
Tabla 22. Carga Muerta Bloque B .....	44
Tabla 23. Carga Viva Bloque B .....	45
Tabla 24. Carga Distribuida Bloque B .....	45
Tabla 25. Sistema Estructural dirección X Bloque A .....	45
Tabla 26. Sistema Estructural dirección Y Bloque A .....	46
Tabla 27. Sistema Estructural dirección X Bloque B .....	46
Tabla 28. Sistema Estructural dirección Y Bloque B .....	46
Tabla 29. Resultados Análisis Modal Bloque A .....	47
Tabla 30. Resultados Análisis Modal Bloque B .....	48
Tabla 31. Peso Sísmico del Bloque A .....	49
Tabla 32. Peso Sísmico del Bloque B .....	49
Tabla 33. Parámetros Sísmicos del Bloque A .....	49
Tabla 34. Parámetros Sísmicos del Bloque B .....	50
Tabla 35. Valores Sísmicos para el Bloque A .....	50

Tabla 36. Espectro de Diseño del Bloque A .....	51
Tabla 37. Valores Sísmicos para el Bloque B.....	52
Tabla 38. Espectro de Diseño del Bloque B .....	53
Tabla 39. Irregularidad en Altura.....	55
Tabla 40. Irregularidad Torsional Dirección X Bloque A .....	56
Tabla 41. Irregularidad Torsional Dirección Y Bloque A .....	56
Tabla 42. Irregularidad Torsional Dirección X Bloque B .....	56
Tabla 43. Irregularidad Torsional Dirección Y Bloque B .....	57
Tabla 44. Irregularidad Torsional Extrema Dirección X Bloque A.....	57
Tabla 45. Irregularidad Torsional Extrema Dirección Y Bloque A.....	57
Tabla 46. Irregularidad Torsional Extrema Dirección X Bloque B.....	58
Tabla 47. Irregularidad Torsional Extrema Dirección Y Bloque B.....	58
Tabla 48. Irregularidades en el Bloque A.....	59
Tabla 49. Irregularidades en el Bloque B.....	59
Tabla 50. Cortante Basal Estática en dirección X.....	60
Tabla 51. Cortante Basal Estática en dirección Y .....	60
Tabla 52. Cortante Basal Bloque A.....	61
Tabla 53. Verificación Cortante Estática y Dinámica .....	61
Tabla 54. Cortante Basal Estática en dirección X.....	61
Tabla 55. Cortante Basal Estática en dirección Y .....	62
Tabla 56. Cortante Basal Estática Bloque B .....	62
Tabla 57. Verificación Cortante Estática y Dinámica .....	62
Tabla 58. Control de derivas Norma E030.....	65
Tabla 59. Control de derivas Norma E030.....	67
Tabla 60. Máximos desplazamiento bloque A .....	68
Tabla 61. Máximos desplazamiento bloque B .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Convergencia de las placas tectónicas.....	8
Figura 2. Distribución de las áreas de rupturas .....	9
Figura 3. Zonas Sísmicas .....	11
Figura 4. Estructura del martillo .....	20
Figura 5. Ubicación de la Parroquia San Pedro Apóstol.....	24
Figura 6. Ubicación de la Parroquia San Pedro Apóstol.....	25
Figura 7. Plano Perimétrico de la Parroquia San Pedro Apóstol .....	26
Figura 8. Vista Exterior del Bloque A y B .....	27
Figura 9. Medición del ladrillo caravista .....	28
Figura 10. Medición de una sección de 20cm x 20cm en columna .....	29
Figura 11. Raspado de empaste y pintura del concreto caravista .....	29
Figura 12. Sección de 20cm x 20cm en columna del bloque A .....	30
Figura 13. Plano de Distribución del Bloque A – Primer piso .....	30
Figura 14. Plano de Distribución del Bloque A – Segundo piso.....	31
Figura 15. Plano de Distribución del Bloque A – Tercer piso.....	31
Figura 16. Plano de Corte del Bloque A.....	32
Figura 17. Plano de Distribución del Bloque B – Primer piso .....	32
Figura 18. Plano de Distribución del Bloque B –Segundo piso.....	33
Figura 19. Plano de Distribución del Bloque B – Tercer piso.....	33
Figura 20. Plano de Corte del Bloque B.....	34
Figura 21. Elevación Frontal del bloque B .....	34
Figura 22. Abaco para interpretar los resultados del esclerómetro. ....	35
Figura 23. Modelamiento Bloque A.....	36
Figura 24. Modelamiento Bloque B.....	36
Figura 25. Determinación de medidas del bloque A .....	40
Figura 26. Determinación de medidas del bloque B .....	41
Figura 27. Sección de Losa Maciza .....	42
Figura 28. Sección de Losa Aligerada .....	43
Figura 29. Análisis Modal Bloque A .....	47
Figura 30. Análisis Modal Bloque B .....	48
Figura 31. Espectro de Diseño Bloque A dirección X .....	52
Figura 32. Espectro de Diseño Bloque A dirección Y .....	52
Figura 33. Espectro de Diseño Bloque B dirección X .....	54
Figura 34. Espectro de Diseño Bloque B dirección Y .....	54
Figura 35. Modelamiento del bloque A .....	63

Figura 36. Sismo de Diseño Bloque A eje X.....	63
Figura 37. Sismo de diseño bloque A eje Y.....	64
Figura 38. Modelamiento del bloque B.....	65
Figura 39. Sismo de diseño bloque B eje X.....	66
Figura 40. Sismo de diseño bloque B eje Y.....	67

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	68
Anexo 2: Plano de Ubicación .....	69
Anexo 3: Plano Perimétrico.....	70
Anexo 4: Plano de Distribución del bloque A .....	71
Anexo 5: Plano de Corte del bloque A .....	72
Anexo 6: Plano de Distribución del bloque B .....	73
Anexo 7: Plano de Corte del bloque B .....	74
Anexo 8: Plano de Estructuras 1 diseñado en 1985 .....	75
Anexo 9: Plano de Estructuras 2 diseñado en 1985 .....	76
Anexo 10: Diseño de escaleras por tramo diseñado en 1985 .....	77
Anexo 11: Plano de Instalaciones Sanitarias diseñado en 1985 .....	78

## RESUMEN

Este estudio se centró en realizar un análisis estructural exhaustivo de la Parroquia de San Pedro Apóstol en nuestra ciudad. Nuestra investigación tuvo como objetivo principal evaluar la integridad estructural de esta histórica edificación, tomando como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones, debido a la antigüedad de la estructura y la importancia de asegurar su estabilidad y seguridad. Se realizó un levantamiento de la edificación, luego de lo cual, con base en la observación se decidió evaluar dos bloques de los cuatro que existen actualmente, los denominamos bloque "A" y "B". Se trazaron los planos arquitectónicos correspondientes para el posterior análisis basándonos en el reglamento nacional de edificaciones, presentando deficiencias estructurales en ambos bloques para la estimación del comportamiento de la estructura ante un sismo que ocurra en nuestra ciudad. Mediante un ensayo no destructivo realizado con el esclerómetro se obtuvieron valores correspondientes al promedio resistencia a la compresión del concreto. Resultando valores que son mayores que los recomendados por la norma de concreto armado E 060 siendo el valor mínimo de resistencia a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se realizó el análisis sísmico según la norma sismorresistente con el software ETABS V.18.2.1 donde se modeló el bloque "A" y el bloque "B" para determinar el compartimiento sísmico deficiente en la dirección X e Y. Los valores promedio obtenidos de resistencia a la compresión del bloque A de 222,40 kg/cm<sup>2</sup> y para el bloque B de 173,46 kg/cm<sup>2</sup>. La deriva máxima en dirección Y fue de 0.006323 para el bloque "A" y 0.017537 para el bloque "B". Estos valores superan el límite permitido por la norma de diseño sismorresistente E030, establecido en 0,007. En dirección X, la deriva máxima del bloque "A" fue de 0,00820 y para el bloque "B" fue de 0,007957, lo que indica que el bloque "B" no cumple con los requisitos de la norma mientras que el bloque "A" sí.

**Palabra clave:** evaluación estructural; desplazamientos; esclerometría; sísmico.

## ABSTRACT

This work was carried out a structural analysis of the parish of San Pedro Apostle in our city, our research had as general objective the structural evaluation of the parish based on the National Building Regulations, due to the age of the structure. A survey of the building was carried out, after which, based on observation, it was decided to evaluate two of the four blocks that currently exist, we called them block "A" and "B". The corresponding architectural plans were drawn up for the subsequent analysis based on the national building regulations, which showed structural deficiencies in both blocks in order to estimate the behavior in the event of an earthquake occurring in the city. Values corresponding to the average compressive strength of the concrete were obtained by means of the sclerometer, a non-destructive test. The results obtained are higher than those recommended by the reinforced concrete standard E 060 being the minimum value of compressive strength of  $210 \text{ kg/cm}^2$ , the seismic analysis of block "A" was performed according to the seismic-resistant standard with the ETABS V.18.2.1 software where block "A" and block "B" were modeled to determine a deficient seismic compartment in the X and Y direction. The maximum drift in the Y direction was 0.006323 for block "A" and 0.017537 for block "B". These values exceed the limit allowed by the E030 seismic-resistant design standard, established at 0.007. In X direction, the maximum drift of block "A" was 0.00820 and for block "B" it was 0.007957, which indicates that block "B" meets the requirements of the standard while block "A" does.

**Keyword:** structural evaluation; displacements; sclerometry; seism.

## INTRODUCCIÓN

Los sismos son una liberación de energía provocada por la convergencia de las placas tectónicas, debido a que nuestro país se encuentra ubicado en medio de la Placa Nazca y la Placa de Sudamericana, siendo parte de la denominada Cinturón de Fuego del Pacífico, área donde ocurren usualmente los eventos sísmicos en todo el planeta. Causando daños físicos al punto de colapsar estructuras, resultando en pérdidas de vidas y pérdidas económicas.

En la ciudad de Tacna, el último movimiento telúrico de gran intensidad que se sintió, fue con epicentro a 82 km de la localidad de Ocoña en la provincia de Camaná, departamento de Arequipa de 8,4 Mw, afectando los departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho; así como también afectó partes de Chile y Bolivia.

Actualmente, se dispone de más modelos cuantitativos y técnicas computacionales para la evaluación del riesgo sísmico y registros de eventos sísmicos debido al creciente número de estaciones sísmicas que forman redes. Esta información contenida en los catálogos de terremotos, junto con la disponibilidad de nuevas leyes de aceleración que describen mejor el esquema sísmico de varias regiones, permite actualizar los estudios de riesgo de terremotos a nivel nacional. Con base a los estudios obtenidos, sabemos que esperamos un terremoto de magnitud similar o mayor debido al silencio sísmico actual.

En el siguiente estudio se realizó un análisis estructural de la Parroquia de San Pedro Apóstol, considerando como primer capítulo del planteamiento del problema, describiendo nuestros objetivos, hipótesis y justificación de nuestro estudio, así como también teniendo en cuenta el capítulo de marco teórico, donde informamos los puntos teóricos que se utilizaron para este estudio. Seguidamente el capítulo de marco metodológico describiendo los métodos a usados para realizar el análisis sísmico. Llegando finalmente al capítulo de resultados donde mostramos todos los datos obtenidos del estudio realizado. Continuando con la discusión de la hipótesis comparada con otras tesis relacionadas al tema de estudio, y para finalizar con las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción del problema**

Los eventos sísmicos son fenómenos naturales que se produjeron desde la formación de la Tierra y han afectado las estructuras construidas por los humanos desde los albores de la civilización. A lo largo de la historia, nuestro país ha perdido muchas vidas por estos movimientos telúricos. En este sentido, la promulgación del Reglamento Nacional de Edificación de 1970 fue un indicador importante en el sector de la construcción peruano. Desde entonces, la normativa ha sido continuamente revisada y actualizada con el objetivo de brindar un mejor control sobre el proceso de construcción nacional.

La fundación de la parroquia San Pedro Apóstol ha estado directamente relacionada con la historia de Tacna por sus más de 30 años de construcción y al estar ubicada en el corazón de la zona de Tacna. Analizando los planos de la "Vicaria", encontramos fallas en su diseño, al mismo tiempo en el proceso de construcción. Debido a que estas estructuras no cumplen con las normas de diseño sísmico por su antigüedad, ahora tienen un mayor riesgo de terremotos. Por lo tanto, para salvaguardar la integridad física de los fieles que usan la parroquia, es fundamental realizar una evaluación de la estructura.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **1.2.1. Interrogante general**

¿Cuál es el comportamiento sísmico concluyente de la evaluación estructural de la Parroquia San Pedro Apóstol?

#### **1.2.2. Interrogantes específicas**

- a. ¿Cuáles son las características estructurales del bloque evaluado?
- b. ¿Cuáles son los parámetros sísmicos a emplear para el análisis sísmico del bloque evaluado?
- c. ¿Cuál es el máximo desplazamiento de relativo de entrepiso, frente al espectro de diseño de la norma E030?

### **1.3. Justificación de la investigación**

La realización de esta tesis se justifica por varias razones fundamentales. En primer lugar, la Parroquia San Pedro Apóstol es un importante y emblemático edificio histórico de nuestra ciudad, que alberga un gran valor cultural y religioso para la comunidad local. Dada su antigüedad, es fundamental evaluar su estructura para garantizar la seguridad de los fieles y visitantes, así como preservar su patrimonio arquitectónico a largo plazo.

Además, la norma técnica destaca que las estructuras comunitarias, como la Parroquia San Pedro Apóstol, desempeñan un papel esencial en la comunidad y deben ser capaces de seguir funcionando después de un fuerte sismo. Estas edificaciones se consideran fundamentales para brindar apoyo y refugio a los miembros de la comunidad en momentos de crisis. Por lo tanto, es crucial evaluar y fortalecer la parroquia para asegurar que pueda cumplir con su función social y religiosa, incluso en situaciones adversas.

Finalmente, es importante destacar que el año 2022 es un momento oportuno para llevar a cabo esta evaluación estructural, ya que se cuenta con tecnología y conocimientos actualizados en el campo de la ingeniería sísmica. Esto permitirá obtener resultados precisos y relevantes sobre el comportamiento sísmico de la parroquia, identificar posibles deficiencias estructurales y proponer medidas de rehabilitación y fortalecimiento que contribuyan a su preservación a largo plazo.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de la Parroquia San Pedro Apóstol.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar las características estructurales de la Parroquia San Pedro Apóstol
- b. Determinar los parámetros sísmicos donde se encuentra ubicado de la Parroquia San Pedro Apóstol, estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones E0.30 vigente.
- c. Determinar máximo desplazamiento relativo de entrepiso frente al espectro de diseño de la norma E0.30.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- a. Las características estructurales evaluadas de la Parroquia San Pedro Apóstol son inadecuadas.
- b. Los bloques evaluados se encuentran en zona sísmica muy alta, encontrándose cimentadas en suelos blandos, presentando irregularidades en planta y altura.
- c. Las derivas de entrepiso se encuentran por encima de los límites permitidos en la norma E030 "Diseño Sismorresistente".

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Muñoz & Ramos (2006) en su artículo denominado “Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural”, Los resultados de las evaluaciones de la vulnerabilidad sísmica (física) de un sistema estructural de construcción se compilaron utilizando técnicas de confiabilidad estructural. El proyecto de investigación se basó en la compilación de información existente (planos, memorias de cálculo, etc.), estudios patológicos, mediciones estructurales y evaluación del riesgo sísmico local.

Genie & Gómez (2021) en su tesis “Diseño basado en el desempeño estructural de un edificio esencial sismo resistente de acero, de ocho niveles emplazado en la ciudad de managua, España”. El objetivo del estudio fue aplicar el método basado en el comportamiento estructural a una edificación esencial con características significativas o grupo A según RNC, cuyo sistema pudiera soportar la carga lateral SMF (Pórticos Especiales a Momentos) anteproyecto. A través de este estudio, se evaluaron las derivas en el estado límite de servicio y en el límite de colapso. En primera instancia, las derivas obtenidas no cumplieron con las normas establecidas ya que superaron el máximo calculado según la normativa (0,004), siendo 0,0048 a 1 la cifra más cercana al cumplimiento en la dirección Y. En el segundo caso (estado límite de colapso), las derivas alcanzaron un valor máximo de 0,0297 en el nivel 3 en la dirección X, que es inferior al máximo calculado por la normativa (0,03).

Medina (2012), en “Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método del índice de vulnerabilidad”, se realizó una evaluación de la vulnerabilidad estructural de 8 edificios en el centro de Bogotá que presentan características que pueden ser probablemente vulnerables en caso de un terremoto. El propósito de la tesis fue evaluar estos edificios mediante el método del Índice de Vulnerabilidad, que implica cambios en 11 parámetros de evaluación, y aplicar el método a las edificaciones seleccionadas. A pesar de las particularidades de las edificaciones, los resultados obtenidos demostraron que la mayoría de ellas no son vulnerables y son estructuras seguras con parámetros superiores en términos de configuración de la estructura en cuanto a planta, altura y resistencia convencional. Los resultados se deben a que los parámetros que evalúan la irregularidad en planta y

elevaciones no tienen un peso significativo para determinar su impacto en la vulnerabilidad.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Ccolque & Zavala (2018), en su tesis "Evaluación estructural por desempeño sísmico para el reforzamiento de C. E. Humberto luna de la ciudad del Cusco." Tesis que consideró que la evaluación del desempeño sísmico surge de la necesidad de conocer el daño post-sismo en una edificación para diferentes niveles de demanda sísmica para crear opciones de refuerzo estructural, la evaluación del desempeño sísmico se basa en análisis no lineales, es decir obtener respuestas estructurales considerando el comportamiento real de los materiales y la estructura en general. La evaluación estructural del Adobe del pabellón C se realiza según la metodología del Comité SEAOC Visión 2000 y el análisis según las normas Adobe NTE.080 y NTE.030, los resultados se comentan en el Capítulo 8.

Ccorahua & Soncco (2020) en su tesis "Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de albañilería confinada del conjunto vecinal Zarumilla." Tesis que desarrollo un Estudio de Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones de albañilería confinada del Barrio Zarumilla Cusco-2020 y dicho conjunto vecinal es una de las edificaciones colectivas de concreto armado más antiguas construidas después del terremoto de 1950 en Cusco debido a las necesidades constructivas provocadas por el sismo. Con base en el análisis sísmico cuantitativo y cualitativo realizado, se concluyó que a pesar de que el edificio fue construido sin norma sísmica, presenta un buen comportamiento estructural ante un evento sísmico severo. En el supuesto caso de un terremoto, encontramos que el eje A y el eje H se dividen en el primer piso, por lo que se recomienda reemplazarlo con albañilería confinada.

Sandoval (2021), en su tesis "Estudio de la Vulnerabilidad Estructural de la Institución Educativa San Pedro del Distrito, Provincia y Departamento De Piura 2021", Tesis que se llevó a cabo una evaluación estructural de la institución educativa San Pedro debido a su ubicación en una zona de alta actividad sísmica. El objetivo principal fue analizar el comportamiento de la estructura ante un terremoto y determinar su vulnerabilidad. Se identificó el sistema estructural del pabellón, que consta de pórticos de concreto armado y muros transversales de mampostería, y se realizaron análisis sísmicos de acuerdo con la norma técnica de diseño sísmico E.030-2018. Se encontró que los bloques 2 y 4 son edificaciones irregulares y se utilizó el análisis estático no lineal "PUSHOVER" para obtener la curva de capacidad de la estructura. Se determinó que, mientras que en la dirección de la mampostería la acción es la esperada, en la

dirección de los pórticos de algunos bloques no responde debido a la falta de acero en las columnas.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Ojeda & Colorado (2021), en su tesis "Evaluación estructural del pabellón "A" de la Institución educativa 42036 Juan María Rejas, Tacna 2021", Se llevaron a cabo una evaluación del pabellón utilizando ensayos de esclerometría para medir su resistencia a la compresión, y concluyeron que cumple con la resistencia mínima exigida por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Además, se realizó una evaluación sísmica de los Bloques 1 y 2 del Pabellón A, donde se determinó que el comportamiento sísmico es deficiente en la dirección X y eficiente en la dirección Y. En la dirección X, se encontró que los pórticos estructurales tienen una deriva máxima que excede el valor máximo permitido por la norma de diseño sísmico E.030, mientras que en la dirección Y, el sistema estructural de mampostería cumple con la norma de resistencia sísmica E.030.

Almirón & Yndigoyen (2019), en su tesis "Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la ciudad de Tacna", se determinó que los desplazamientos laterales y las distorsiones de la estructura cumplían con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Asimismo, se llevó a cabo una prueba de diamantina y se comprobó que la resistencia de la estructura cumplía con los estándares de construcción nacionales. Además, mediante el uso del análisis no lineal "PUSHOVER", se evaluó el comportamiento sísmico del Centro de Salud ante diferentes niveles de sismo, concluyendo que se encuentra en un nivel adecuado de operabilidad, funcionalidad y protección de la vida, por lo que no se consideró necesaria una propuesta de reforzamiento.

Aguilar & Aguilar (2017) realizó su tesis "Evaluación y reforzamiento estructural del edificio de la Escuela Profesional de Obstetricia -UNJBG -Tacna", Se concluyó que el edificio de la Escuela Profesional de Obstetricia podría sufrir daños significativos y poner en riesgo la seguridad de las personas en caso de un sismo fuerte de gran magnitud. Para abordar esta preocupación, presentaron dos opciones de refuerzo: una que utilizó dispositivos de control pasivo para disipación de energía tipo fluido viscoso y un sistema CFRP, y otra que utilizó métodos tradicionales en concreto armado. Ambas opciones lograron reducir la fluencia en un máximo de 5 %, lo que ayudaría a mitigar los daños en caso de un evento sísmico y permitiría la ocupación inmediata del edificio.

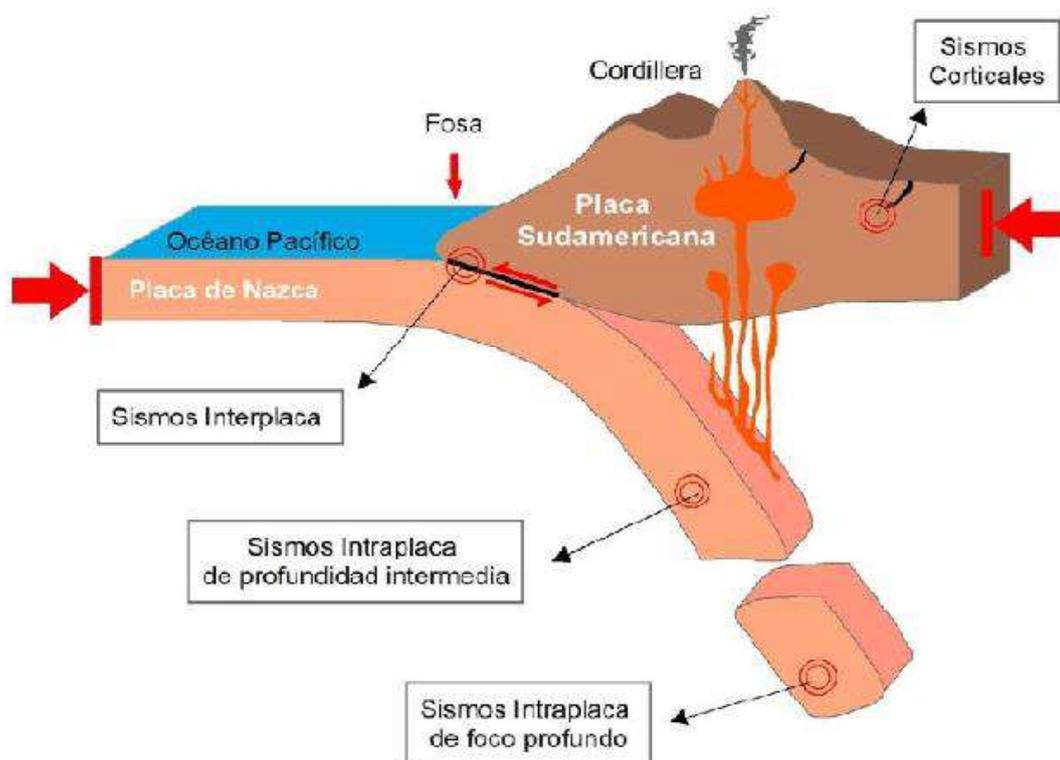
## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. El origen de la sismicidad en el Perú

El origen de la sismicidad en el área geográfica de Perú es debido a por la dinámica de las unidades tectónicas presentes en el interior del continente y la subducción de placas. La mayoría de los sismos superficiales ocurren entre la delimitación de la fosa que se encuentra entre la costa del Perú y Chile, inicia en el departamento de Tacna y termina en el departamento de Tumbes, y representan las principales fuentes sismogénicas del país. En la región andina y subandina, el movimiento de la corteza es la segunda fuente sismogénica antes de desaparecer por completo en la llanura amazónica. Por otro lado, los sismos de foco profundo son causados por la deformación dentro de la placa de Nazca, que ocurre por debajo de la corteza como resultado del proceso de subducción. La placa de Nazca tiende a deformarse debido a las tensiones que impiden que se mueva en la región de interfaz y las fuerzas que la llevan hacia el manto (Tavera & Bernal, 2017).

**Figura 1**

*Convergencia de las placas tectónicas*



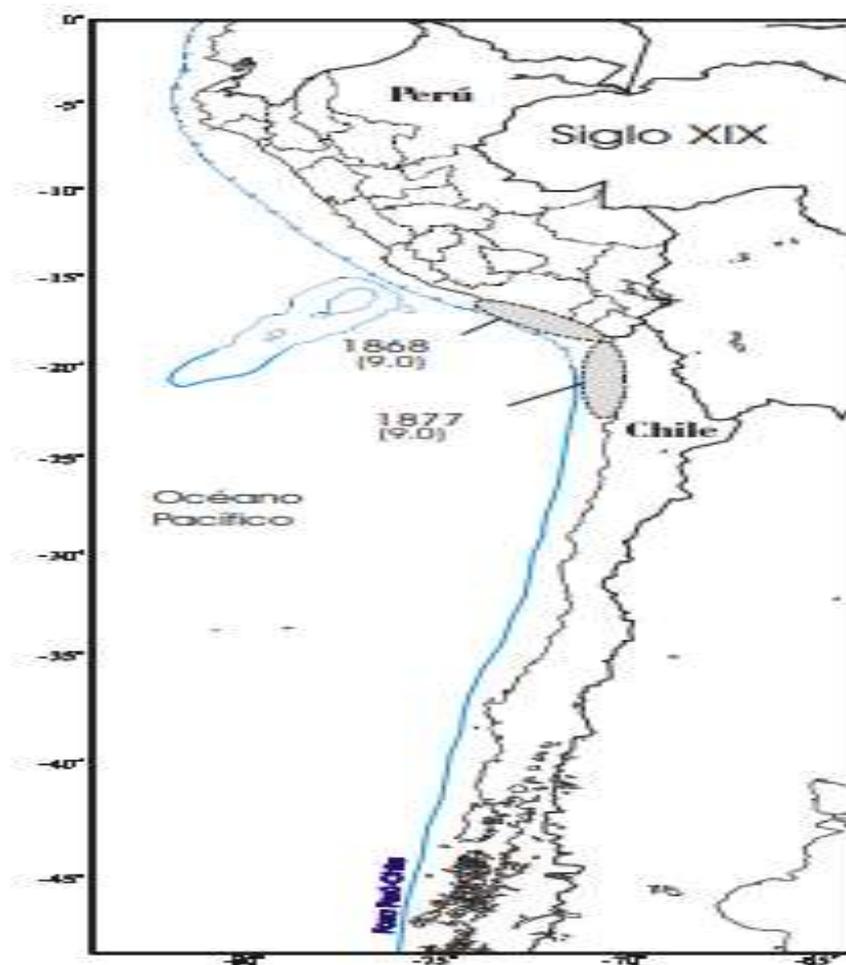
*Nota.* La figura muestra los tipos de sismos que se producen en las áreas donde las placas de Nazca y Sudamericana convergen. Elaborado por (Tavera, 2020).

### 2.2.2. Sismicidad en la ciudad de Tacna

Durante el siglo XIX, se registraron en Perú y Chile dos sismos de gran magnitud, en agosto del 1868 y mayo de 1877, con una magnitud de 9,0 MW y se extendieron a lo largo de alrededor de 500 km. Según Tavera (2020), estos sismos y sus zonas de falla se localizan al norte de Chile y Sur de nuestro país, mientras que en otras áreas del borde occidental de ambos países no se reportaron sismos de gran magnitud. En la Figura 2 se aprecia la distribución de sismos y zonas de falla.

**Figura 2**

*Distribución de las áreas de rupturas*



*Nota.* El mapa muestra la distribución de las zonas afectadas por los eventos sísmicos que tuvieron lugar en 1868 y 1877. Elaborado por (Tavera, 2020).

### **2.2.3. Evaluación estructural**

La evaluación del estado estructural de una edificación generalmente se refiere a observar la condición actual de las estructuras de manera sistemática y científica. Con la ayuda de la evaluación estática, se puede determinar la estabilidad del edificio de acuerdo con las normas vigentes en el área de acuerdo con los parámetros establecidos. Esto proporciona un alto grado de confianza para determinar el estado de los componentes del edificio e indicar las medidas necesarias para optimizar el potencial sísmico (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

### **2.2.4. Normas técnicas de edificación**

Las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones son desarrolladas por comités técnicos compuestos por representantes de varias agencias que se ocupan del tema de los estándares relevantes. Estos órganos están compuestos principalmente por representantes de universidades, institutos de investigación y consultores reconocidos a nivel nacional.

#### **2.2.4.1. Norma de cargas**

Las estructuras y todos sus componentes deben soportar las cargas indicadas en la norma. Funcionarán en combinaciones especificadas y no deberán producir tensiones o deformaciones mayores que las especificadas para cada material estructural en su norma de diseño particular. Las cargas previstas no deben ser inferiores a los valores mínimos establecidos en esta norma (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

#### **2.2.4.2. Norma de diseño sismorresistente**

Esto se aplica a todos los diseños de edificios nuevos, fortalecimiento de edificios existentes y reparación de estructuras dañadas por sismos.

#### **2.2.4.3. Norma de Concreto Armado**

Esta norma establece las condiciones mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y supervisión de estructuras de concreto armado simple y pretensado. Los planos y especificaciones técnicas del proyecto de construcción deben cumplir con esta norma.

### 2.2.5. Zonas Sísmicas

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la actividad sísmica observada, las características generales del movimiento sísmico y la atenuación con la distancia epicentral y la información neotectónica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

**Figura 3**

*Zonas Sísmicas*



*Nota.* El cuadro muestra las zonas sísmicas del Perú. Fuente norma E030 Diseño sismorresistente.

**Tabla 1***Factores de zona*

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

*Nota.* Adaptado de la norma técnica peruana de diseño sismorresistente E0.

### 2.2.6. Perfiles de Suelo

Para cada región sísmica, se establece el perfil del suelo de acuerdo con las especificaciones de la norma E.030

- Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura
- Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o Suelos muy Rigidez
- Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones Excepcionales

**Tabla 2***Clasificación de los perfiles de suelo*

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

*Nota.* Norma E030 Diseño sismorresistente.

Donde:

$\bar{V}_s$  : Velocidad Promedio de Propagación de ondas de corte.

$\bar{N}_{60}$  : Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

$\bar{S}_u$  : Promedio Ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

### 2.2.7. Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Se deben tener en cuenta los diversos tipos de perfiles que describen las características específicas de cada localidad, junto con la utilización del factor de amplificación del suelo S y los correspondientes valores de los períodos TP y TL

**Tabla 3**

*Factor de suelo S*

Perfil	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

*Nota.* Norma E030 Diseño sismorresistente.

**Tabla 4**

*Periodos Tp y Tl*

Perfil	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
Tp	0,30	0,40	0,60	1,00
Tl	3,00	2,50	2,00	1,60

*Nota.* Norma E030 Diseño sismorresistente.

### 2.2.8. Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo con las características del sitio, el factor de amplificación sísmica (C) se define mediante la fórmula: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$T < T_p \quad C = 2,5 \quad (1)$$

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

$$T < T_L \quad C = 2,5 \times \frac{T_p \times T_L}{T^2} \quad (3)$$

Donde T es el periodo fundamental, este factor se interpreta como un factor de amplificación para la aceleración de la estructura en relación con la aceleración del suelo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

### 2.2.9. Periodo Fundamental de Vibración

Según lo establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), se calcula el período fundamental para cada dirección a través de la siguiente fórmula.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (4)$$

Donde:

$T$  = Período fundamental de la estructura, en segundos.

$h_n$  = Altura total de la edificación, en metros.

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

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

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

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

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

La norma presenta también una alternativa más precisa:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}} \quad (5)$$

### 2.2.10. Categoría de las Edificaciones y Factor de uso

Cada estructura se clasifica según su categoría de importancia. Los usos o factores de importancia definidos en la Tabla 5 se utilizan de acuerdo a las clasificaciones realizadas.

**Tabla 5***Categorías de las edificaciones y factor “U”*

Categoría	Descripción	Factor U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver Nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>• Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>• Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>• Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>• Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>• Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>• Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1,5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales como incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver Nota 2

*Nota.* (1) Tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. Si se omite el uso de aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el coeficiente de irregularidad U será de al menos 1,5. (2) A criterio del diseñador de estas estructuras determina la resistencia y rigidez necesarias para hacer frente a las fuerzas laterales.

**2.2.11. Sistemas Estructurales**

Los elementos estructurales cuya función es la de soportar las cargas que actúan sobre ellos, y se agrupan para asegurar la durabilidad e integridad del edificio.

### **a. Estructuras de concreto armado**

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) incluye diversos tipos de sistemas estructurales de concreto armado, los cuales son:

- **Pórticos**

Un sistema estructural que consta de una columna y una viga, con un valor de fuerza cortante inferior al 80 % en la parte inferior actuando sobre las columnas que conforman los pórticos.

- **Muros estructurales**

Los muros estructurales proporcionan la resistencia sísmica con al menos el 70% de la fuerza de corte actuando sobre la cimentación.

- **Dual**

En la composición estructural de edificios se utilizan pórticos y muros para evitar los efectos sísmicos. Los muros son diseñados para soportar un esfuerzo cortante superior al 20 %, mientras que, en la parte inferior del edificio, este esfuerzo cortante es inferior a 70 %.

### **b. Estructuras de ductilidad limitada**

Estas construcciones presentan un sistema estructural basado en muros de concreto armado de espesor reducido que proporcionan la resistencia sísmica y la carga de gravedad, sin utilizar extremos cerrados y con arriostramientos verticales dispuestos en una única capa

### **c. Estructuras de Acero**

Se hace referencia a los componentes metálicos de los sistemas constructivos de pórticos y armaduras, que forman parte esencial de las cargas estructurales que deben soportar. Encontramos los siguientes sistemas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

### **d. Estructuras de Albañilería**

Este tipo de construcciones se caracteriza por utilizar muros de arcilla o bloques de concreto como elementos estructurales principales en su sistema.

### e. Coeficiente básico de reducción

La Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018) establece la determinación del valor del factor básico de reducción  $R_0$  para fuerzas resultantes en sismo según los materiales utilizados y el sistema constructivo.

### 2.2.12. Análisis Dinámico Modal Espectral

Es un método conveniente para evaluar desplazamientos y fuerzas en elementos de un sistema estructural. Esto permite tener con mayor facilidad la tensión máxima a la que está expuesta la estructura como consecuencia de la carga sísmica. La respuesta máxima del sistema se determina al combinar las respuestas máximas de cada modo principal de la estructura (Hernández, 2017).

#### a. Modos de vibración

Los modos de vibración se pueden determinar mediante un procedimiento analítico que tenga en cuenta adecuadamente las propiedades de rigidez y la distribución de masa. En ambas direcciones de análisis, se consideran al menos los tres primeros modos dominantes de vibración, lo que representa al menos el 90 % de la masa total del sistema en cada dirección (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

#### b. Aceleración Espectral

En cada dirección horizontal analizada, se utiliza un espectro rígido de pseudo-aceleración, definido como:

$$S_a = \frac{Z x U x C x Z}{R} \quad (6)$$

### 2.2.13. Fuerza cortante mínima

Para cumplir con la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), se exige que la fuerza cortante en la primera mitad del piso del edificio no sea inferior al 80 % de la fuerza cortante obtenida en el análisis estático para estructuras regulares en cada dirección de análisis. Para edificios regulares, esta fuerza no debe ser inferior al 90 %. Si estos valores mínimos de compensación no se cumplen, se ajustarán todos los resultados de manera proporcional, a excepción de los desplazamientos.

### 2.2.14. Desplazamientos laterales

Para obtener los movimientos laterales requeridos por la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), se requiere multiplicar los resultados del análisis lineal y

elástico con menores requerimientos sísmicos por 0,75 R en caso de estructuras regulares y 0,85 R para estructuras irregulares.

### 2.2.15. Irregularidades

Son aquellos con una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas 7 y 8.

El factor  $I_a$  se determina como el más pequeño de los valores dados en la Tabla N°7, que corresponde a la irregularidad de altura estructural existente en dos direcciones analíticas.

El factor  $I_p$  es el más pequeño de los valores dados en la Tabla 8, que corresponde a la irregularidad estructural existente en planta de dos direcciones de análisis.

Si de la aplicación de las tablas 7 y 8 resultaron valores diferentes de los coeficientes  $I_a$  o  $I_p$  para las dos direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los valores obtenidos para las dos direcciones.

**Tabla 6**

*Irregularidades estructurales en altura ( $I_a$ )*

Irregularidad en Altura ( $I_a$ )	Factor de irregularidad
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	0,50
Irregularidad Extrema de Rigidez	0,50
Irregularidad Extrema de Resistencia	0,50
Irregularidad de Masa o Peso	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0,80

*Nota.* Obtenido de la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

**Tabla 7***Irregularidades Estructurales en Planta ( $I_p$ )*

Irregularidad en Planta ( $I_p$ )	Factor de irregularidad
Irregularidad Torsional	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	0,60
Esquinas Entrantes	0,90
Discontinuidad del Diafragma	0,85
Sistemas no Paralelos	0,90

*Nota.* Obtenido de la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

**2.2.16. Coeficiente de reducción sísmica**

Se determina multiplicando el factor de reducción base valor obtenido de la Tabla 6 con los datos correspondientes a factores de altura e irregularidad en planta en las Tablas 7 y 8.

$$R = R_o \times I_a \times I_p \quad (7)$$

**2.2.17. Desplazamientos y distorsiones**

Los desplazamientos laterales se calculan multiplicando los resultados del análisis lineal estático por  $0.75 \times R$  para estructuras regulares y  $0.85 \times R$  para estructuras irregulares (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). El porcentaje de altura de entrepiso no debe ser excedido por el desplazamiento relativo máximo de entrepiso, denominado deriva o distorsión. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

**2.2.18. Cortante basal**

La fuerza cortante total en la base de la estructura correspondiente a la dirección considerada se determina mediante la fórmula (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018):

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \quad (8)$$

Donde:

Z = Factor de zona sísmica

U = Factor de categoría de edificación

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de suelo

R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

P = Peso sísmico

### 2.2.19. Ensayos no destructivos

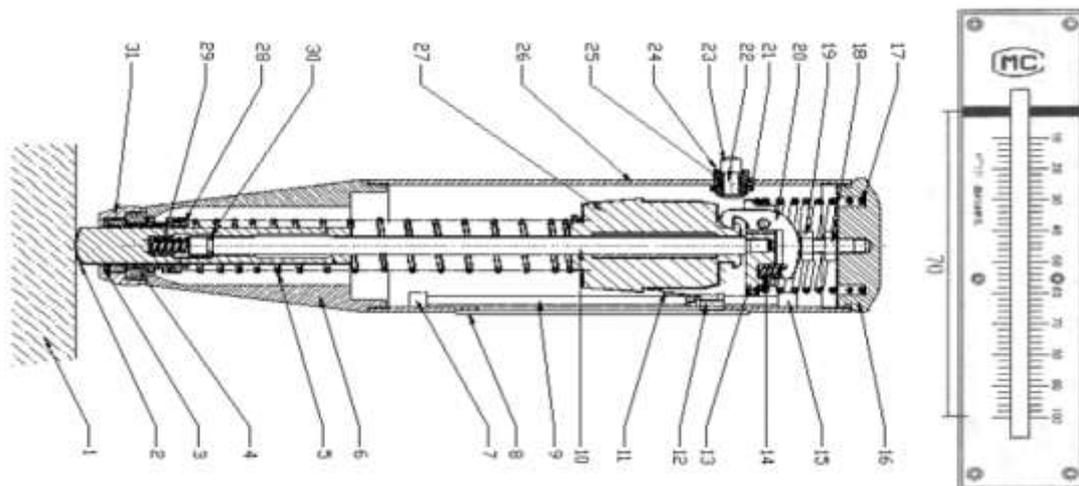
Los ensayos no destructivos son un tipo de prueba realizada en estructuras que no alteran permanentemente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos significan que no hay daños ni daños visibles. Diversos métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos como ondas electromagnéticas, elasticidad, emisión de partículas elementales, capilaridad, absorción y cualquier tipo de ensayo que no implique daño a la muestra bajo examen (Sanchez de Guzman, 2011).

#### a) Martillo de rebote o esclerometría

Consiste en un martillo de acero con resorte que, cuando se suelta, golpea un pistón de acero que hace contacto con la superficie de concreto. El martillo de rebote debe moverse a una velocidad constante y reproducible. La distancia de rebote del martillo de acero se mide después de golpear una escala lineal montada en el marco del accesorio según la ASTM C805 / NTP 339.181.

**Figura 4**

*Estructura del martillo*



*Nota.* Fuente, Manual of HT225 concrete test hammer.

## 2.2.20. Rigidez efectiva de los elementos de Concreto Armado

**Tabla 8**

*Factores de retracción del momento de inercia*

Miembro y Condición	Momentos de Inercia
Vigas	0,35 I <sub>g</sub>
Columnas	0,70 I <sub>g</sub>
Muros no Agrietados	0,75 I <sub>g</sub>
Muros Agrietados	0,35 I <sub>g</sub>
Placas Planas y Losas Planas	0,25 I <sub>g</sub>

*Nota.* Los coeficientes de reducción del momento de inercia de una sección sin grietas. Obtenido del Comité ACI 318, (2019).

## 2.3. Definición de Términos

### 2.3.1. Sismos

Son causados por ondas sísmicas que liberan energía en todas las direcciones, pueden variar en tamaño y ubicación dependiendo de la profundidad (Tavera, 2014).

### 2.3.2. Elemento Estructural

Es este elemento que forma parte de una estructura y su función es recibir, soportar y transferir cargas verticales y horizontales al suelo (Sanchez de Guzman, 2011).

### 2.3.3. Concreto Armado

El concreto utilizado en la estructura está reforzado con la cantidad mínima de acero requerida para su resistencia (Comité ACI 318, 2019).

### 2.3.4. Modos de Vibración

Frente a cargas dinámicas, se presentan modos típicos de vibración de la estructura. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

### **2.3.5. Pórtico**

Pórtico donde elementos y los nudos pueden soportar fuerzas a través de fuerzas de flexión, cortante y axiales (Comité ACI 318, 2019).

### **2.3.6. Esclerómetro**

Un esclerómetro es un dispositivo de medición que consta de un martillo de acero con un resorte de carga que, cuando se suelta, golpea un pistón de acero en contacto con la superficie de hormigón endurecido (Vilcas, Rado, Soto y Cusihuaman, 2022).

### **2.3.7. Deformaciones**

Es un cambio en la forma del cuerpo debido al esfuerzo, ya sea mecánico, calor, humedad o algún otro aspecto (Serpa y Samper, 2014).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada.

#### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es correlacional. Debido a que es un tipo de método de investigación no experimental en el que el investigador mide dos variables. Busca comprender y evaluar la relación estadística entre ellos sin la influencia de ninguna variable externa. El Diseño de Investigación es No experimental.

### 3.2. Población y/o muestra de estudio

### 3.3. Operacionalización de Variables

**Tabla 9**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Indicadores	Definición Conceptual	Dimensión
<b>Variable Dependiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodo fundamental de vibración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica el tiempo que tarda la estructura en dar una vibración.</li> </ul>	Seg
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modos de Vibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica formas puntuales de oscilar una edificación contra cargas dinámicas.</li> </ul>	Adimensional
Comportamiento Sísmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica el movimiento estructural debido a una carga dinámica</li> </ul>	cm
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distorsiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica la relación entre el desplazamiento relativo y la altura de entepiso de una estructura.</li> </ul>	Adimensional
<b>Variable Independiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patologías de elementos estructurales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica los daños o problemas existentes en los elementos estructurales</li> </ul>	Adimensional
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades Mecánicas de los elementos estructurales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica resistencia mecánica y capacidad de un material cuando se le aplica fuerza</li> </ul>	Adimensional
Evaluación Estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema Estructural de Concreto Armado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica el tipo de sistema estructural existente en la estructura</li> </ul>	Albañilería, Porticado

### 3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La recopilación de información de la parroquia de San Pedro Apóstol inició con la aprobación de la investigación por parte del Párroco Ricardo Moreno a cargo de la Comunidad Parroquial, a la vez se nos designó un colaborador para el ingreso a los ambientes.

#### 3.4.1. Ubicación

La Parroquia San Pedro Apóstol o también llamado “Vicaria” se encuentra en la avenida Bolognesi N°444 del distrito y provincia de Tacna.

Región : Tacna  
Provincia : Tacna  
Distrito : Tacna  
Dirección : Avenida Bolognesi N°444

#### Figura 5

*Ubicación de la Parroquia San Pedro Apóstol*



*Nota.* Adaptado de Google Earth

**Figura 6**

*Ubicación de la Parroquia San Pedro Apóstol*



*Nota.* Adaptado de la Base Catastral de la Municipalidad Provincial de Tacna.

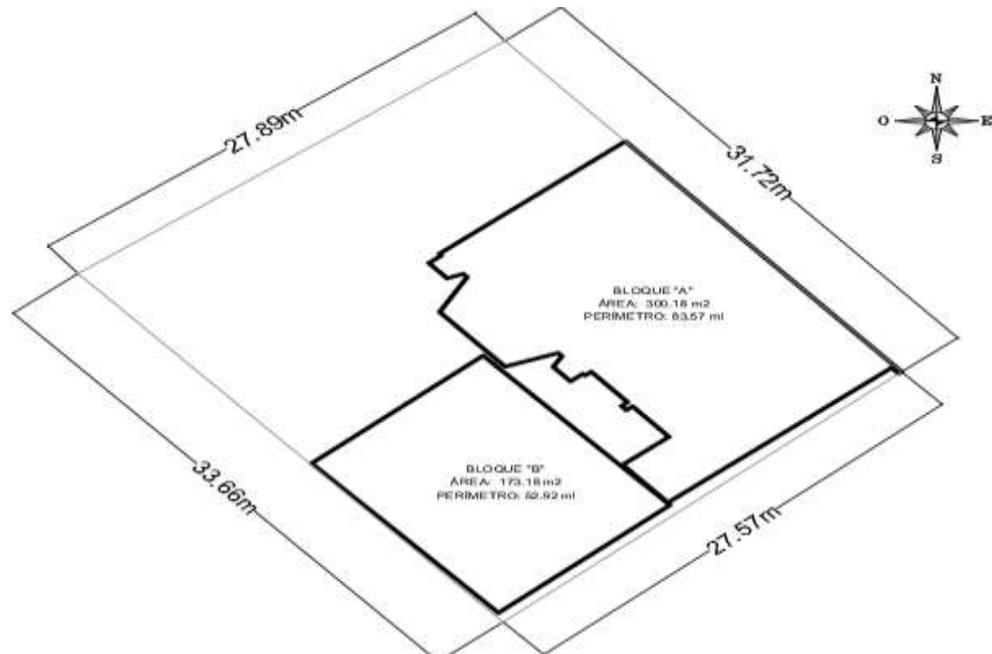
### 3.4.2. Técnicas

#### a. Observación

Una apreciación de la estructura para definir el área a intervenir, la Parroquia San Pedro Apóstol cuenta con 4 bloques, consideramos los dos bloques del templo como el bloque A y B, en el bloque C encontramos el área de administración, salas de reunión y salones, en el bloque D encontramos el área de vivienda del párroco. Consideramos el área a intervenir los bloques A y C por ser los más críticos.

**Figura 7**

*Plano Perimétrico de la Parroquia San Pedro Apóstol*

**Tabla 10**

*Cuadro de Áreas Bloque A*

Área del terreno	300,18 m <sup>2</sup>
Perímetro	83,57 ml

**Tabla 11**

*Cuadro de Áreas Bloque B*

Área del terreno	173,18 m <sup>2</sup>
Perímetro	52,92 ml

**Figura 8**

*Vista exterior del bloque A y B*



*Nota.* Se observa el bloque B por el lado izquierdo y el bloque A por el lado derecho de la figura.

**b. Levantamiento perimétrico**

Para llevar a cabo la medición perimetral de la edificación se utilizó un flexómetro, ya que debido a la antigüedad de la estructura no se disponía de planos digitales. Se midieron las dimensiones internas y externas de los espacios, así como la altura de cada uno, para poder digitalizar los planos de la edificación.

**Figura 9**

*Medición del ladrillo caravista*



*Nota.* La medida que se observa es de 12 cm.

**c. Preparación de las superficies de ensayo**

Mediante los planos realizados en la Parroquia San Pedro Apóstol se determinó los puntos para realizar el ensayo con el esclerómetro, se seleccionaron 3 pórticos para cada nivel de cada bloque.

**Figura 10**

*Medición de una sección de 20cm x 20cm en columna*

**Figura 11**

*Raspado de empaste y pintura del concreto caravista*



**Figura 12**

*Sección de 20cm x 20cm en columna del bloque A*



*Nota.* Se tomaron los 12 puntos para realizar el ensayo de Esclerometría.

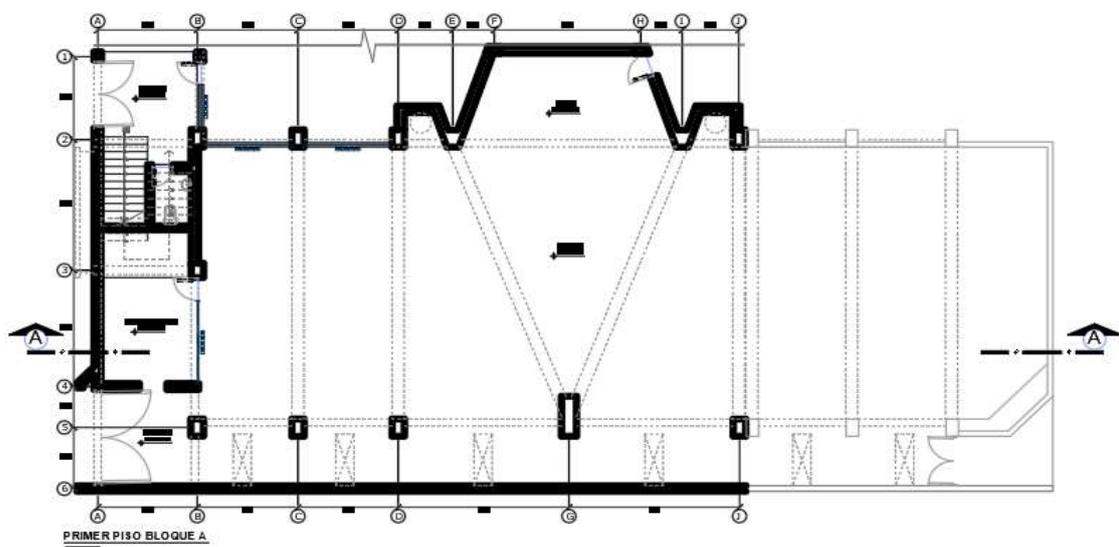
### 3.4.3. Instrumentos

#### 3.4.3.1. Elaboración de planos

La elaboración de los planos de planimetría y elevaciones, se contó con el uso del software AutoCAD 2020 y la información obtenida del levantamiento perimétrico.

**Figura 13**

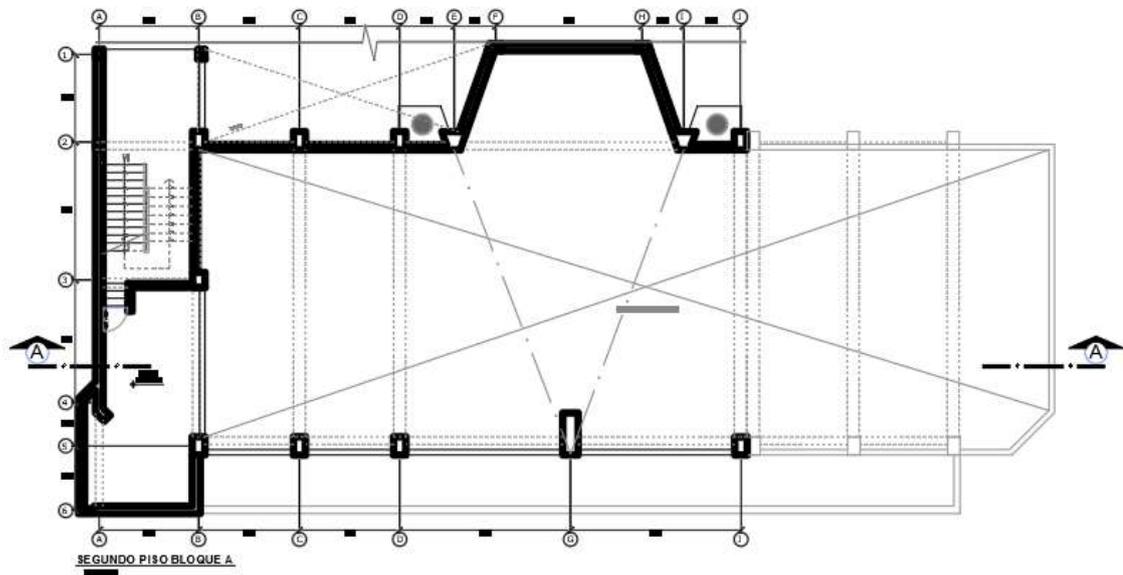
*Plano de Distribución del Bloque A – Primer piso*



*Nota.* Se consideró el bloque resaltado en la figura.

**Figura 14**

*Plano de Distribución del Bloque A – Segundo piso*

**Figura 15**

*Plano de Distribución del Bloque A – Tercer piso*

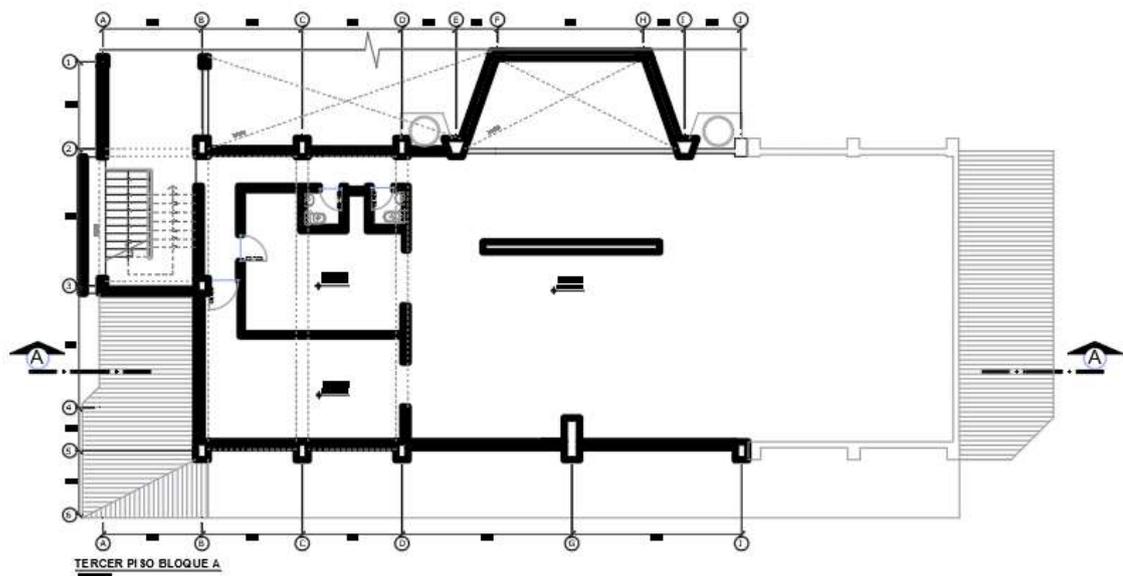


Figura 16

Plano de Corte del Bloque A

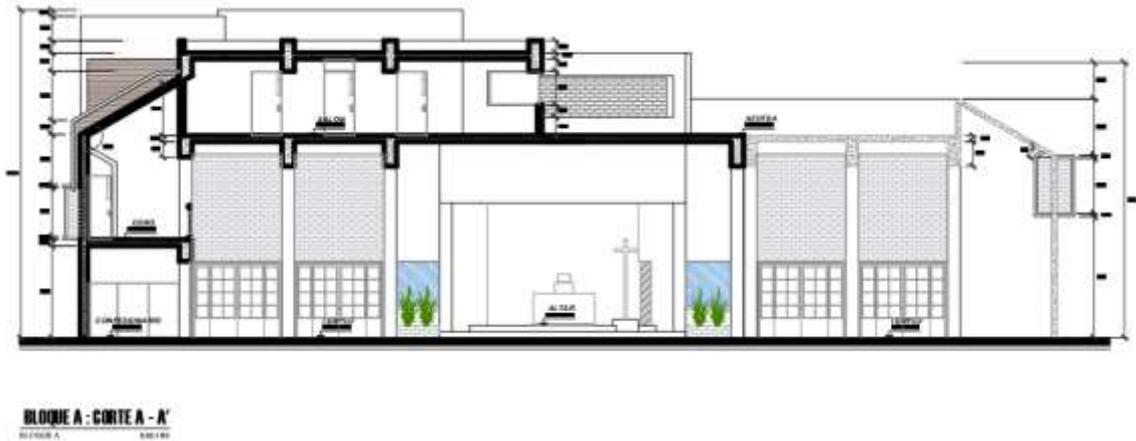


Figura 17

Plano de Distribución del Bloque B – Primer piso



Figura 18

Plano de Distribución del Bloque B – Segundo piso



Figura 19

Plano de Distribución del Bloque B – Tercer piso

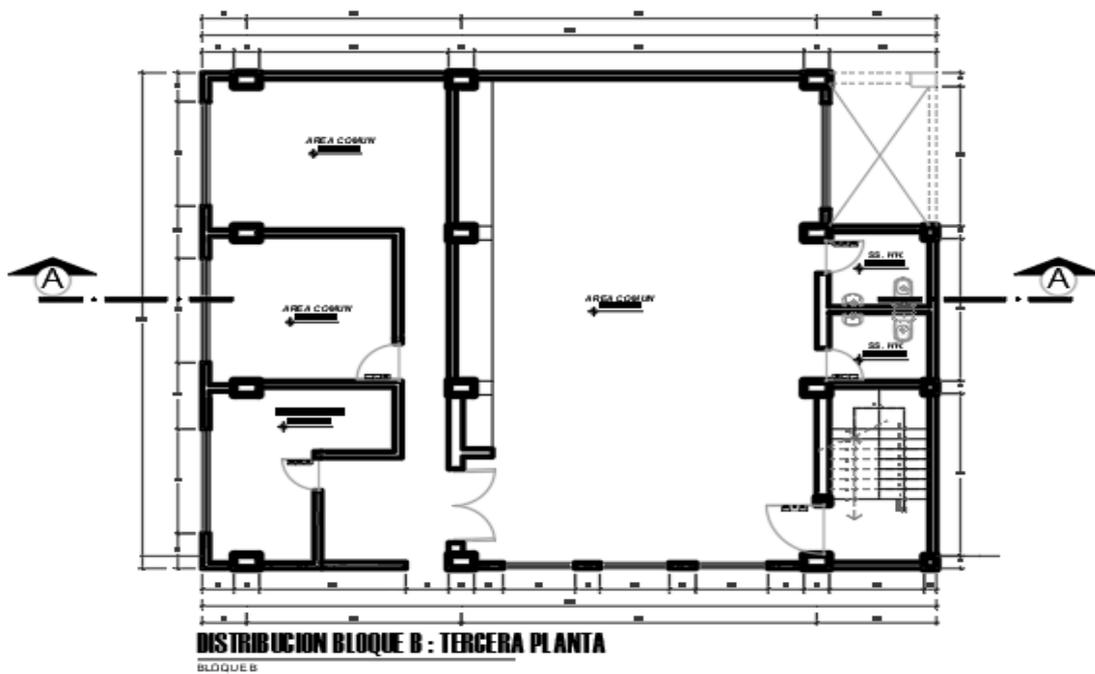


Figura 20

Plano de Corte del Bloque B

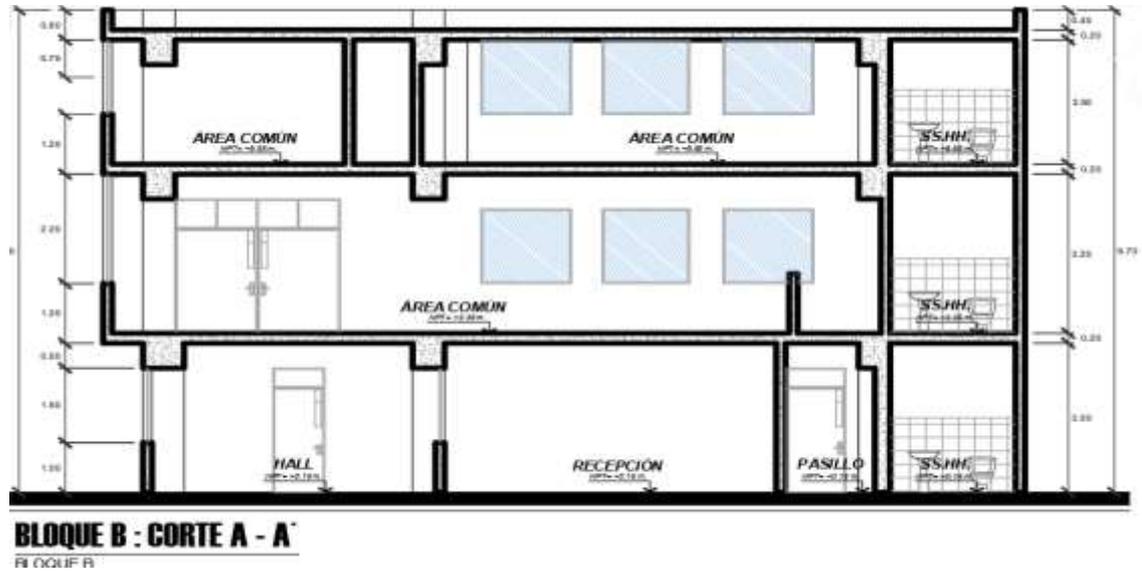
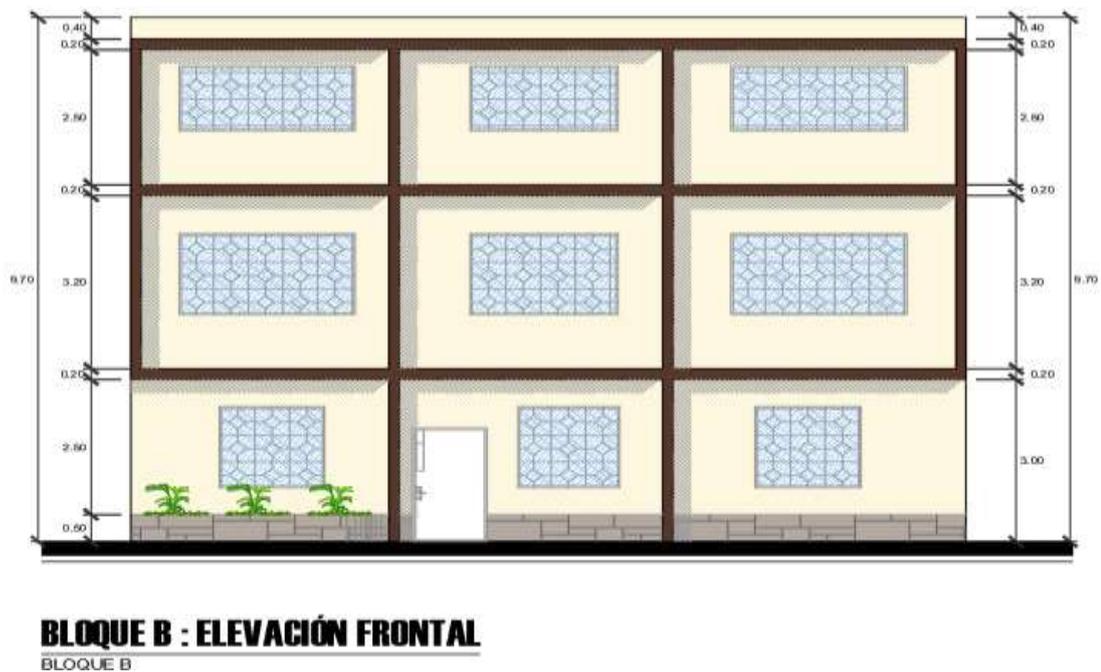


Figura 21

Elevación Frontal del bloque B



### 3.4.3.2. Obtención de datos del ensayo de esclerometría

Se realizó una prueba no destructiva con el esclerómetro con el objetivo de calcular la resistencia del concreto en los componentes estructurales, se realizó la medición de su dureza. La prueba se realizó directamente en el elemento estructural para el cual se retiró el tarrajeo con una dimensión de 20 cm x 20 cm en las vigas y columnas, Cada pórtico fue sometido a 3 ensayos con el esclerómetro, columnas y viga.

**Figura 22**

*Abaco para interpretar los resultados del esclerómetro.*



*Nota.* El ábaco se utilizó para relacionar el número de rebote con la resistencia a la compresión.

**Tabla 12**

*Tabla de Toma de datos*

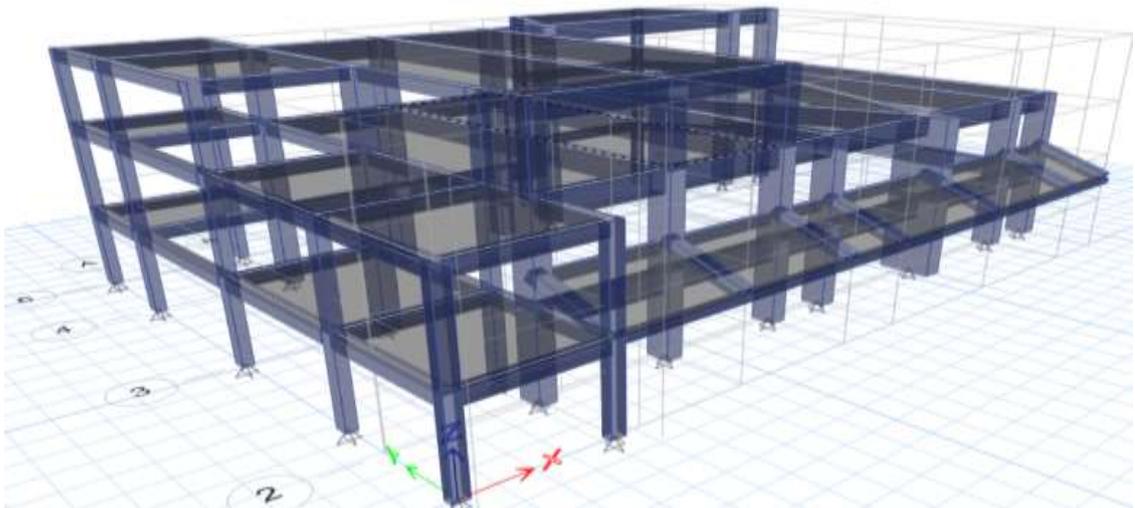
N°	Descripción elemento estructural	Lectura del Equipo												PROM	u	U-u	f'c Abaco o PSI	f'c Kg /c m2	Pro m f'c kg/c m2	f'c kg/cm 2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
P-1	COL																			
P-2	COL																			
P-3	COL																			
P-4	COL																			
P-5	COL																			
P-6	COL																			
P-7	COL																			
P-8	COL																			
P-10	COL																			
P-9	VIGA																			
P-11	VIGA																			
P-12	VIGA																			

### 3.4.3.3. Modelamiento en el software ETABS v21

Durante el proceso de cálculo en el escritorio, se utiliza la información recopilada en campo y el ábaco del esclerómetro para determinar la resistencia a la compresión y luego se procede al modelado de la estructura. Este modelado se realiza con el fin de analizar el comportamiento sísmico de la estructura en cuestión.

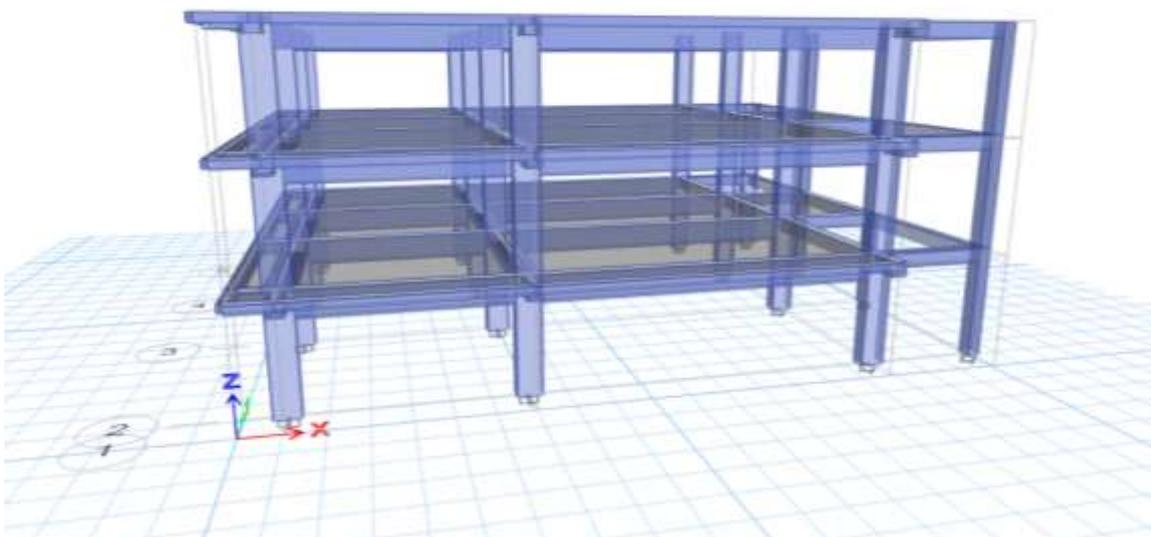
**Figura 23**

*Modelamiento Bloque A*



**Figura 24**

*Modelamiento Bloque B*



### **3.5. Procesamiento y análisis de Datos**

Después de llevar a cabo una medición detallada del perímetro del área, ajustamos los planos que representan la forma y altura del área. Seleccionamos los elementos clave para realizar pruebas que no afectaran la integridad de la estructura, y luego llevamos a cabo pruebas utilizando un dispositivo de medición de resistencia para obtener información sobre la fuerza de cada sección. Posteriormente, empleamos el software ETABS v20 para modelar el comportamiento sísmico de la estructura, siguiendo la norma de diseño sísmico E.030.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Evaluación Estructural

#### 4.1.1. Ensayo de Esclerometría

Después de llevar a cabo la prueba con un esclerómetro, es posible tener información acerca de la capacidad de soportar cargas de compresión del concreto utilizado. dos bloques fundamentales de la Parroquia San Pedro Apóstol.

**Tabla 13**

*Resultados de Lectura del Esclerómetro Bloque A*

N°	Descripción Elemento Estructural	Lectura Del Equipo												PRO M	u	U-u	f'c Abaco PSI	f'c Kg/cm <sup>2</sup>	Prom f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c kg/cm <sup>2</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
P-1	COL	36	30	38	34	34	35	30	33	38	32	31	37	34,00	2,89	31,11	3000	210,970		
P-2	COL	35	35	34	38	34	33	38	34	35	38	38	33	35,42	2,02	33,40	3600	253,165		
P-3	COL	30	29	37	32	31	35	31	30	30	30	30	33	31,50	2,39	29,11	2800	196,906		
P-4	COL	29	31	32	31	30	28	31	32	29	33	33	33	31,00	1,71	29,29	2900	203,938		
P-5	COL	35	32	28	32	30	33	35	35	31	32	33	34	32,50	2,15	30,35	3000	210,970	227,77	
P-6	COL	37	44	40	42	40	42	42	46	42	42	40	39	41,33	2,35	38,98	4800	337,553	222,40	
P-7	COL	38	34	38	38	38	40	40	38	38	39	39	40	38,33	1,61	36,72	4400	309,423		
P-8	COL	30	29	33	32	32	31	31	28	29	30	33	32	30,83	1,64	29,19	2800	196,906		
P-10	COL	29	22	25	25	27	24	21	29	25	26	27	29	25,75	2,63	23,12	1850	130,098		
P-9	VIGA	42	37	45	43	47	46	48	37	38	39	37	40	41,58	4,14	37,44	4400	309,423		
P-11	VIGA	22	21	21	26	30	24	32	26	24	27	23	25	25,08	3,40	21,69	2200	154,712	206,28	
P-12	VIGA	24	22	24	34	26	24	24	21	26	22	29	28	25,33	3,63	21,71	2200	154,712		

*Nota.* Calculamos el promedio de los valores obtenidos y se obtuvo una cifra promedio de la capacidad de soportar cargas de compresión del concreto utilizado mediante el uso del ábaco de 222,40 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 14

## Resultados de Lectura del Esclerómetro Bloque B

N°	Descripción Elemento Estructural	Lectura Del Equipo												u	U-u	f'c Abaco PSI	f'c Kg/cm <sup>2</sup>	Prom f'c kg/cm <sup>2</sup>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
P-1	COL	24	26	28	28	25	26	28	26	30	20	28	29	26,50	2,68	23,82	1900	133,6 15	
P-2	COL	32	27	30	34	33	29	30	29	36	32	29	30	30,92	2,54	28,38	2750	193,3 90	
P-3	COL	35	34	33	35	37	35	35	35	36	36	31	36	34,83	1,59	33,25	3100	218,0 03	161,16
P-4	COL	35	33	31	36	33	35	41	32	37	39	36	37	35,42	2,91	32,51	3450	242,6 16	
P-5	COL	34	32	36	31	38	34	32	35	37	34	37	32	34,33	2,31	32,02	3300	232,0 68	
P-6	COL	30	29	31	27	28	32	28	32	38	25	27	30	29,75	3,36	26,39	2400	168,7 76	173,46
P-7	VIGA	30	29	28	26	24	26	25	27	25	25	25	24	26,17	1,95	24,22	2000	140,6 47	198,08
P-8	VIGA	40	34	42	30	35	41	40	39	39	33	39	33	37,08	3,87	33,21	3550	249,6 48	
P-10	VIGA	37	35	38	40	36	40	38	32	32	36	40	36	36,67	2,77	33,89	3600	253,1 65	
P-9	COL	20	26	26	26	30	32	24	20	26	26	24	22	25,17	3,56	21,60	1500	105,4 85	
P-11	COL	26	24	28	25	23	28	21	24	22	18	21	24	23,67	2,93	20,73	1500	105,4 85	161,16
P-12	COL	19	24	19	22	22	19	27	30	20	21	20	22	22,08	3,42	18,66	1500	105,4 85	
P-13	COL	18	28	30	18	21	22	30	25	24	25	23	22	23,83	4,04	19,79	1500	105,4 85	
P-14	COL	25	21	22	22	23	24	20	20	23	24	21	20	22,08	1,73	20,35	1500	105,4 85	
P-15	COL	34	34	33	35	31	31	37	32	32	38	42	33	34,33	3,26	31,08	2300	161,7 44	
P-16	VIGA	22	20	21	23	21	23	20	22	24	18	22	21	21,42	1,62	19,80	1500	105,4 85	
P-17	VIGA	20	18	22	24	24	20	21	24	25	24	19	25	22,17	2,48	19,69	1500	105,4 85	198,08
P-18	VIGA	30	36	34	32	34	32	31	30	31	27	31	32	31,67	2,31	29,36	2800	196,9 06	
P-19	COL	31	34	32	35	33	33	35	30	34	37	35	32	33,42	1,98	31,44	3200	225,0 35	161,16
P-20	VIGA	42	40	41	44	46	42	45	49	48	38	46	36	43,08	3,96	39,12	3800	267,2 29	198,08
P-21	COL	26	24	30	26	29	26	24	26	29	29	29	32	27,50	2,50	25,00	2100	147,6 79	
P-22	COL	26	24	27	35	28	30	24	23	30	27	32	32	28,17	3,71	24,45	2000	140,6 47	161,16
P-23	COL	29	27	28	29	30	26	30	28	23	28	33	32	28,58	2,64	25,94	2250	158,2 28	
P-24	COL	28	28	27	35	31	28	31	30	30	34	27	28	29,75	2,63	27,12	2500	175,8 09	
P-25	VIGA	40	38	42	40	37	42	47	42	39	43	40	43	41,08	2,68	38,40	3700	260,1 97	198,08
P-26	VIGA	34	29	30	36	30	31	38	34	36	30	34	38	33,33	3,26	30,08	2900	203,9 38	
P-27	COL	27	28	30	28	31	27	30	34	30	34	34	28	30,08	2,68	27,40	2500	175,8 09	161,16

Nota. Calculamos el promedio de los valores obtenidos y se obtuvo una cifra promedio de la capacidad de soportar cargas de compresión del concreto utilizado mediante el uso del ábaco de 173,46 kg/cm<sup>2</sup>.

## 4.1.2. Características Mecánicas de los elementos Estructurales

### 4.1.2.1. Resistencia a la compresión del concreto

Se utilizó el ábaco del esclerómetro para calcular la resistencia a la compresión, dando como resultado los siguientes resultados promedio.

El promedio de la resistencia a la compresión del bloque A es de  $222,40 \text{ kg/cm}^2$

El promedio de la resistencia a la compresión del bloque B es de  $173,46 \text{ kg/cm}^2$

## 4.2. Comportamiento Sísmico

Llevamos a cabo el examen sísmico tomando en cuenta los coeficientes de disminución de momento de inercia que señala el ACI 318. Para las vigas, se utiliza un valor de  $0,35 I_g$ , mientras que para las columnas se emplea un valor de  $0,70 I_g$ , como se detalla en la tabla 10.

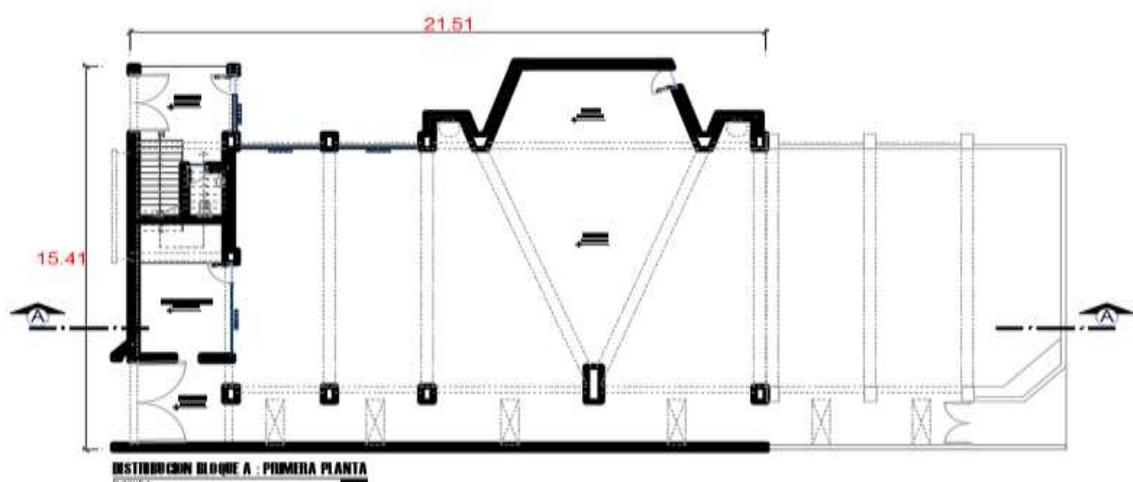
### 4.2.1. Configuración Sismorresistente

#### a. Bloque A

Considerando la proporción entre la longitud y la anchura, que es de 21,51 metros y 15,41 metros respectivamente, se obtiene una relación de aspecto de 1,39. Este valor es inferior al valor recomendado de 3 para lograr una configuración sísmica adecuada.

#### Figura 25

*Determinación de medidas del bloque A*



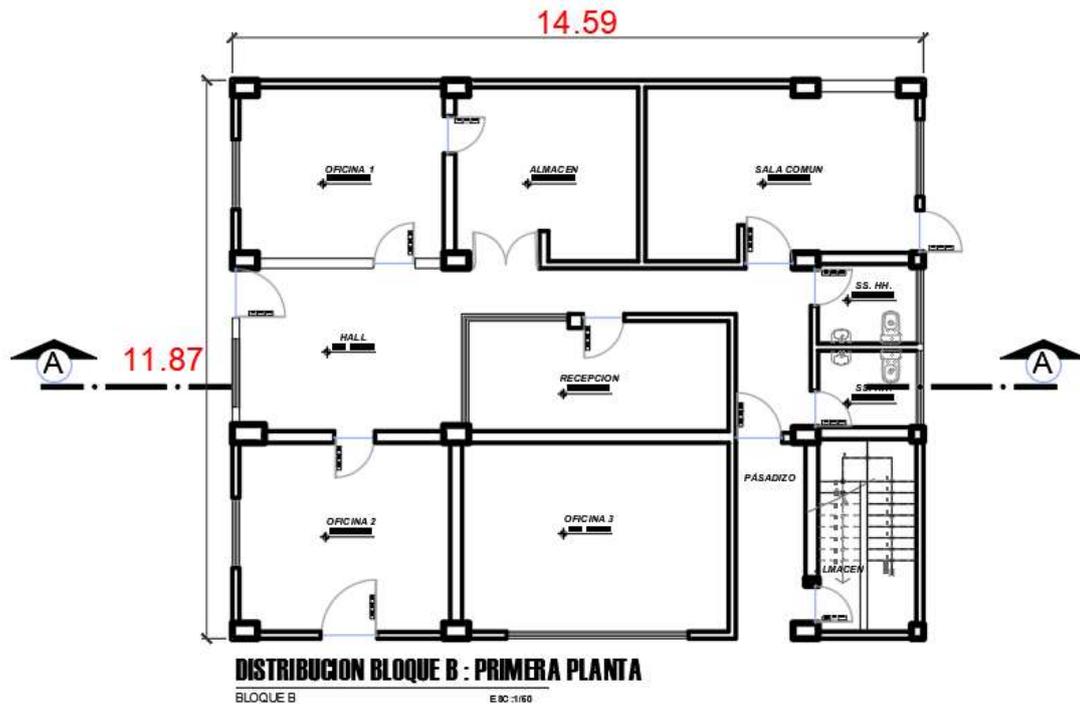
*Nota.* Dimensiones del Bloque A, dirección X es de 21,51 m y en dirección Y es de 15,41 m.

## b. Bloque B

Considerando la proporción entre la longitud y la anchura, que es de 14,59 metros y 11,87 metros respectivamente, se obtiene una relación de aspecto de 1,22. Este valor es inferior al valor recomendado de 3 para lograr una configuración sísmica adecuada.

**Figura 26**

*Determinación de medidas del bloque B*



*Nota.* Dimensiones del Bloque B, dirección X es de 14,59 m y en dirección Y es de 11,87 m.

### 4.2.2. Características de elementos Estructurales

#### a. Vigas

**Tabla 15**

*Sección de vigas bloque A*

Sección	a (m)	b (m)
V-1	0,40	0,70
V-2	0,30	0,40
CH-1	0,30	0,20

*Nota.* Se presentan dos tipos de sección de vigas peraltadas y una sección de viga chata.

**Tabla 16***Sección de vigas bloque B*

Sección	a (m)	b (m)
V-1	0,25	0,40
V-2	0,30	0,40
V-3	0,30	0,70
CH-1	0,30	0,20

*Nota.* Se presentan tres tipos de sección de vigas peraltadas y una sección de viga chata.

**b. Columnas****Tabla 17***Sección de columnas bloque A*

Sección	a (m)	b (m)
C-1	0,34	0,24
C-2	0,40	0,50
P-1	0,50	1,40

*Nota.* Se presentan tres tipos de sección de columna.

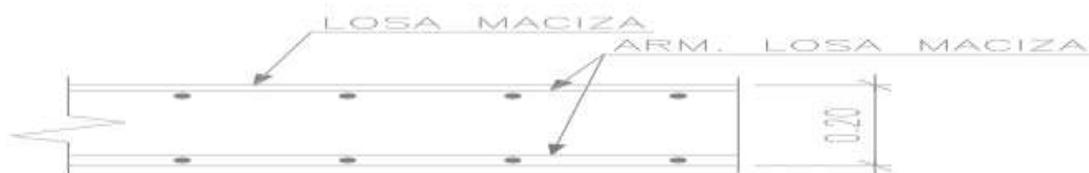
**Tabla 18***Sección de columnas bloque B*

Sección	a (m)	b (m)
C-1	0,15	0,25
C-2	0,25	0,30
C-3	0,30	0,50

*Nota.* Se presentan tres tipos de sección de columna.

**c. Aligerado**

Se encontró en los planos del bloque A una losa maciza de 20cm.

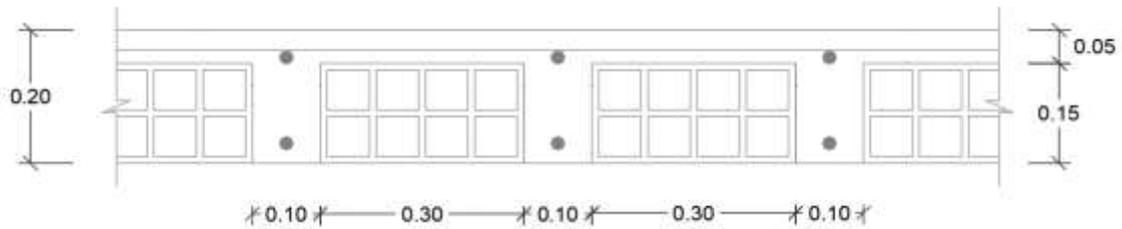
**Figura 27***Sección de losa maciza*

*Nota.* El espesor del Aligerado es de 20 cm.

Se consideró una losa aligerada en el bloque B según el testimonio de un administrativo y también por la configuración estructural del levantamiento realizado.

**Figura 28**

*Sección de losa aligerada*



*Nota.* El espesor del Aligerado es de 20 cm. Detalle de tipo losa aligerada

#### 4.2.3. Propiedades de los elementos estructurales

##### a) Peso Específico del concreto

El concreto tiene un peso específico de 2400 kg/cm<sup>2</sup>.

##### b) Módulo de elasticidad del concreto

La capacidad de resistencia a la compresión del concreto es de 222,40 kg/cm<sup>2</sup> para el Bloque A y de 176,46 kg/cm<sup>2</sup> para el Bloque B. A partir de estos valores, se procederá a realizar el siguiente cálculo:

Para el bloque A:

$$E = 15000 * \sqrt{222,40} = 223,696,22 \text{ kg/cm}^2$$

Para el bloque B:

$$E = 15000 * \sqrt{173,46} = 197,558,94 \text{ kg/cm}^2$$

##### c) Peso Específico de la Albañilería

Para una unidad hueca de albañilería el peso específico es de 1350 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.2.4. Estimación de Cargas

Las masas fueron evaluadas de acuerdo a la norma de Diseño Sismorresistente E-030 y la norma de cargas E-020.

##### a. Para el Bloque A

**Tabla 19**

*Carga Muerta Bloque A*

Cargas muertas (tn/m <sup>2</sup> )	
Peso de acabados	0,15
Peso propio aligerado	0,30

**Tabla 20**

*Carga Viva Bloque A*

Sobrecargas (tn/m <sup>2</sup> )	
Lugares de asamblea	0,40
Salones	0,40
Corredores y pasadizos	0,40
Azotea	0,10

**Tabla 21**

*Carga Distribuida Bloque A*

Cargas distribuidas (tn/m <sup>2</sup> )	
Parapeto	0,049

##### b. Para el Bloque B

**Tabla 22**

*Carga Muerta Bloque B*

Cargas muertas (tn/m <sup>2</sup> )	
Peso de acabados	0,15
Peso propio aligerado	0,30

**Tabla 23***Carga Viva Bloque B*

Sobrecargas (tn/m <sup>2</sup> )	
Lugares de asamblea	0,40
Salones	0,40
Corredores y pasadizos	0,40
Azotea	0,10

**Tabla 24***Carga Distribuida Bloque B*

Cargas distribuidas (tn/m <sup>2</sup> )	
Parapeto del volado	0,049
Muro en el techo	0,248

**4.2.5. Sistema Estructural****a. Para el Bloque A**

El sistema estructural predominante en el eje X y en el eje Y es el de Pórticos.

**Tabla 25***Sistema Estructural dirección X Bloque A*

Sistema estructural dirección x-x		
V Columnas	=49,782,45 kgf	100 %
V Total	=49,782,45 kgf	
Sistema Estructural	pórticos	
Coefficiente Básico de Reducción Sísmica (Ro)	8	

El sistema estructural en dirección X es de pórticos debido a que estos absorben más fuerza cortante.

**Tabla 26***Sistema Estructural dirección Y Bloque A*

Sistema estructural dirección Y-Y		
V Columnas	=208,548,43 kgf	100 %
V Total	=208,548,43 kgf	
Sistema Estructural	pórticos	
Coefficiente Básico de Reducción Sísmica (Ro)	8	

El sistema estructural en dirección Y es de pórticos debido a que estos absorben más fuerza cortante.

**b. Para el Bloque B**

En el eje X y en el eje Y predomina el sistema estructural de Pórticos.

**Tabla 27***Sistema Estructural dirección X Bloque B*

Sistema estructural dirección X-X		
V Columnas	=73,371,42 kgf	100 %
V Total	=73,371,42 kgf	
Sistema Estructural	pórticos	
Coefficiente Básico de Reducción Sísmica (Ro)	8	

El sistema estructural en dirección X es de pórticos debido a que estos absorben más fuerza cortante.

**Tabla 28***Sistema Estructural dirección Y Bloque B*

Sistema estructural dirección Y-Y		
V Columnas	=338,014,39 kgf	100 %
V Total	=338,014,39 kgf	
Sistema Estructural	pórticos	
Coefficiente Básico de Reducción Sísmica (Ro)	8	

El sistema estructural en dirección Y es de pórticos debido a que estos absorben más fuerza cortante.

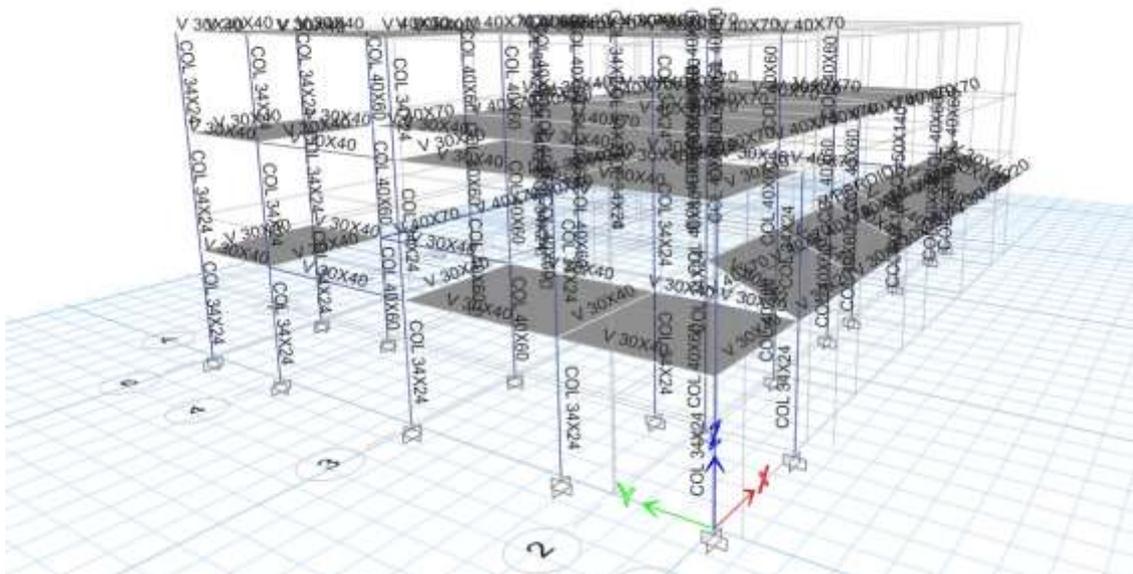
#### 4.2.6. Análisis modal

Llevamos a cabo un análisis modal del Bloque A, tomando en cuenta los coeficientes de reducción del momento de inercia establecidos por ACI 318.

##### a. Para el Bloque A

**Figura 29**

*Análisis Modal Bloque A*



*Nota.* Movimiento en dirección del eje X del Bloque A.

**Tabla 29**

*Resultados Análisis Modal Bloque A*

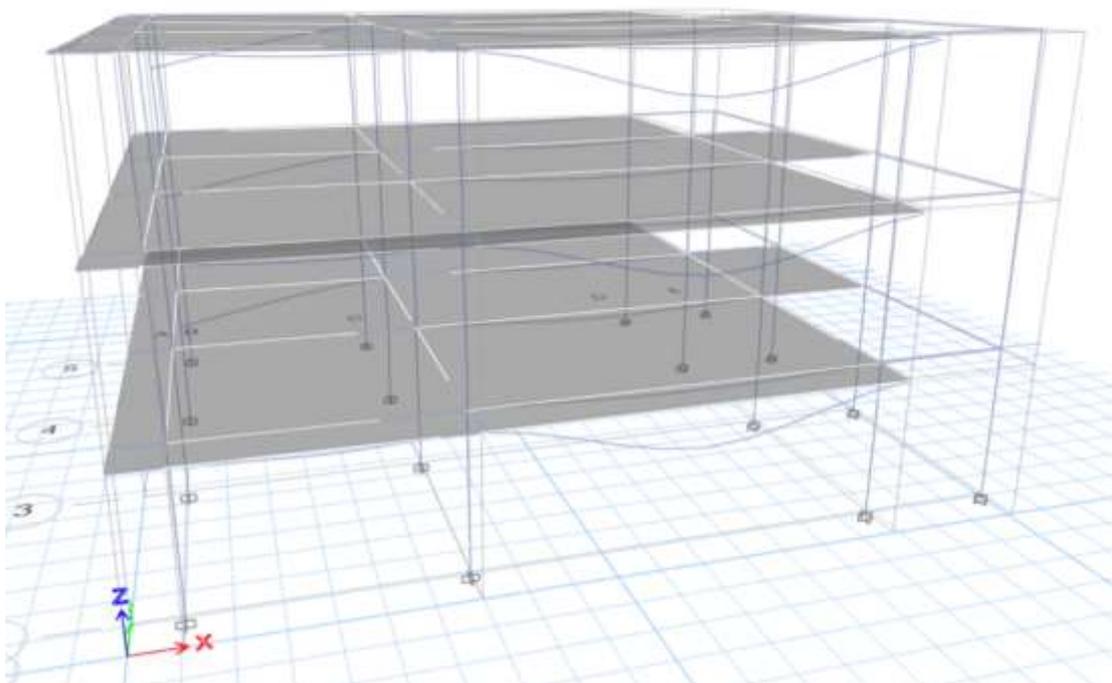
Caso	Modo	Periodo (s)	UX	UY	sumUX	sumUY	RZ	sumRZ
Modal	1	0,348	0,1541	0,5529	0,1541	0,5529	0,1943	0,1943
Modal	2	0,320	0,5467	0,2888	0,7008	0,8417	0,0784	0,2728
Modal	3	0,259	0,2276	0,0495	0,9284	0,8912	0,6225	0,8953
Modal	4	0,100	0,0001	0,0505	0,9285	0,9417	0,0262	0,9215
Modal	5	0,099	0,0362	0,0010	0,9647	0,9426	0,0005	0,9220
Modal	6	0,091	0,0022	0,0032	0,9670	0,9458	0,0296	0,9517
Modal	7	0,077	0,0081	0,0000	0,9751	0,9458	0,0014	0,9530
Modal	8	0,064	0,0171	0,0063	0,9922	0,9521	0,0007	0,9537
Modal	9	0,058	0,0054	0,0206	0,9975	0,9726	0,0018	0,9555
Modal	10	0,052	0,0016	0,0108	0,9991	0,9835	0,0176	0,9731
Modal	11	0,041	0,0008	0,0039	0,9999	0,9874	0,0001	0,9732
Modal	12	0,028	0,0000	0,0117	0,9999	0,9991	0,0014	0,9746

*Nota.* El periodo Fundamental de la estructura es de 0,320 Y 0,348 segundos.

## b. Para el Bloque B

**Figura 30**

*Análisis Modal Bloque B*



**Tabla 30**

*Resultados Análisis Modal Bloque B*

Caso	Modo	Periodo (s)	UX	UY	sumUX	sumUY	RZ	sumRZ
Modal	1	0,626	0,0004	0,8862	0,000	0,886	0,0135	0,1221
Modal	2	0,458	0,2736	0,0104	0,274	0,897	0,6090	0,1234
Modal	3	0,411	0,6136	0,0019	0,888	0,899	0,2685	0,1236
Modal	4	0,210	0,0000	0,0872	0,888	0,986	0,0007	0,9691
Modal	5	0,153	0,0182	0,0004	0,906	0,986	0,0723	0,9741
Modal	6	0,141	0,0012	0,0132	0,907	0,999	0,0002	0,9973
Modal	7	0,137	0,0762	0,0003	0,983	1,000	0,0182	0,9987
Modal	8	0,101	0,0015	0,0003	0,985	1,000	0,0141	0,9998
Modal	9	0,090	0,0153	0,0000	1,000	1,000	0,0034	0,9999
Modal	10	0,030	0,0000	0,0000	1,000	1,000	0,0000	1,0000
Modal	11	0,027	0,0000	0,0000	1,000	1,000	0,0001	1,0000
Modal	12	0,019	0,0000	0,0000	1,000	1,000	0,0000	1,0000

*Nota.* El periodo Fundamental de la estructura es de 0,411 Y 0,626 segundos.

#### 4.2.7. Peso sísmico

##### a. Para el Bloque A

**Tabla 31**

*Peso Sísmico del Bloque A*

Nivel	Diafragma	masa X tonf-s <sup>2</sup> /m	masa Y tonf-s <sup>2</sup> /m	Peso X tonf	Peso Y tonf
Piso 1	A1	10,114	10,114	99,22	99,22
Piso 2	A2	31,546	31,546	309,46	309,46
Piso 3	A3	12,140	12,140	119,09	119,09

##### b. Para el Bloque B

**Tabla 32**

*Peso Sísmico del Bloque B*

Nivel	Diafragma	masa X tonf-s <sup>2</sup> /m	masa Y tonf-s <sup>2</sup> /m	Peso X tonf	Peso Y tonf
Piso 1	A1	16,102	16,102	157,96	157,96
Piso 2	A2	16,102	16,102	157,96	157,96
Piso 3	A3	14,435	14,435	141,61	141,61

#### 4.2.8. Parámetros Sísmicos

##### b. Para el Bloque A

**Tabla 33**

*Parámetros Sísmicos del Bloque A*

Parámetros de sitio	
Zona	4
Suelo	S3
Tp	1,00
Tl	1,60
Tx	0,27
Ty	0,27

### c. Para el Bloque B

**Tabla 34**

*Parámetros Sísmicos del Bloque B*

Parámetros de sitio	
Zona	4
Suelo	S3
Tp	1,00
Tl	1,6
Tx	0,27
Ty	0,27

#### 4.2.9. Espectro de Aceleración

Obtenemos los espectros de diseño correspondientes al Bloque A y al Bloque B. En el caso del Bloque A, se consideró un sistema estructural de Pórticos en dirección X y otro en dirección Y. Por su parte, el Bloque B cuenta con un sistema estructural de Pórticos tanto en dirección X como en dirección Y.

#### a) Para el bloque A

**Tabla 35**

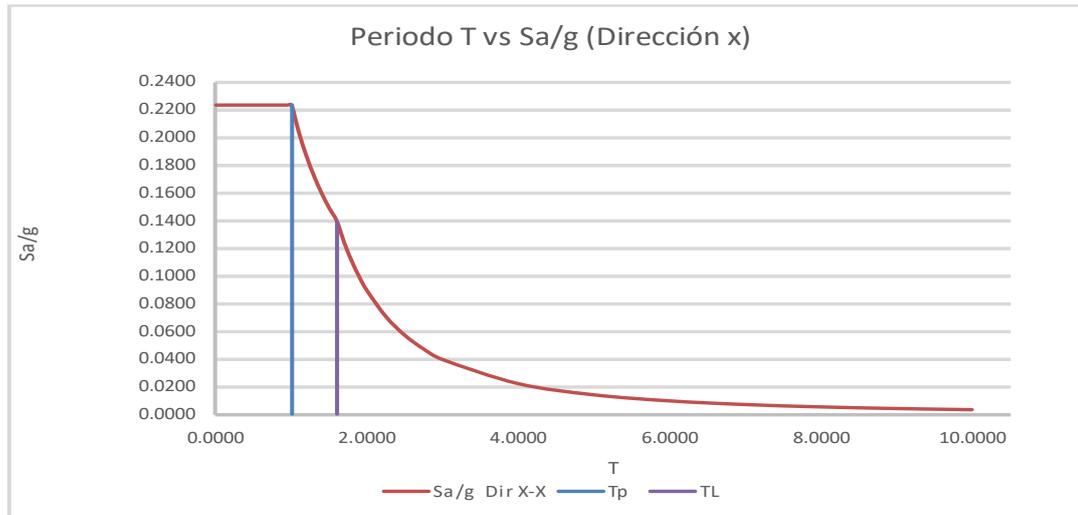
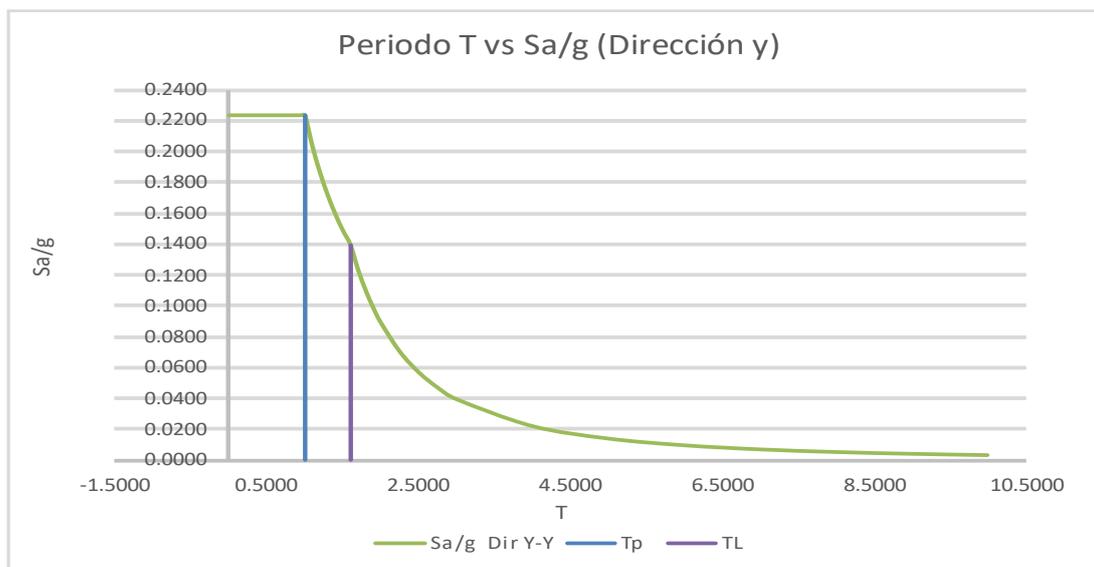
*Valores Sísmicos para el Bloque A*

Valores sísmicos										
Z	U	Cx	Cy	Rox	Ixa	Ixp	Roy	Iya	Iyp	S
0,45	1,30	2,50	2,50	8	0,90	1,00	8	0,90	1,00	S3

**Tabla 36***Espectro de Diseño del Bloque A*

Espectro de Diseño				
Tn	Cx	Sax	Cy	Say
0,000	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,020	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,040	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,060	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,080	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,100	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,120	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,140	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,160	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,180	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,200	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,250	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,300	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,350	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,400	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,450	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,500	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,550	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,600	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,650	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,700	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,750	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,800	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,850	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,900	2,500	0,2234	2,500	0,2234
0,950	2,500	0,2234	2,500	0,2234
1,000	2,500	0,2234	2,500	0,2234

*Nota.*  $S_a$  para X y Y es el valor de aceleración espectral y el C el factor de amplificación sísmica.

**Figura 31***Espectro de Diseño Bloque A dirección X***Figura 32***Espectro de Diseño Bloque A dirección Y***b) Para el Bloque B****Tabla 37***Valores Sísmicos para el Bloque B*

Valores Sísmicos										
Z	U	Cx	Cy	Rox	Ixa	Ixp	Roy	Iya	Iyp	S
0,45	1,30	2,50	2,50	8	1,00	1,00	8	1,00	1,00	S3

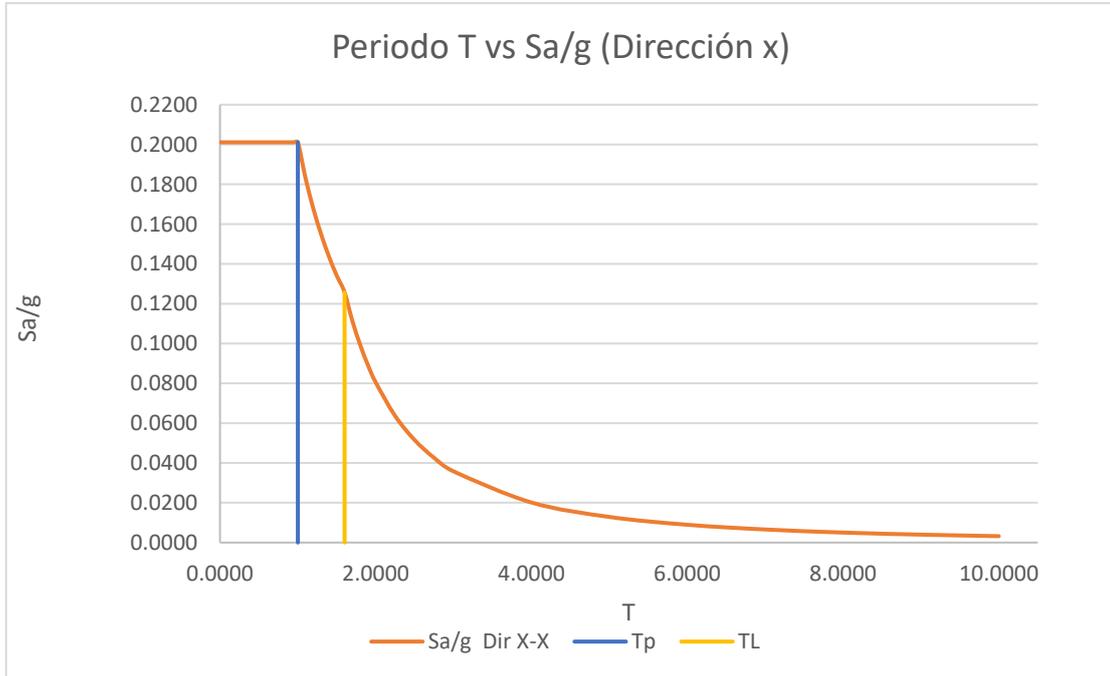
**Tabla 38***Espectro de Diseño del Bloque B*

Espectro de Diseño				
Tn	Cx	Sax	Cy	Say
0,000	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,020	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,040	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,060	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,080	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,100	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,120	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,140	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,160	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,180	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,200	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,250	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,300	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,350	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,400	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,450	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,500	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,550	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,600	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,650	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,700	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,750	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,800	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,850	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,900	2,500	0,2011	2,500	0,2011
0,950	2,500	0,2011	2,500	0,2011
1,000	2,500	0,2011	2,500	0,2011

*Nota.*  $S_a$  para X y Y es el valor de aceleración espectral y el C el factor de amplificación sísmica.

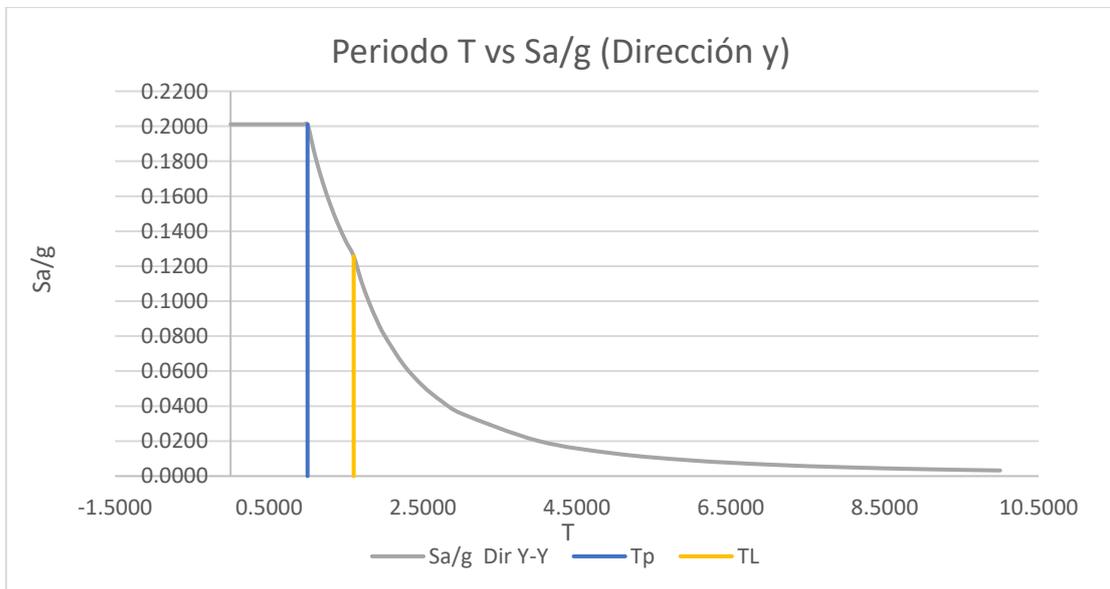
**Figura 33**

*Espectro de Diseño Bloque B dirección X*



**Figura 34**

*Espectro de Diseño Bloque B dirección Y*



## 4.2.10. Irregularidades

### 4.2.10.1. Irregularidad en Altura.

**Tabla 39**

*Irregularidad en Altura*

<b>Irregularidad en Altura</b>	<b>Para el bloque A</b>	<b>Para el bloque B</b>
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	No presenta	No presenta
Irregularidad de Resistencia – Piso Débil	No presenta	No presenta
Irregularidad Extrema de Rigidez	Si presenta	No presenta
Irregularidad de Masa o Peso	Si presenta	No presenta
Irregularidad Geométrica Vertical	No presenta	No presenta
Discontinuidad en los sistemas Resistentes	No presenta	No presenta
Discontinuidad extrema de los sistemas Resistentes	No presenta	No presenta

#### 4.2.10.2. Irregularidad en Planta.

##### a. Irregularidad Torsional

**Tabla 40**

*Irregularidad Torsional Dirección X Bloque A*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,3
Story3	Sismo dinámico XX	X	0,006010	0,004929	1,219	1,3	Regular
Story2	Sismo dinámico XX	X	0,004988	0,004008	1,244	1,3	Regular
Story1	Sismo dinámico XX	X	0,002181	0,001899	1,149	1,3	Regular

**Tabla 41**

*Irregularidad Torsional Dirección Y Bloque A*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,3
Story3	Sismo dinámico YY	Y	0,00737	0,006046	1,219	1,3	Regular
Story2	Sismo dinámico YY	Y	0,005756	0,004671	1,232	1,3	Regular
Story1	Sismo dinámico YY	Y	0,002712	0,002017	1,345	1,3	Regular *Ver Nota

*Nota.* Según la norma E030, el criterio se aplica para diafragmas rígidos. El cual no es el caso debido a que el diafragma para este piso fue semirígido, debido a las características de la losa.

**Tabla 42**

*Irregularidad Torsional Dirección X Bloque B*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,3
Story3	Sismo dinámico XX	X	0,01015	0,009506	1,068	1,3	Regular
Story2	Sismo dinámico XX	X	0,00817	0,007612	1,073	1,3	Regular
Story1	Sismo dinámico XX	X	0,004046	0,003749	1,079	1,3	Regular

**Tabla 43***Irregularidad Torsional Dirección Y Bloque B*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,3
Story3	Sismo dinámico YY	Y	0.022213	0.020077	1.106	1,3	Regular
Story2	Sismo dinámico YY	Y	0.018188	0.016353	1.112	1,3	Regular
Story1	Sismo dinámico YY	Y	0.009353	0.008331	1.123	1,3	Regular

**a. Irregularidad Torsional Extrema****Tabla 44***Irregularidad Torsional Extrema Dirección X Bloque A*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,5
Story3	Sismo dinámico XX	X	0,006010	0,004929	1,219	1,5	Regular
Story2	Sismo dinámico XX	X	0,004988	0,004008	1,244	1,5	Regular
Story1	Sismo dinámico XX	X	0,002181	0,001899	1,149	1,5	Regular

**Tabla 45***Irregularidad Torsional Extrema Dirección Y Bloque A*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,5
Story3	Sismo dinámico YY	Y	0,00737	0,006046	1,219	1,5	Regular
Story2	Sismo dinámico YY	Y	0,005756	0,004671	1,232	1,5	Regular
Story1	Sismo dinámico YY	Y	0,002712	0,002017	1,345	1,5	Regular

**Tabla 46***Irregularidad Torsional Extrema Dirección X Bloque B*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,5
Story3	Sismo dinámico XX	X	0,01015	0,009506	1,068	1,5	Regular
Story2	Sismo dinámico XX	X	0,00817	0,007612	1,073	1,5	Regular
Story1	Sismo dinámico XX	X	0,004046	0,003749	1,079	1,5	Regular

**Tabla 47***Irregularidad Torsional Extrema Dirección Y Bloque B*

Nivel	Caso de Carga	Dirección	Máxima (m)	Promedio (m)	Ratio Máxima Promedio (m)	Es regular	Sí Ratio =1,5
Story3	Sismo dinámico YY	Y	0,022213	0,020077	1,106	1,5	Regular
Story2	Sismo dinámico YY	Y	0,018188	0,016353	1,112	1,5	Regular
Story1	Sismo dinámico YY	Y	0,009353	0,008331	1,123	1,5	Regular

**b. Esquinas Entrantes**

El Bloque A y Bloque B no presentan Irregularidad por Esquinas Entrantes.

**c. Discontinuidad del Diafragma**

- **Bloque A**

No hay evidencia de discontinuidad del diafragma, porque se considera regular.

- **Bloque B**

No hay evidencia de discontinuidad del diafragma, porque se considera regular.

**d. Sistemas no Paralelos**

Dado que la estructura es regular, no hay presencia de sistemas no paralelos

#### 4.2.10.3. Resumen de Irregularidades

**Tabla 48**

Irregularidades en el Bloque A

	Irregularidad Altura (ia)	Irregularidad Planta (ip)
Dirección X	0,90	1,00
Dirección Y	0,90	1,00

**Tabla 49**

*Irregularidades en el Bloque B*

	Irregularidad Altura (ia)	Irregularidad Planta (ip)
Dirección X	1,00	1,00
Dirección Y	1,00	1,00

#### 4.2.11. Cortante Basal

Realizamos el cálculo de la fuerza cortante basal utilizando los valores sísmicos especificados en la Norma de Diseño Sismorresistente E030.

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

**a. Para el Bloque A**

**Tabla 50**

*Cortante Basal Estática en dirección X*

Cortante Estático en la Base	
Z	0,45
U	1,3
C	2,5
S	1,1
la	0,90
lp	1,00
Rx	7,2
ZUCS/R	0,2234
P (tonf)	527,772
Vex (tonf)	117,924

**Tabla 51**

*Cortante Basal Estática en dirección Y*

Cortante Estático en la Base	
Z	0,45
U	1,3
C	2,5
S	1,1
la	0,90
lp	1,00
Rx	7,2
ZUCS/R	0,2234
P (tonf)	527,772
Vey (tonf)	117,924

**Tabla 52***Cortante Basal Bloque A*

	Localización	Ve z tonf	Vey tonf
Story 1	Base	106,13	0,000
Story 1	Base	0,000	106,13

**Tabla 53***Verificación Cortante Estática y Dinámica*

	Ve tonf	90% Ve tonf	90% Ve tonf	Vd tonf	Verificación
Dirección X	117,924	106,13	-	106,13	Cumple
Dirección Y	117,924	-	106,13	106,13	Cumple

*Nota.* Se verifica con el 80% de la cortante estática cuando es regular, y con el 90% cuando es irregular según la Norma de diseño Sismorresistente E030.

**b. Para el Bloque B****Tabla 54***Cortante Basal Estática en dirección X*

Cortante Estático en la Base	
Z	0,45
U	1,3
C	2,5
S	1,1
la	1
lp	1
Rx	8
ZUCS/R	0,00
P (tonf)	457,529.81 Tnf
Vex (tonf)	92,006 Tnf

**Tabla 55***Cortante Basal Estática en dirección Y*

Cortante Estático en la Base	
Z	0,45
U	1,3
C	2,5
S	1,1
la	1
lp	1
Rx	8
ZUCS/R	0,2000
P (tonf)	457,529.81 Tnf
Vex (tonf)	92,006 Tnf

**Tabla 56***Cortante Basal Estática Bloque B*

	Localización	Ve tonf	Vey tonf
Story 1	Base	122,675	0,000
Story 1	Base	0,000	122,675

**Tabla 57***Verificación Cortante Estática y Dinámica*

	Ve tonf	80% Ve tonf	80% Ve tonf	Vd tonf	Verificación
Dirección X	92,006	82,81	-	122,675	Cumple
Dirección Y	92,006	-	82,81	122,675	Cumple

*Nota.* Se verifica con el 80 % de la cortante estática cuando es regular, y con el 90 % cuando es irregular según la Norma de diseño Sismorresistente E030.

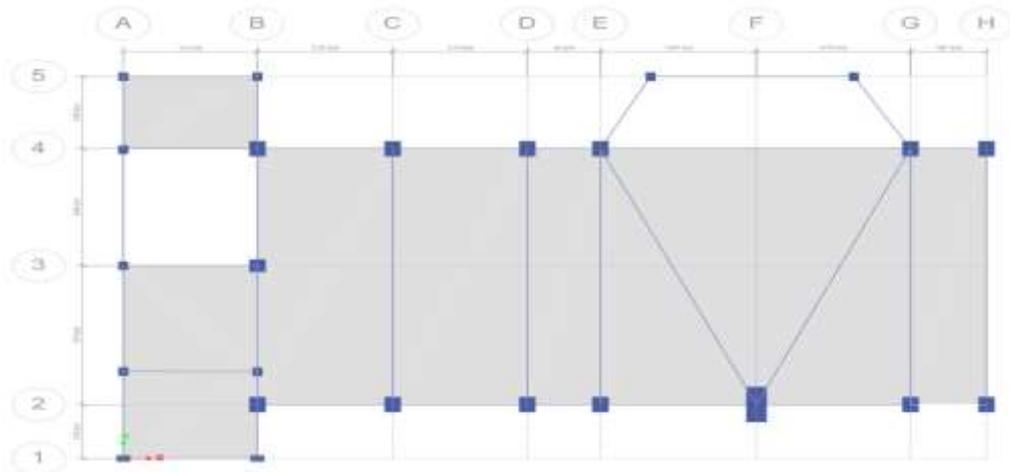
#### 4.2.12. Control de Derivas

En la dirección X, la estructura se caracteriza por ser regular y tener como sistema estructural predominante a los pórticos. Mientras que en la dirección Y, se evidencia una irregularidad torsional en planta y el sistema estructural predominante también es de pórticos.

a. Para el Bloque A

**Figura 35**

*Modelamiento del bloque A*



**Figura 36**

Sismo de Diseño Bloque A eje X

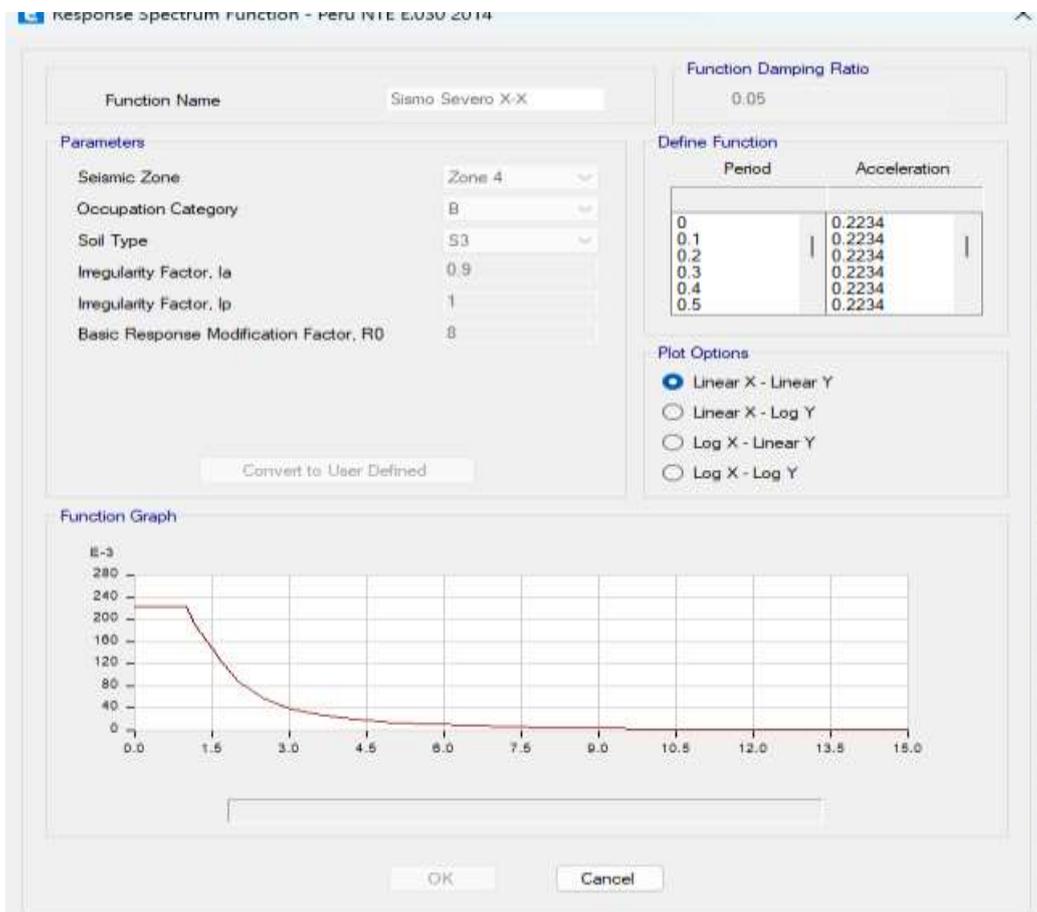
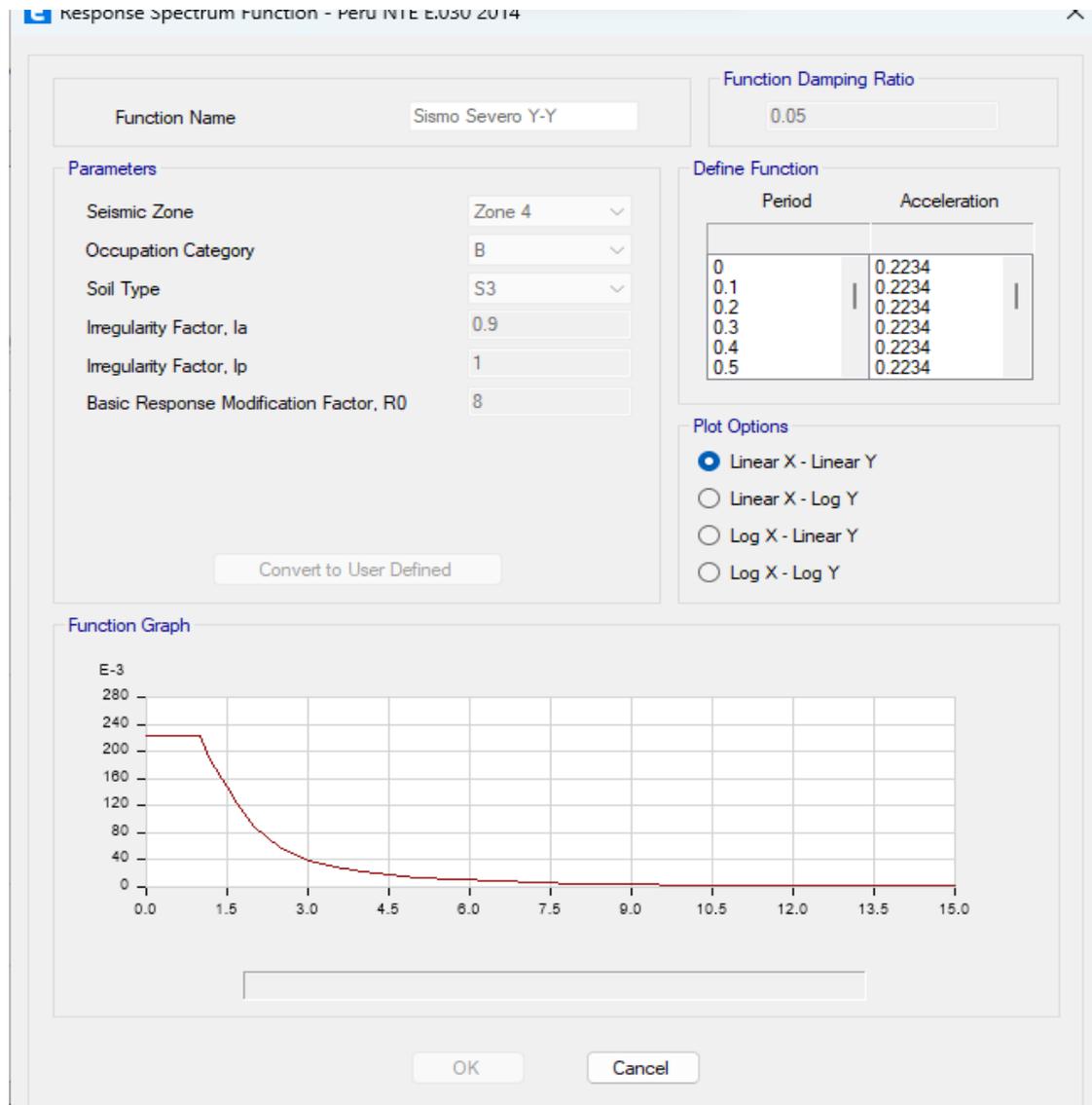


Figura 37

*Sismo de diseño bloque A eje Y*



**Tabla 58***Control de derivas Norma E030*

Nivel	Caso Salida	Máxima Deriva	Sistema Estructural	Estructural	Tipo Estructura
Piso 1	Deriva X	0,004785	Pórticos	8	0,85
Piso 2	Deriva X	0,005820	Pórticos	8	0,85
Piso 3	Deriva X	0,002598	Pórticos	8	0,85
Piso 1	Deriva Y	0,005949	Pórticos	8	0,85
Piso 2	Deriva Y	0,006323	Pórticos	8	0,85
Piso 3	Deriva Y	0,004101	Pórticos	8	0,85

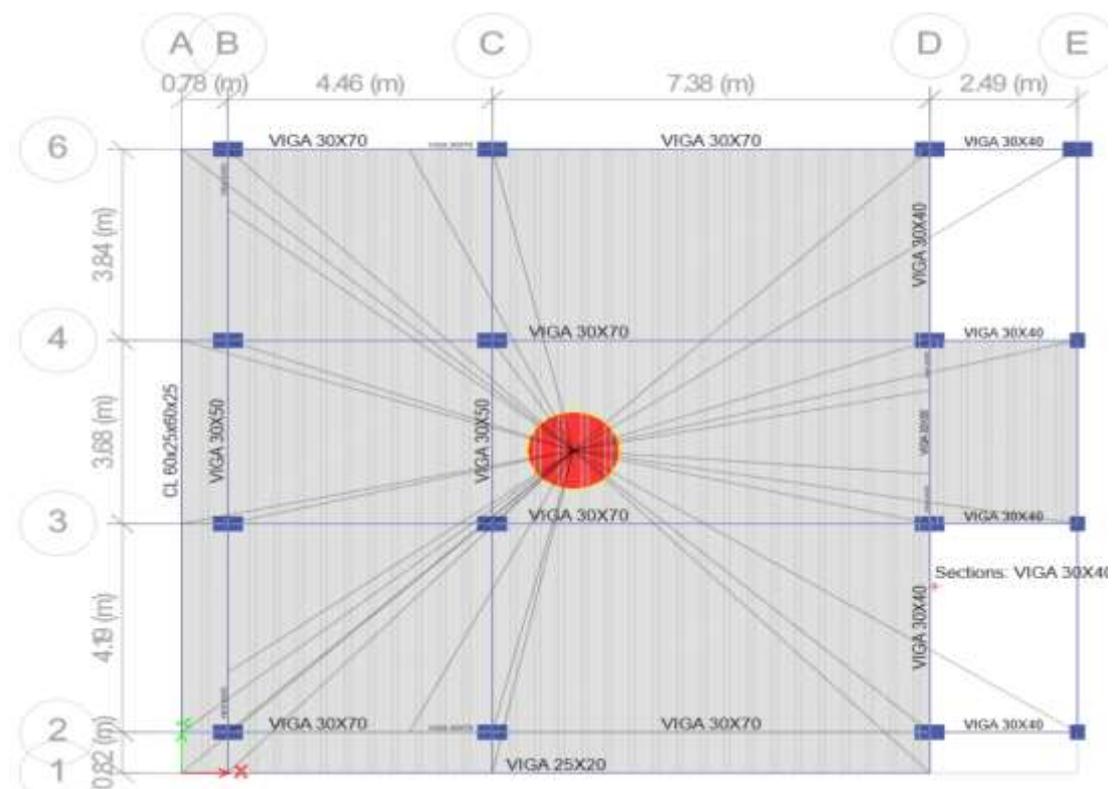
**b. Para el Bloque B****Figura 38***Modelamiento del bloque B*

Figura 39

*Sismo de diseño bloque B eje X*

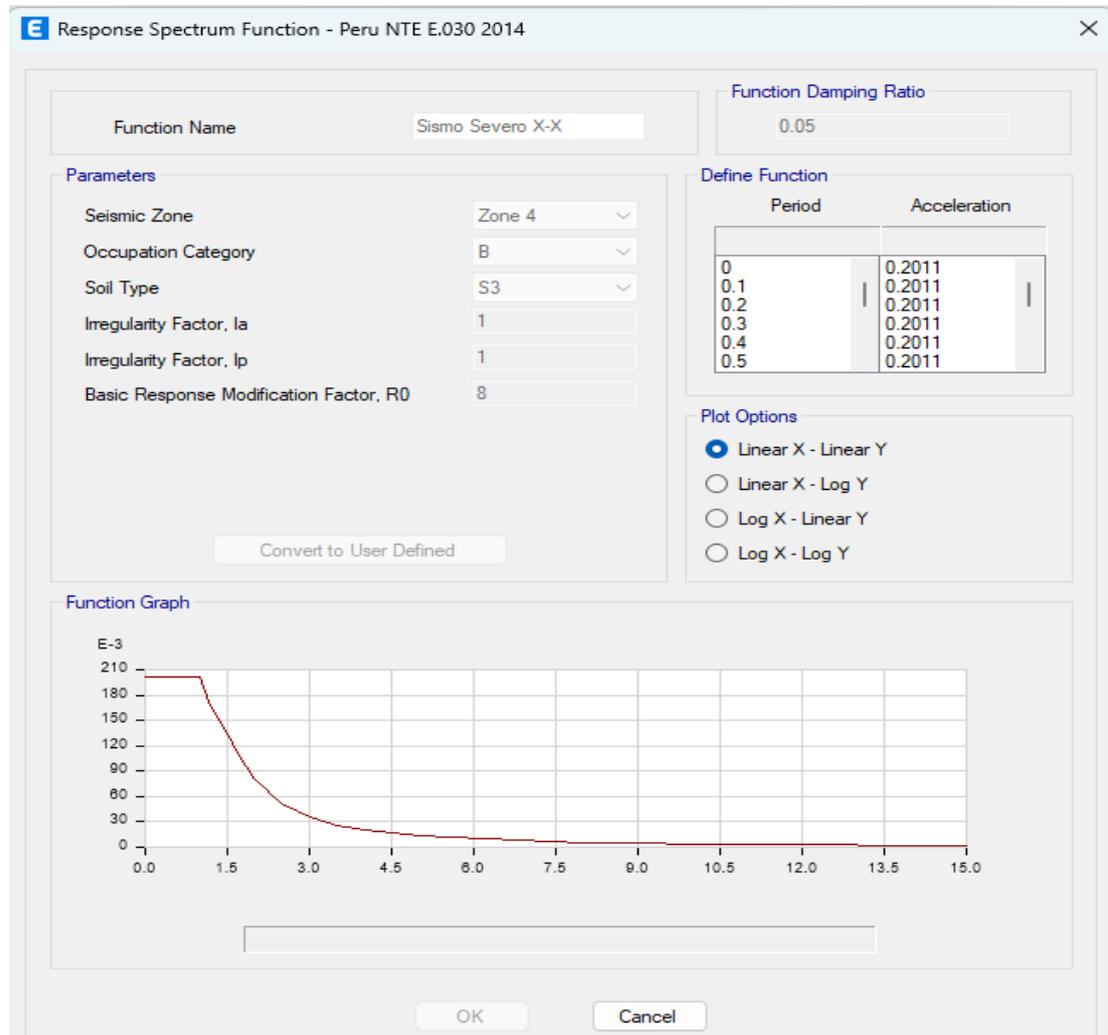


Figura 40

Sismo de diseño bloque B eje Y

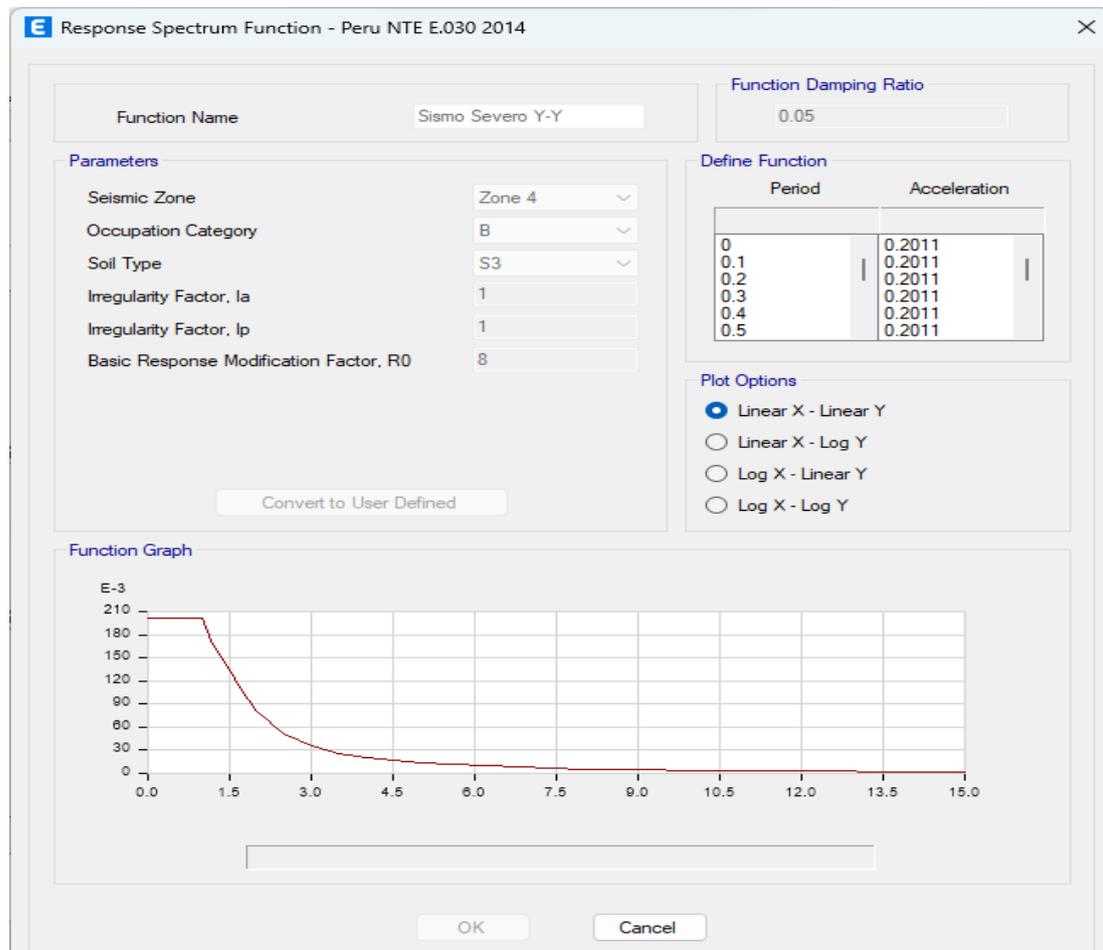


Tabla 59

Control de derivas Norma E030

Nivel	Caso Salida	Máxima Deriva	Sistema	Estructural	Tipo Estructura
Piso 1	Sis_din_x	0,004113	Pórticos	8	0,75
Piso 2	Sis_din_x	0,007957	Pórticos	8	0,75
Piso 3	Sis_din_x	0,007586	Pórticos	8	0,75
Piso 1	Sis_din_y	0,008328	Pórticos	8	0,75
Piso 2	Sis_din_y	0,016892	Pórticos	8	0,75
Piso 3	Sis_din_y	0,017537	Pórticos	8	0,75

#### 4.2.13. Máximo desplazamiento relativo de entrepiso

**Tabla 60**

*Máximos desplazamiento bloque A*

Nivel	Caso de Salida	Dirección	Máximo Desplazamiento (m)
Piso 1	Sis_din_x	X	0,002424
Piso 2	Sis_din_x	X	0,005542
Piso 3	Sis_din_x	X	0,006677
Piso 1	Sis_din_y	Y	0,003013
Piso 2	Sis_din_y	Y	0,006395
Piso 3	Sis_din_y	Y	0,008189

*Nota.* Máximo desplazamiento relativo de entrepiso, frente al espectro de diseño de la norma E030.

**Tabla 61**

*Máximos desplazamiento bloque B*

Nivel	Caso de Salida	Dirección	Máximo Desplazamiento (m)
Piso 1	Sis_din_x	X	0,004046
Piso 2	Sis_din_x	X	0,008170
Piso 3	Sis_din_x	X	0,010150
Piso 1	Sis_din_y	Y	0,009353
Piso 2	Sis_din_y	Y	0,018188
Piso 3	Sis_din_y	Y	0,022213

*Nota.* Máximo desplazamiento relativo de entrepiso, frente al espectro de diseño de la norma E030.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1. Respuesta a la Hipótesis General

De la hipótesis general: “El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente”.

El comportamiento sísmico del bloque A, presenta un buen comportamiento sísmico por otro lado el bloque B es deficiente demostrado por el ensayo del esclerómetro y la evaluación estructural.

Según Cuchillo & Serruto (2022) se encontró que sus bloques son deficientes, mediante la inspección visual del pabellón evaluado encontraron patologías estructurales, las predominantes son en columnas con fisuras por columna corta, en vigas es fisura por flexión, en losas aligeradas es fisura por retracción térmica y en muros es fisura por tensión en esquinas.

### 5.2. Respuesta a la Hipótesis Específica 1

De la hipótesis específica N°01: “Las características estructurales evaluadas de la Parroquia San Pedro Apóstol son inadecuadas”.

Las características estructurales evaluadas de la Parroquia San Pedro Apóstol del bloque A y del bloque B son inadecuadas, según el análisis sísmico realizado en ambos bloques se obtuvieron valores de resistencia a la compresión para el bloque A de 222,40 kg/cm<sup>2</sup> y para el bloque B de 173,46 kg/cm<sup>2</sup>. En la tesis Ojeda y Colorado (2021) se obtuvieron valores de resistencia a la compresión para el bloque 01 de 231,29 kg/cm<sup>2</sup> y para el bloque 02 de 220,35 kg/cm<sup>2</sup>, siendo estos valores mayores a 210 kg/cm<sup>2</sup> que es valor mínimo recomendado por la norma de concreto armado E060. Contrario a nuestro caso que solo salió deficiente un bloque.

### 5.3. Respuesta a la Hipótesis Específica 2

De la hipótesis específica 2: “Los bloques evaluados se encuentran en zona sísmica muy alta, encontrándose cimentadas en suelos blandos, presentando irregularidades en planta y altura.”

Realizado el análisis sísmico de los bloques A y B de la Parroquia San Pedro Apóstol según el Reglamento Nacional de Edificaciones se determinó los parámetros sísmicos son de carácter alto debido a la ubicación en zona costera el cual corresponde a una

zona 4 y un suelo blando, además irregularidad en altura en el bloque "A" por otro lado el bloque no presenta irregularidad alguna; por lo tanto se cumple la hipótesis donde se evaluó la zona sísmica muy alta, encontrándose con suelos blandos e irregularidades en el bloque "A". En la tesis Mendoza y Condori (2022) El comportamiento estructural del pabellón evaluado, ante un posible evento sísmico en la ciudad de Tacna, zona altamente sísmica, cumple con las condiciones en servicio, lo cual se ha comprobado con la revisión de los resultados de modos de vibración, fuerza cortante, desplazamientos y derivas.

#### **5.4. Respuesta a la Hipótesis Específica 3**

De la hipótesis específica 3: "Según la evaluación sísmica en el programa ETABS, se estimará máximo desplazamientos de entrepisos, frente al espectro de diseño que regula la norma E0.30"

Los bloques evaluados, con una antigüedad de más de 30 años, El bloque A cumple, mientras que el bloque B no cumple con los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones en cuanto a su comportamiento sísmico, siendo el Bloque B el más crítico en este aspecto. La deriva máxima en dirección Y fue de 0,008328 para el bloque "B" y de 0.006323 para el bloque "A". Para el bloque "B" superan el límite permitido por la norma de diseño sismorresistente E030, establecido en 0,007. Mientras que el bloque "A" no ha superado el límite permitido por la norma mencionada. En dirección X, la deriva máxima del bloque "A" fue de 0.005820 y para el bloque "B" fue de 0.007957, lo que indica que el bloque "A" cumple con los requisitos de la norma mientras que el bloque "B" no. En la tesis López y Silva (2021) la evaluación estructural del Pabellón "A" se logró determinar los desplazamientos máximos de 0.0039 en sentido X y de 0.0001 en sentido Y, una deriva máxima de 0,0007 en sentido X y de 3,30E-05 en sentido Y, estando estas dentro de los parámetros de demanda la norma E.030.

## CONCLUSIONES

En la Parroquia San Pedro se llevó a cabo una evaluación estructural de los bloques A y B, los cuales se encuentran separados por una junta sísmica de 3 cm. Durante la evaluación, se observaron deficiencias estructurales en ambos bloques al ser evaluados según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se determinó que el sistema estructural predominante en ambas direcciones, X e Y, es el de pórticos.

Se determinó las características estructurales de los elementos estructurales del bloque "A" y "B" de la Parroquia San Pedro Apóstol, obteniendo el bloque A una resistencia a la compresión de 222,40 kg/cm<sup>2</sup> y el bloque B una resistencia de 173,46 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el bloque "A" el único con un valor mayor de 210 kg/cm<sup>2</sup> recomendado por la norma de concreto de armado.

Se determinó los parámetros sísmicos a ser empleados en el análisis sísmico del bloque evaluado, el bloque "A" presenta irregularidad en Altura específicamente irregularidad de Masa o Peso, mientras que no presenta irregularidad en Planta, por otro lado, el bloque "B" no presenta irregularidad en Altura o Planta. Los parámetros Sísmico considerados para ambos bloques como se presenta en la Tabla 35 y 36, donde los resultados obtenidos son altos debido a la zona sísmica más alta del país y un suelo blando el cual tiene un comportamiento idóneo frente a posibles movimientos telúricos.

Se realizó un análisis sísmico de los bloques "A" y "B" ubicados en la Parroquia San Pedro Apóstol. Se evidenció un comportamiento sísmico eficiente en la dirección X e Y del bloque "A" y una falta de rigidez en ambas direcciones para el bloque "B". La deriva máxima en dirección Y fue de 0,017537 para el bloque "B" y de 0,006323 para el bloque "A". El valor del bloque "B" superan el límite permitido por la norma de diseño sismorresistente E030, establecido en 0,007. En dirección X, la deriva máxima del bloque "B" fue de 0,007957 y para el bloque "A" fue de 0,005820, lo que indica que el bloque "B" no cumple con los requisitos de la norma mientras que el bloque "A" sí.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Parroquia San Pedro Apóstol elaborar ensayos destructivos de los elementos principales de la estructura para obtener las propiedades del concreto de los sistemas estructurales de la forma más fiable posible.

Se recomienda a la Diócesis de Tacna, específicamente a la Parroquia San Pedro Apóstol, que busque financiamiento para llevar a cabo la elaboración de un Expediente Técnico destinado al mejoramiento de la infraestructura de los bloques A y B.

Se recomienda a los egresados de la comunidad universitaria de ingeniería civil, realizar evaluaciones estructurales de las estructuras antiguas del centro de la ciudad de Tacna, y proponer una solución de reforzamiento para las estructuras evaluadas.

Se recomienda a la Diócesis de Tacna, específicamente a la Parroquia San Pedro Apóstol, que antes de iniciar un tema de mantenimiento, reparación, remodelación o reconstrucción se debe tener en cuenta la respuesta sísmica de la estructura, si se encuentra de los parámetros permisibles de la norma E.030.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar y Aguilar (2017). *Evaluación y reforzamiento estructural del edificio de la Escuela Profesional de Obstetricia – UNJBG -Tacna.*
- Almirón y Yndigoyen (2019). *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la ciudad de Tacna.*
- Alva et al. (2017). *Red Acelerográfica del Perú.* Obtenido de <http://www.red-acelerografica-peru.uni.edu.pe>: <http://www.red-acelerografica-peru.uni.edu.pe/es/page/glossary>
- Alva et al. (2020). *Amplificación Sísmica en Tacna – Perú, usando datos de movimientos sísmicos y arreglos de micro tremores.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- ASTM. (2018). *Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete (ASTM C805).*
- Ccolque y Zavala (2018). *Evaluación estructural por desempeño sísmico para el reforzamiento de C.E. Humberto luna de la ciudad del Cusco.*
- Ccorahua y Soncco (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de albañilería confinada del conjunto vecinal Zarumilla.*
- Comité ACI 318. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Michigan: American Concrete Institute.
- Genie y Gómez. (2021). *Diseño basado en el desempeño estructural de un edificio esencial sismo resistente de acero, de ocho niveles emplazado en la ciudad de Managua, España.*
- Hernández. (2017). *Implementación del Análisis Modal Espectral para una plataforma de Elementos Finitos.* Santiago: Universidad de Chile.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2004). Proyecto INDECI – PNUD Per/02/051 Ciudades.[http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Tacna/tacna/tacna\\_mp1.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Tacna/tacna/tacna_mp1.pdf).
- Medina (2012). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método de índice de vulnerabilidad.*

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica de Cargas*. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Concreto Armado*. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño Sismorresistente*. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).
- Muñoz, H. A. (2001). *Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto*. Bogota, Colombia: Asocreto.
- Muñoz y Ramos (2006). *Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural*.
- Ojeda, L. y Colorado, Y. (2021). *Evaluación estructural del pabellón "A" de la Institución Educativa 42036 Juan María Rejas, Tacna 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Archivo Digital. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2029>
- San Bartolomé et al. (2018). *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Sanchez De Guzman, D. (2002). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Bogotá, Colombia: Asocreto.
- Sandoval (2021). *Estudio de la Vulnerabilidad Estructural de la Institución Educativa San Pedro del Distrito, Provincia y Departamento de Piura 2021*.
- Serpa y Samper (2014). *Evaluación, diagnóstico, patología y propuesta de intervención del puente sobre el caño el zapatero a la entrada de la escuela naval almirante padilla*.
- Tavera, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Instituto Geofísico del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/777>
- Tavera, H. (2020). *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú*. Instituto Geofísico del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4893>

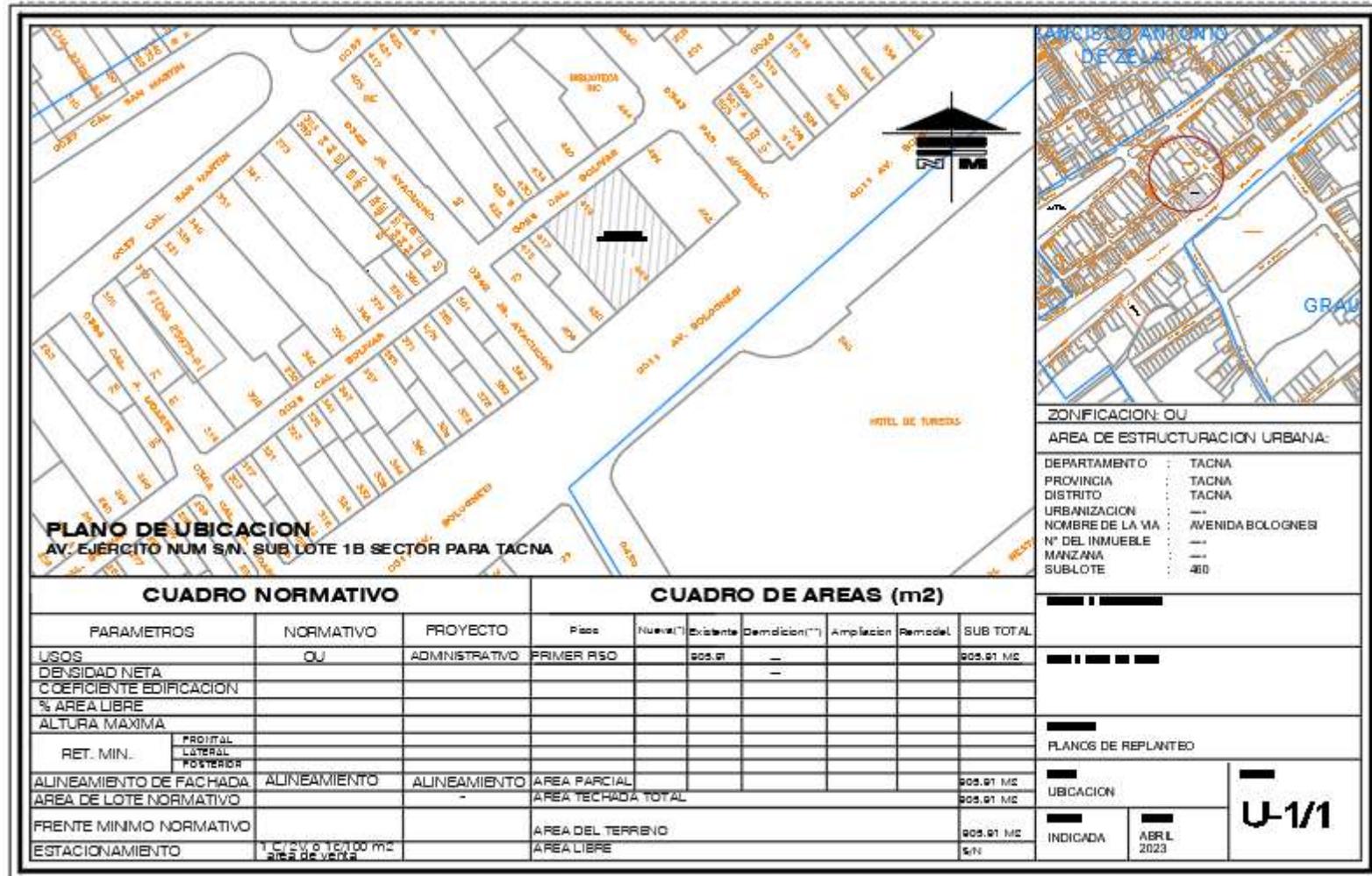
- Vélez, G. (2019). *Determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de esclerometría* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Archivo Digital. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626340>
- Vilcas, Rado, Soto y Cusihuaman (2022) *Determinación de la resistencia del concreto con el ensayo de esclerómetro en la urbanización Horacio Zevallos Gómez Apurímac – Abancay – 2022*

**ANEXOS**

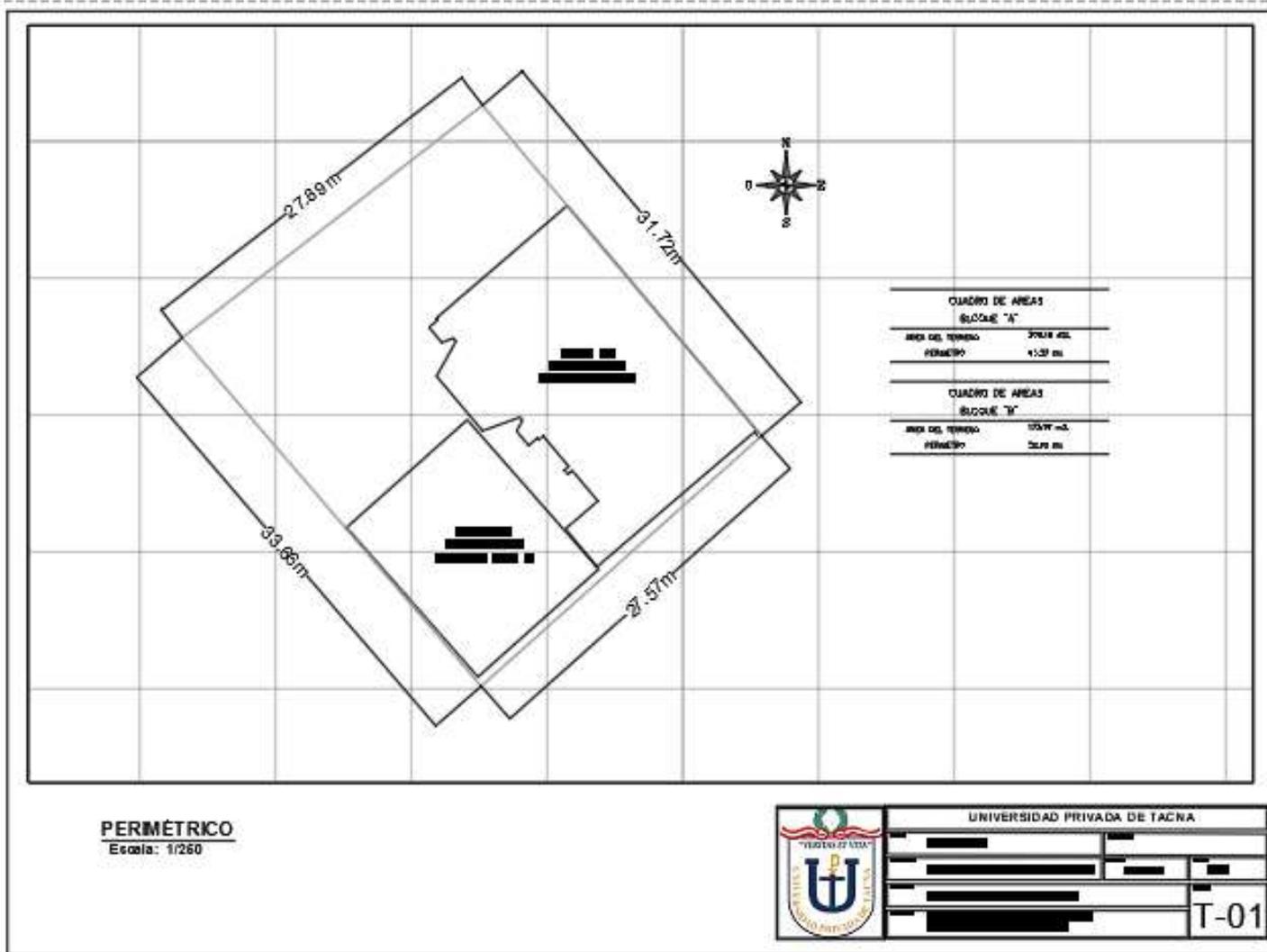
**Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos
<p>Interrogante principal</p> <p>¿Cuál es el comportamiento sísmico concluyente de la evaluación estructural de la Parroquia San Pedro de Tacna?</p> <p>Interrogantes específicas</p> <p>PE 1 ¿Cuáles son las características estructurales del bloque evaluado?</p> <p>PE 2 ¿Cuáles son los parámetros sísmicos a emplear para el análisis sísmico del bloque evaluado?</p> <p>PE3 ¿Cuál es el máximo desplazamiento de relativo de entrepiso, frente al espectro de diseño de la norma E030?</p>	<p align="center">Objetivo Principal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de la Parroquia San Pedro Apóstol</li> </ul> <p align="center">Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las características estructurales de la Parroquia San Pedro Apóstol</li> <li>Determinar los parámetros sísmicos donde se encuentra ubicado de la Parroquia San Pedro Apóstol, estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones E0.30 vigente.</li> <li>Determinar máximo desplazamiento de relativo de entrepiso frente al espectro de diseño de la norma E0.30.</li> </ul>	<p align="center">Hipótesis Principal</p> <p>El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente.</p> <p align="center">Hipótesis específicas</p> <p>HE1 Las características estructurales evaluadas de la Parroquia San Pedro Apóstol son inadecuadas.</p> <p>HE2 Los bloques evaluados se encuentran en zona sísmica muy alta, encontrándose cimentadas en suelos blandos, presentando irregularidades en planta y altura.</p> <p>HE3 Las derivas de entrepiso se encuentran por encima de los límites permitidos en la norma E030</p>	<p>Dependiente: Comportamiento sísmico</p> <p>Independiente Evaluación Estructural</p>	<p>Indicadores variables dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Periodo fundamental de vibración</li> <li>Desplazamientos laterales</li> <li>Distorsiones de entrepiso</li> </ul> <p>Indicadores Variables independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Deficiencias en el proceso constructivo.</li> <li>Sistemas estructurales de conceto armado.</li> <li>Propiedades mecánicas de los elementos estructurales.</li> </ul>	<p>Tipo de investigación: El tipo de investigación es aplicativa.</p> <p>Nivel de la investigación: El nivel de la investigación es evaluativo e integrativo</p>

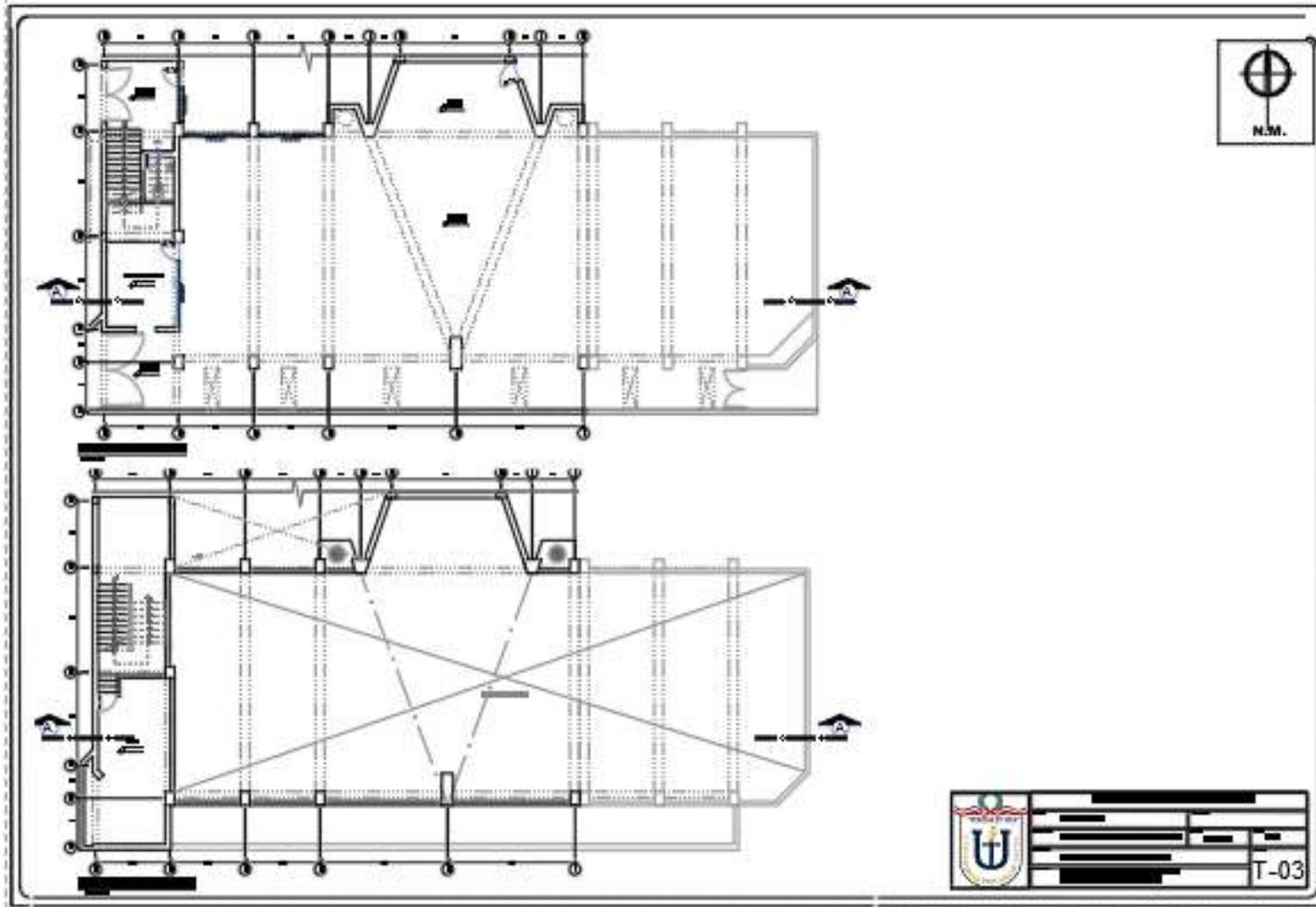
Anexo 2: PLANO DE UBICACIÓN



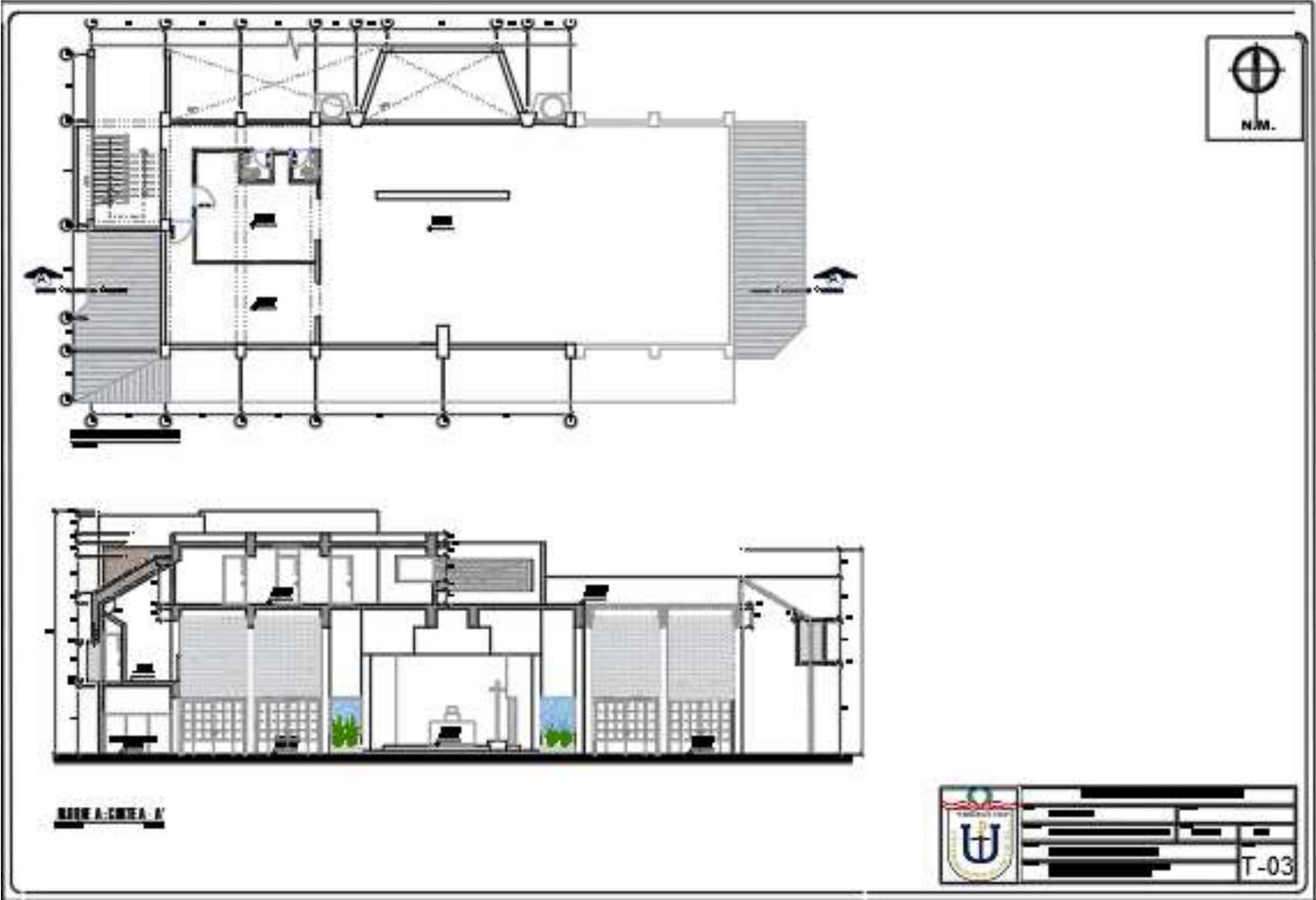
Anexo 3: PLANO PERIMÉTRICO



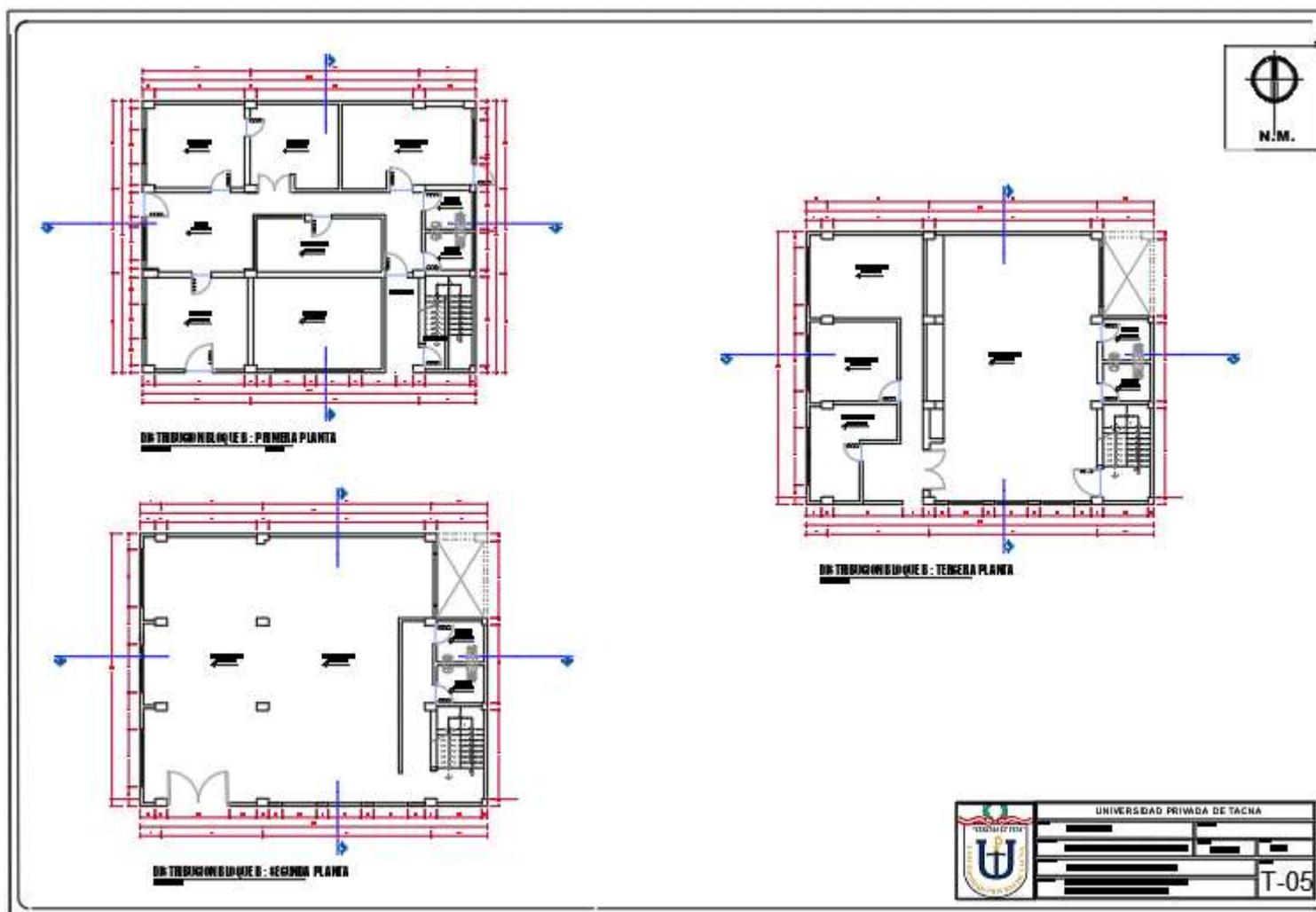
Anexo 4: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL BLOQUE A



Anexo 5: PLANO DE CORTE DEL BLOQUE A



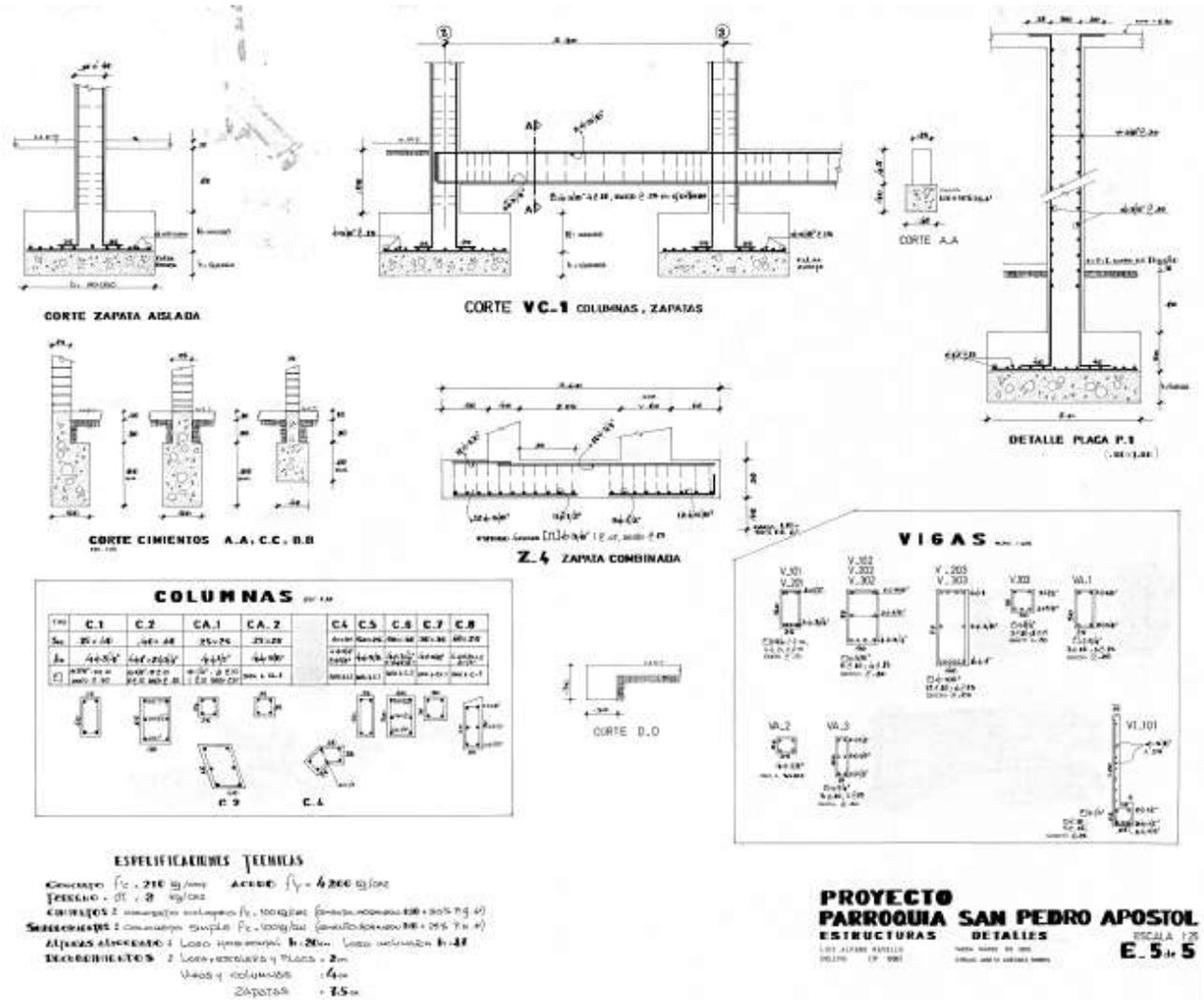
## Anexo 6: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL BLOQUE B



Anexo 7: PLANO DE CORTE DEL BLOQUE B

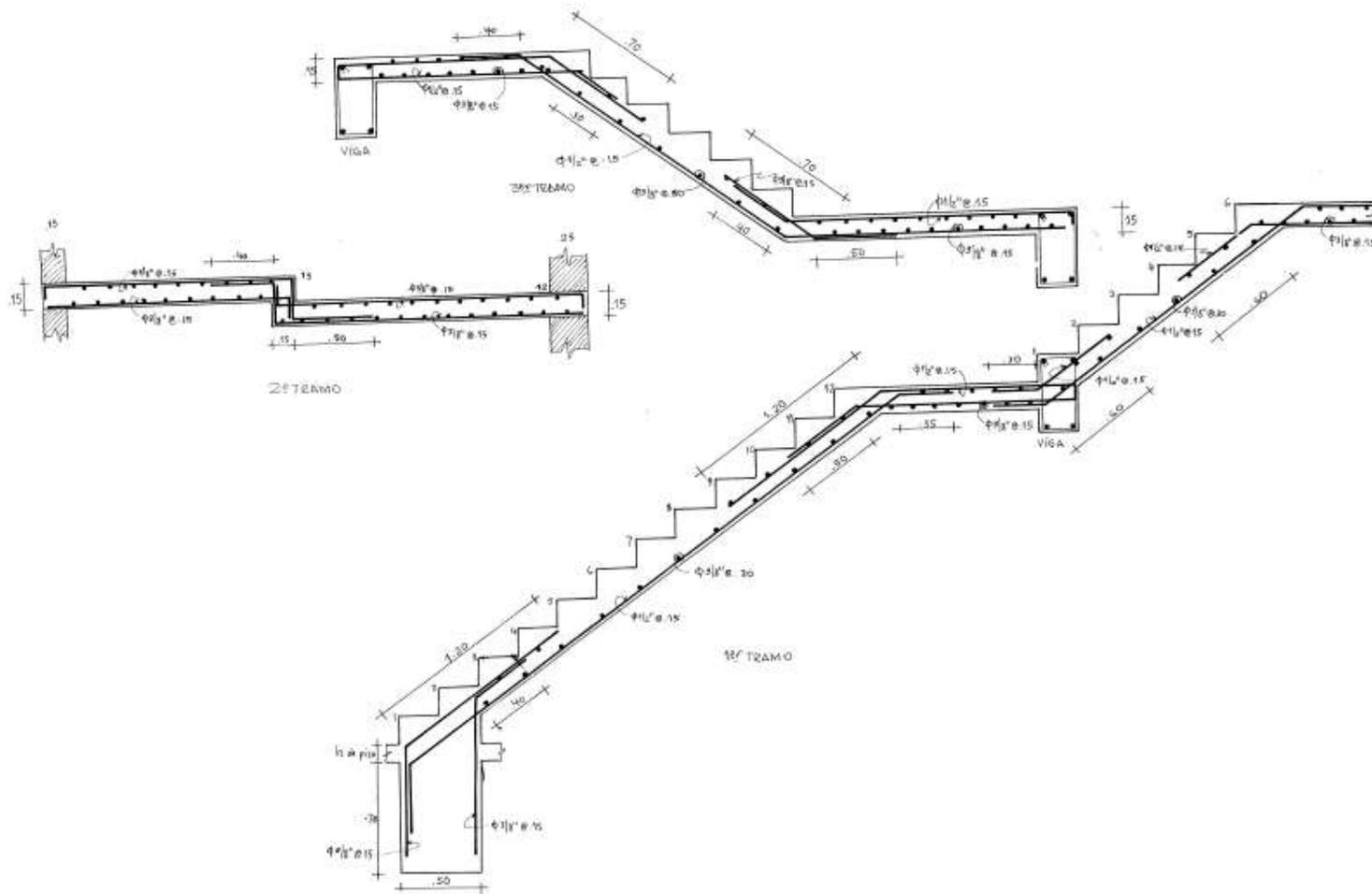


Anexo 8: PLANO DE ESTRUCTURAS 1 DISEÑADO EN 1985

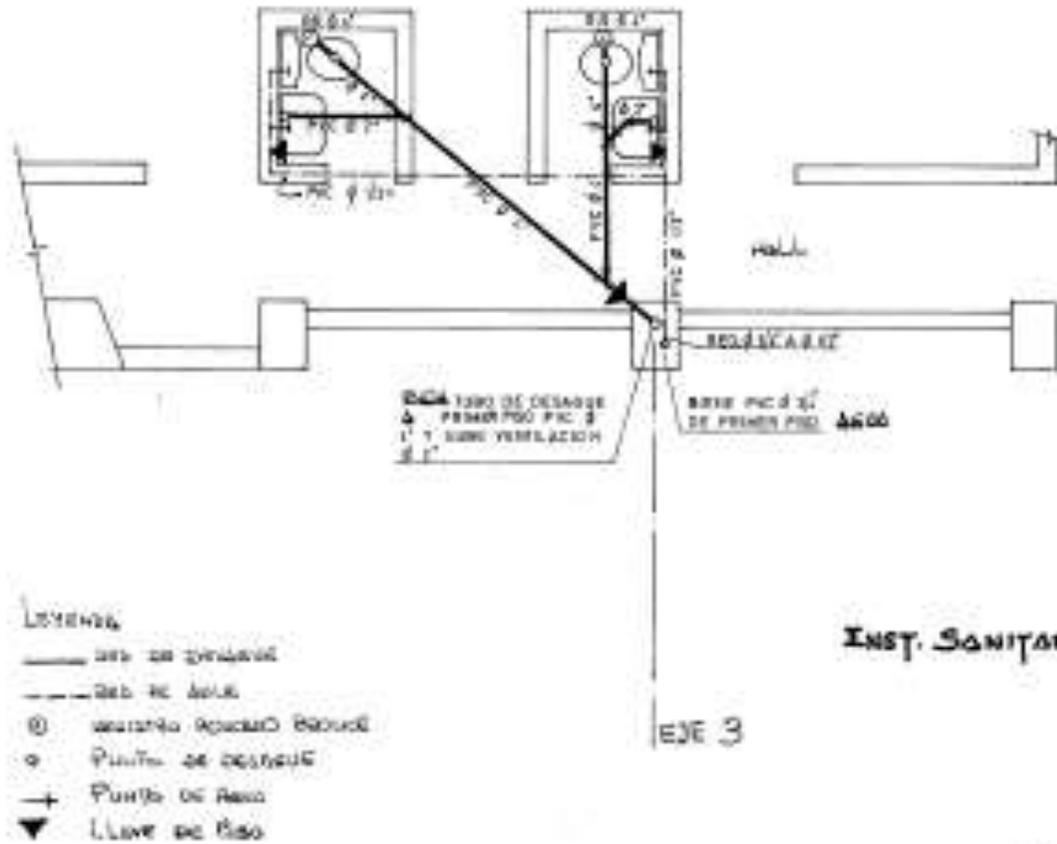




## Anexo 10: DISEÑO DE ESCALERAS POR TRAMO DISEÑADO EN 1985



Anexo 11: PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS DISEÑADO EN 1985



PARRQUIA SAN PEDRO APOSTOL

INSTALACION SANITARIA Esc. 1:50