

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



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

**“ANÁLISIS DE LA VUNERABILIDAD SÍSMICA, UTILIZANDO EL MÉTODO DE
BENEDETTI – PETRINI, DEL PABELLÓN “U” DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
PRIVADA CLARETIANO – TRUJILLO”**

Área de investigación:

Estructuras

Autores:

Br. Burgos Arévalo, Víctor Jean Pierre

Br. Burgos Arévalo, Christian Mariano

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Alanoca Quenta, Ángel Fredy

Secretario: Ing. Cancino Rodas, César Leónidas

Vocal: Ing. Chuquilin Delgado, María Florencia

Asesor:

Ing. Galicia Guarniz, William Conrad

Código Orcid: 0000-0003-4506-9290

**TRUJILLO-PERÚ
2022**

Fecha de sustentación: 2022/11/28

DEDICATORIA

A Dios, por ser la guía de mi vida,
el acompañante perfecto en cada
proyecto, por darme la fortaleza
y el valor en cada reto propuesto.

A mis papás Mariano y Rocío,
por estar a mi lado en mis éxitos
y logros, pero más aún en mis
fracasos. Por su esfuerzo y su
empeño en verme crecer y superarme,
por amarme incondicionalmente aún
con mis defectos.

A mi esposa e hija, por ser mi motor
y motivo en mis proyectos, por el amor
que me dan, por darme las fuerzas
para superarme cada día, por estar
a mi lado en cada momento de triste
y compartir mis alegrías.

Br. Burgos Arévalo, Víctor Jean Pierre

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de investigación a mi familia, en especial a mis padres que siempre me apoyaron en este largo camino, en mis proyectos y mis metas, más en los momentos en los cuales quise tirar la toalla, a mis amigos que con sus buenos deseos y apoyo tanto en la universidad como fuera de ella me ayudaron bastante, y a Dios que siempre estuvo también dándome oportunidades para lograr mis sueños y metas.

Br. Burgos Arévalo, Christian Mariano
AGRADECIMIENTO

Gracias a nuestra familia, esas personas que fueron partícipes de este largo camino, lleno de experiencias, tropiezos, alegrías y tristezas, que sin ellos no seríamos los hombres que somos y seremos para Dios y nuestra sociedad.

Agradecimiento a cada uno de nuestros docentes universitarios, que en el aula y fuera de ella, nos dieron sus experiencias tanto académicas como personales, para aprender de ellas. A nuestro asesor el Ing. William Conrad Galicia Guarniz, que siempre estuvo atento de nuestras necesidades en el desarrollo de esta tesis y que lo consideramos como uno de los mejores profesores que tiene la Universidad Privada Antenor Orrego. A todos ustedes, gracias.

RESUMEN

Esta tesis tiene por objeto de estudio, la estructura mas antigua del colegio Claretiano de Trujillo y determinar su nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini a fin de saber el estado en el que se encuentra después de más de sesenta años desde su construcción.

La investigación fue desarrollada a través de una inspección visual, toma de datos en campo y un estudio de esclerometría para sus elementos estructurales, para luego procesar los datos usando los once parámetros descritos en el método Benedetti – Petrini, llegando a la conclusión que el ala izquierda del pabellón U del colegio Claretiano de Trujillo posee una vulnerabilidad baja.

Para estar conformes con el resultado obtenido por el método, se procedió a usar el software ETABS para el modelamiento estructural de la edificación, llegando a concordar con los resultados obtenidos a través del método.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the oldest structure of the Claretian College of Trujillo and to determine its level of seismic vulnerability by applying the Benedetti - Petrini method in order to know the state in which it is located after more than sixty years since its construction.

The research was developed through a visual inspection, data collection in the field and a sclerometry study for its structural elements, to then process the data using the parameters once described in the Benedetti - Petrini method, reaching the conclusion that the left wing of pavilion U of the Claretiano highschool in Trujillo has a low vulnerability.

To be satisfied with the result obtained by the method, the ETABS software was used for the structural modeling of the building, agreeing with the results obtained through the method.

ÍNDICE

I.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1.	Descripción del problema.....	12
1.2.	Formulación del problema	18
1.3.	Objetivo general.....	19
1.4.	Objetivos específicos.....	19
1.5.	Justificación de la investigación	19
1.6.	Viabilidad de la investigación	20
II.	MARCO TEORÍCO	20
2.1.	Antecedentes de la investigación	20
2.2.	Bases teóricas	23
2.2.1.	Vulnerabilidad sísmica.....	23
2.2.2	Clasificación de las metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica	24
2.2.3	Método de Benedetti y Petrini.....	26
2.2.4	Evaluación de los 11 parámetros del método de Benedetti y Petrini	27
2.2.5	Cuantificación del índice de Vulnerabilidad:.....	34
2.3	Definiciones conceptuales.....	34
2.4	Hipótesis general	35
2.5	Hipótesis específicas	35
2.6	Variables dependiente e independiente	36
2.7	Operacionalización de la variable (Dimensiones e indicadores)	36
III.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.1	Tipo de investigación.....	37
3.2	Población y muestra.....	37
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.4	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	40
IV.	RESULTADOS.....	41
4.1	Calificación de Parámetros	42
4.2	Cálculo de Iv.....	60
4.3	Vulnerabilidad.....	61
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62

5.1	Evaluación sísmica de los bloques “A y B” del pabellón “U” de la I.E. Claretiano, haciendo uso del programa ETABS.....	64
5.1.1	Densidad Mínima de muros bloque A:	65
5.1.2	Densidad Mínima de muros bloque B:	66
5.1.3	Control de desplazamientos	67
5.1.4	Cortante en la base con $R = 6$	68
5.1.5	Control de agrietamiento	68
VI.	CONCLUSIONES.....	71
VII.	RECOMENDACIONES.....	72
VIII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	74
IX.	ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01: Escala Numérica de Índice de Vulnerabilidad de Edificios de Mampostería no reforzada de Benedetti y Petrini – 1984	27
TABLA 02: Rango de valores de Índice de Vulnerabilidad	34
TABLA 03: Operacionalización de la variable.....	36
TABLA 04: Formulario de Benedetti y Petrini	39
TABLA 05: Resumen de calificación de los bloques.....	44
TABLA 06: Resumen de calificación de los bloques.....	46
TABLA 07: Muros del Bloque “A”	47
TABLA 08: Muros del Bloque “B”	49
TABLA 09: Resumen de calificación de los bloques.....	50
TABLA 10: Resumen de calificación de los bloques.....	50
TABLA 11: Resumen de calificación de los bloques.....	52
TABLA 12: Resumen de calificación de los bloques.....	54
TABLA 13: Resumen de calificación de los bloques.....	55
TABLA 14: Resultados de L/S.....	56
TABLA 15: Resumen de calificación de los bloques.....	56
TABLA 16: Resumen de calificación de los bloques.....	58
TABLA 17: Resumen de calificación de los bloques.....	59
TABLA 18: Resumen de calificación de los bloques.....	60
TABLA 19: Índice de Vulnerabilidad del Bloque “A”	60
TABLA 20: Índice de Vulnerabilidad del Bloque “B”	61
TABLA 21: Rango del Índice de Vulnerabilidad	61
TABLA 22: Resumen del Índice de Vulnerabilidad de los Bloques	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Subducción generalizada de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.	13
FIGURA 02: Vista aérea del colegio Claretiano de Trujillo en la actualidad.....	18
FIGURA 03: Configuración en planta de la estructura.....	31
FIGURA 04: Configuración en altura.....	32
FIGURA 05: Pabellón “U” de la Institución Educativa Claretiano.....	38
FIGURA 06: Perfil frontal de los salones del ala izquierda del pabellón “U” del Colegio Claretiano de Trujillo.....	41
FIGURA 07: Junta Sísmica presente en la edificación.....	41
FIGURA 08: Primer piso del ala izquierda del pabellón “U”.....	42
FIGURA 09: Segundo piso del ala izquierda del pabellón “U”.....	42
FIGURA 10: Bloque “A” que contiene las aulas 7, 8, 37 y 36.	43
FIGURA 11: Bloque “B” que contiene las aulas 9, 10, 35 y un dormitorio de la congregación.....	43
FIGURA 12: Interior del aula 7 del bloque “A”, presenta mampostería uniforme y en un buen estado.	45
FIGURA 13: Interior del salón de profesores del bloque “B”, presenta mampostería uniforme y en un buen estado.	46
FIGURA 14: Bloque A.....	47
FIGURA 15: Bloque B.....	48
FIGURA 16: Conexión eficaz entre el diafragma y los muros dentro de los salones.....	51
FIGURA 17: No existen planos a desnivel y la deformidad en la losa es imperceptible, por lo tanto, se puede despreciar.....	52
FIGURA 18: Bloque “A”.....	53
FIGURA 19: Bloque “B”.....	53
FIGURA 20: Altura regular en cada uno de los muros del Bloque “A”.	54
FIGURA 21: Altura regular en cada uno de los muros del Bloque “B”.....	55
FIGURA 22: Presencia de diafragma rígido en los objetos de análisis (1er piso).	57
FIGURA 23: Presencia de diafragma rígido en los objetos de análisis (2do piso).	57
FIGURA 24: Elementos no estructurales muy bien conectados a la estructura.	58
FIGURA 25: Muros externos en buena condición sin lesiones visibles.....	59
FIGURA 26: Muros internos en buena condición sin lesiones visibles.	60
FIGURA 27: Bloques “A”, “B” y junta sísmica del ala izquierda del pabellón “U”.	62
FIGURA 28: Modelamiento de los bloques “A y B” en ETABS.....	64
FIGURA 29: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque “A” en el 1er piso.	78

FIGURA 30: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "A" en el 1er piso.	78
FIGURA 31: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "B" en el 1er piso.	78
FIGURA 32: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque "B" en el 1er piso.....	78
FIGURA 33: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "A" en el 2do piso.	78
FIGURA 34: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque "A" en el 2do piso.....	78
FIGURA 35: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "B" en el 2do piso.....	78
FIGURA 36: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque "B" en el 2do piso.....	78

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Durante la recopilación de datos de un evento sísmico encontramos que la causa común de pérdidas humanas y materiales se debe al comportamiento deficiente de las estructuras frente al esfuerzo sometido durante un sismo; no es de sorprender este problema ya que aun teniendo al alcance datos y normas antisísmicas, resultantes de arduas investigaciones sobre el comportamiento de estructuras al momento de un sismo, la acción de la naturaleza las vuelve obsoletas debido a su manera tan impredecible de actuar; y esto no pasa en una sola región sino que es una problemática global. Por ejemplo: el 27 de febrero del 2010, Chile que fue afectado con un terremoto de magnitud 8.8 M_w con una duración de 2 a 4 minutos en las zonas cercanas al epicentro y Santiago de Chile respectivamente, así como también los terremotos en México durante el año 2017 siendo afectada en varias partes del país desde el noreste, sureste y suroeste, con magnitudes de 7 M_w , 8.2 M_w , 6.1 M_w y 7.1 M_w causó grandes pérdidas humanas y daños devastadores a numerosas estructuras en el país.

En el Perú, el último gran terremoto registrado fue en el departamento de Loreto el 26 de mayo del 2019 con una magnitud de 8.0 M_w , el cual dejó un saldo de 4 562 damnificados, 5 440 afectados y una cifra total de 4 083 edificaciones entre afectadas, destruidas e inhabitables (INDECI, 2021), así como también carreteras, caminos, puentes, canales de riego, áreas de cultivo y servicio eléctrico en un estado total de destrucción en las localidades de Tarapoto, Iquitos, Yurimaguas y Lagunas.

Si hablamos sobre magnitudes, este terremoto solo es comparable al que se vivió el 15 de agosto del 2007 en el departamento de Ica, el cual, a diferencia del terremoto en Loreto, fue mucho más devastador teniendo como saldo un total de 596 muertos, 1 268 heridos, 434 614 damnificados, 876 734 afectados, así como una pérdida de 3 977.81 millones de soles en daños materiales (INDECI, 2011).

Solo existe 12 años de diferencia entre estos acontecimientos y aunque los daños han sido mucho menores en el evento más actual, esto no quiere decir que hemos mejorado al momento de construir, sino que la liberación de energía afectó a poblados con situaciones de infraestructura muy diferentes. Y es que el Perú se encuentra bordeado en su lado oeste por dos placas en constante movimiento, estas son la placa de nazca ubicada en el pacífico oriental siguiendo un proceso de subducción bajo la placa Sudamericana la cual comprende dicho continente y una parte del océano atlántico (Figura 01).

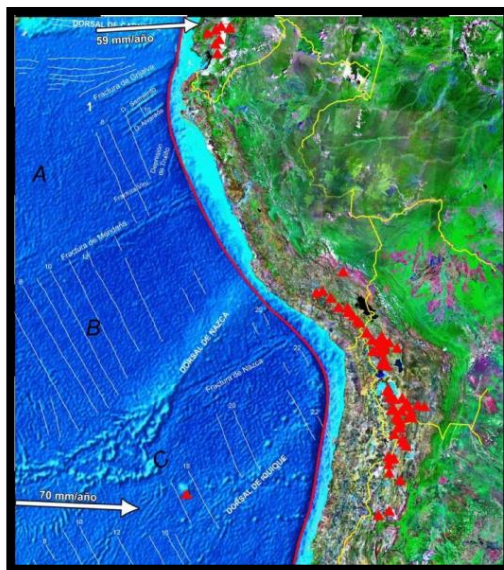


FIGURA 01: Subducción generalizada de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Fuente: IGP 2014

Estas son responsables de la creación de la cordillera de los Andes, así como también de los movimientos sísmicos que tenemos en el Perú. Este proceso de liberación de energía producida por el movimiento de subducción es normal y se expresa en sismos de baja magnitud, el problema recae cuando existe poca o nula liberación de energía, esta situación es conocida como silencio sísmico y tiene como resultado una inesperada gran liberación de energía representada por terremotos de gran magnitud.

Tavera (2018), presidente ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú, comentó que durante la década del 70 la comunidad científica se propuso buscar explicaciones a la predicción de eventos sísmicos, esto

debido a que científicos chinos predijeran de manera exitosa el sismo de Haicheng en 1975; durante estos años se desarrollaron una gran cantidad de artículos referidos a este tema y en algunos tomaban en cuenta la particular reacción de ciertos animales antes de ocurrir un sismo. A grandes rasgos estos estudios llegaron a la conclusión que los eventos sísmicos presentan ciertos indicadores geofísicos (frecuencia de sismos, variaciones en el campo eléctrico y magnético, entre otros) los cuales fueron esquematizados en eventos premonitores de corto, intermedio y largo plazo. De estos tres los eventos de largo plazo resultaron ser mucho más confiables debido a que su visión del problema es a una escala regional y global.

Este último considera en su desarrollo un catálogo sísmico el cual describe la periodicidad de los sismos que afectaron a una región; para Perú, se tiene una información recaudada de los últimos 500 años.

Durante el año de 1972 el profesor J. Kelleher, citado por Tavera (2018), desarrollo los primeros mapas con magnitudes de 8.0 para la región del Cinturón de Fuego del Pacífico, en ella se identificó ciertas zonas con ausencia de sismos importantes, estas fueron llamadas seismic gap que al español se podría traducir como laguna sísmica o zona de silencio sísmico, esto se puede definir como una zona o región la cual no ha presentado eventos sísmicos relevantes durante un prolongado periodo de años pero que a su alrededor si han ocurrido sismos recientes.

Este método fue potenciado gracias a la labor de los profesores W. McCann (1979) y S. Nishenko (1991) los cuales continuaron con las investigaciones sobre las ocurrencias de grandes sismos en el Cinturón de Fuego del Pacífico dada por el profesor J.Kelleher.

En el Perú Tavera (2005) desarrolló un mapa sobre zonas de silencio sísmico llegando a descubrir que las regiones de Lima, Pisco, las costas de Lomas y Chala, y las costas de Moquegua y Tacna, se encuentran en ausencia de movimientos lo que se traduce a una mayor concentración de energía; los sismos son eventos cíclicos y cuanto más grande es el periodo de retorno, mayor es la cantidad de energía que se liberará.

El terremoto del año 2007 en el departamento de Ica nos dio una muestra de cuán destructivo son los terremotos producto del silencio sísmico. Hasta la fecha en la ciudad de Lima no ha ocurrido un sismo importante desde 1746, es decir que lleva cerca de 275 años sin la presencia de un sismo de magnitud considerable, esto pone en juego la posible presencia de un gran terremoto a futuro el cual podría tener resultados devastadores debido al crecimiento exponencial de la ciudad, la cual comprende su población humana como la de su infraestructura urbana (Tavera, 2020).

En Trujillo el experto del Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente (IIDMA) de la Universidad Nacional de Trujillo, el Ing. Segundo Seijas Velásquez, señaló en el 2017, basándose en los datos recopilados por el trabajo del Dr. Tavera, que la ciudad de Trujillo se vería afectada de manera devastadora por la acción repentina de un terremoto de gran magnitud consecuencia de la presencia de una zona de silencio en las costas de Piura; este posible evento traería consigo la destrucción masiva de edificaciones en la ciudad así como la pérdida masiva de vidas humanas. Mencionó además que este resultado sería producto de la infraestructura actual la cual se ve amalgamada con la precariedad de las antiguas casonas, así como la pésima distribución urbana de las calles en el centro de Trujillo, siendo estas en su mayoría estrechas, logrando así un peligro latente en nuestra ciudad.

Queda demostrado que estamos en un constante peligro debido a estas zonas de silencio sísmico, y por tanto solo nos queda estar preparados frente a un embate de la naturaleza.

Organizaciones como el INDECI y el IGP así como investigadores locales y regionales llegan a la conclusión similar de mantener un óptimo sistema constructivo en la ejecución de proyectos así como también estar preparados teniendo la mochila de emergencia armada y seguir las reglas de evacuación.

Tal vez estas indicaciones no sean tomadas en cuenta a nivel general en nuestra ciudad debido a diversos factores, siendo uno de los más

comunes el monetario, pero esto no debe ser una regla general cuando se habla de estructuras las cuales dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones son consideradas como esenciales.

En el apartado E 0.30, capítulo 3, tabla N°5, se detalla como categoría A, a las Edificaciones Esenciales las cuales se subdividen en: A1 que tienen como característica la de mantener brindando sus servicios de manera óptima durante y después de un desastre (Establecimientos de Salud) y A2 siendo aquellas que por cuyas funciones no deberían interrumpirse luego de un sismo severo, como: Puertos, aeropuertos, bases militares, centros de comunicación, estaciones de bomberos, instalaciones de generación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua; así como establecimientos que deben servir de refugio luego de un desastre (instituciones educativas, institutos superiores, universidades), también estructuras que presente un riesgo adicional si llegan a colapsar (Fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos, grandes hornos) y por último edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.

Para esta investigación se estudiará una estructura de tipo A2 la cual no debería verse afectada en sus elementos estructurales luego de un desastre, con el objetivo de brindar refugio.

Hablamos del colegio Claretiano, una institución emblemática en Trujillo la cual lleva más de 60 años brindando servicio de educación; dentro de sus características, el terreno tiene un área aproximada de 30 000 m² perteneciente al fundo La Encalada en la zona oeste de la ciudad.

Durante los años de 1958 y 1960 se concluye la construcción de los tres primeros pabellones los cuales tiene una forma de "U" y fueron ubicados alrededor del patio principal, junto a estas se implementaron el campo de fútbol y la pista de atletismo; ya para el año de 1965 se inició la construcción de la primera piscina. Como dato adicional durante los primeros años de funcionamiento del colegio, se construyeron cuartos en el segundo piso de los pabellones debido a que se brindó el servicio de internado.

Pasado casi 20 años desde su última construcción, el colegio inauguró un moderno coliseo con novedosas técnicas de construcción y acabados que para la fecha solo tenían pocas organizaciones en Trujillo; además se procedió a una remodelación de oficinas administrativas, así como también la creación de espacios nuevos como la biblioteca, la sala de cómputo, los laboratorios de inglés y ciencias naturales, la cafetería y la capilla “San Antonio María Claret”.

Pasada una década del nuevo siglo el colegio afrontó la necesidad de espacio en estructuras debido a la alta demanda estudiantil, y es durante el año 2013 que se procedió a construir nuevos ambientes optando por reducir zonas del patio principal, así como jardines ubicados en la parte posterior de los pabellones iniciales. Esto permitió la habilitación de nuevas aulas dentro de los niveles de primaria y secundaria, así como también la existencia del nivel inicial, el cual fue aislado en la parte posterior del colegio con el objetivo de no tener accidentes (Imagen 02).

Bajo esta corta descripción del proceso evolutivo del colegio Claretiano, podemos notar que el crecimiento exponencial de la población estudiantil obligó a crecer en lo que a infraestructura se refiere. Para mantener altos estándares de calidad exigidos por el MINEDU (2018) las nuevas edificaciones presentan una compatibilidad con las nuevas tendencias de la construcción, así como un proceso de supervisión bajo personal calificado en lo que a construcción se refiere.

Teniendo como premisa lo antes mencionado nos queda la duda referido a las estructuras del pasado y sobre como estas, han ido envejeciendo al punto de ser comparadas con las actuales en lo que a seguridad se refiere.

En esta comparación debemos recordar que las estructuras más antiguas fueron desarrolladas con protocolos y normas que en su momento fueron las más óptimas para la construcción, así como también fueron llevadas de la mano con personal calificado en su supervisión y ejecución, pero las normas no se han mantenido estáticas

en el tiempo, sino que han ido evolucionando y tomando nuevas características, producto de nuevas investigaciones.

¿Será acaso que las estructuras antiguas están lo suficientemente preparadas para afrontar los embates de un movimiento sísmico de gran magnitud y de este modo pueda proteger la vida humana?

Con esta interrogante nos vemos en la labor de conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica de estos pabellones antiguos presentes en el colegio Claretiano de Trujillo.



FIGURA 02: Vista aérea del colegio Claretiano de Trujillo en la actualidad. Fuente: Google Earth

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica del ala izquierda del pabellón “U” de la Institución Educativa privada Claretiano del distrito de Trujillo en el año 2021?

1.3. Objetivo general

- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica, aplicando el método de Benedetti - Petrini, del ala izquierda del pabellón "U" de la institución educativa privada Claretiano del distrito de Trujillo en el año 2021.

1.4. Objetivos específicos

1. Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del bloque "A", a través de los 11 parámetros del método de Benedetti – Petrini, del ala izquierda del pabellón "U" de la Institución Educativa en estudio.
2. Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del bloque "B", a través de los 11 parámetros del método de Benedetti – Petrini, del ala izquierda del pabellón "U" de la Institución Educativa en estudio.
3. Determinar el valor de la resistencia a la compresión axial del concreto a través del ensayo de esclerometría, del ala izquierda del pabellón "U" de la Institución Educativa en estudio.
4. Comparar los resultados obtenidos del formulario de índice de vulnerabilidad con el modelamiento estructural, para constatar la concordancia entre los resultados, sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica del ala izquierda del pabellón "U" de la Institución Educativa en estudio.

1.5. Justificación de la investigación

Se justifica teóricamente esta investigación al buscar aumentar el conocimiento existente sobre la vulnerabilidad sísmica en estructuras antiguas de la ciudad de Trujillo. Mientras que su justificación práctica se ve acreditada a través del estudio y evaluación del estado vulnerable en el que se encuentra el colegio, el que a su vez es categorizado como una edificación esencial debido a su importancia a nivel social al buscar preservar la vida y dar un aporte adicional a la comunidad después de un movimiento sísmico de gran magnitud.

1.6. Viabilidad de la investigación

El grupo investigador se encontró en la capacidad de asumir los costos del trabajo, así como el tiempo que tomó el desarrollo de la recolección y procesamiento de la información; el acceso a las instalaciones de la institución educativa fue limitada al área de estudio a través del permiso obtenido por la dirección del colegio Claretiano, además de las restricciones horarias, debido a la pandemia.

II. MARCO TEORÍCO

2.1. Antecedentes de la investigación

ANTECEDENTE 1: EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DEL ATC-21 EN LAS VIVIENDAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA SÁNCHEZ CARRIÓN, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD, 2021; Autores: Arana Vidal, David y Yupanqui de la Cruz, Elvin

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro histórico de Huamachuco, bajo el método ACT-21, el cual consistió en la parametrización de los detalles arquitectónicos y estructurales estimables a simple vista tales como, características de la vivienda, irregularidades y tipo de suelo. La muestra de esta investigación constó de 84 viviendas del centro histórico de Huamachuco, al final del trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los resultados determinaron que la mayoría de las viviendas del centro histórico son informales, que no tienen un diseño arquitectónico y estructural.
- Además, que se construyen con materiales de muy baja calidad y son ejecutados por personas sin conocimiento técnico.

ANTECEDENTE 2: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO LOS ÍNDICES DE VULNERABILIDAD (BENEDETTI PETRINI) EN EL BALNEARIO BUENOS AIRES, DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO, LA LIBERTAD, 2022; Autores: Guanilo Velasquez, Ronald y Valderrama Polo, Jhoan

Este proyecto se desarrolló en el balneario de Buenos Aires tomando como objeto de estudio 3 edificaciones, el cual tiene como método cualitativo de aplicación Benedetti y Petrini, el proceso de recolección de la información fue mediante sus 11 parámetros. Al final se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Presentan una vulnerabilidad sísmica media baja con índices de vulnerabilidad de 156.25, 70 y 76.25 para las viviendas 01, vivienda 02 y vivienda 03 respectivamente.
- Se determinó que las derivas entrepiso más perjudiciales para cada edificación fueron en el sentido del eje X.

ANTECEDENTE 3: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES APLICANDO LA METODOLOGÍA DE INDECI EN LA URBANIZACIÓN EL RANCHO, CUTERVO, CAJAMARCA, 2021; Autora: Quispe Llaja, Sandy Noelia

La presente investigación tuvo como objeto de estudio la urbanización El Rancho, Cutervo, Cajamarca, en la cual se analizó bajo la metodología INDECI las condiciones físicas, estructurales y características geotécnicas del suelo.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- 03 viviendas tuvieron como resultado un nivel muy alto de vulnerabilidad sísmica, 13 con un nivel alto y 19 viviendas un nivel moderado.

- La cimentación de las 35 viviendas evaluadas fue realizada con concreto armado, siendo de autoconstrucción.
- El suelo es arcilloso de mediana plasticidad.

ANTECEDENTE 4: “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE LA I.E LICEO TRUJILLO-2018”, 2018; Autores: Aguilar Marín y Mudarra Abanto

Usando el método de Benedetti y Petrini, esta investigación tomó como estudio a la I.E Liceo Trujillo, esto debido a la antigüedad de la edificación, así como también a la población que albergaba en el tiempo del estudio, siendo esta de 2879 estudiantes, además de que al ser una edificación de categoría A2 (E.030, 2019) esta debe seguir operativa después de un sismo de gran magnitud con el fin de apoyar en la logística de evacuación y atención de damnificados.

Los resultados fueron:

- El 75% de los pabellones antiguos tienen una vulnerabilidad sísmica media - alta mientras que los pabellones modernos solo un 25% demostraron una vulnerabilidad media – baja.
- Con estudios de mecánica de suelos se determinó que el suelo es una clase S2.
- Con el ensayo de Esclerometría se determinó una resistencia axial de 202.21 kg/cm².

ANTECEDENTE 5: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO VILLA JESÚS, NUEVO CHIMBOTE-2021, 2021; Autores: Arévalo García, Carlos y Falcón Briceño, Jorge

La presente investigación tuvo como objeto de estudio 12 viviendas del asentamiento humano Villa Jesús, los cuales fueron evaluadas a través del método colombiano (AIS) teniendo como parámetros sus aspectos geométricos, constructivos, estructurales, cimentación, suelo, entorno.

Los resultados fueron:

- Se obtuvo como promedio para las 12 viviendas una vulnerabilidad sísmica media por Irregularidad en altura.
- Las irregularidades en planta, en altura y la cantidad de muros en las dos direcciones fueron los aspectos geométricos que influyeron de manera predominante en la vulnerabilidad sísmica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Vulnerabilidad sísmica

Sandi (1986) señala que la vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño.

Esto quiere decir que en el momento de hacer un estudio de vulnerabilidad sísmica se debe considerar que el alcance estará sujeto a la clase de daño que se quiere medir y el nivel de amenaza existente.

El daño a evaluar está relacionado con la acción sísmica y la capacidad sismorresistente de la construcción, de forma en que la vulnerabilidad sísmica esté asociada en cómo se desarrolla la acción y el daño sísmico.

Una vez hablado sobre el daño ocasionado por un sismo hacia la estructura, podemos clasificar la vulnerabilidad sísmica de acuerdo a los componentes afectados:

- Vulnerabilidad estructural

Se refiere a la exposición al daño de elementos estructurales debido a la acción de un sismo, así como el deterioro físico de elementos estructurales, tales como: cimentación, vigas, columnas, muros portantes, diafragmas, placas de concreto (Safina, 2003).

- Vulnerabilidad no estructural

Es la susceptibilidad a daños en componentes que están junto a los elementos estructurales, tabiques, ventanas, puertas, cielos rasos, etc., en su mayoría elementos arquitectónicos; aparte de estos están aquellos que cumplen funciones de servicio (gasfitería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) y por último equipamiento (muebles, etc.). (Peralta, 2002)

- Vulnerabilidad funcional

Se define como la relación existente entre el servicio brindado por la estructura y las relaciones de dependencia física, esto quiere decir que dicha estructura tiene que mantenerse en una condición estructural óptima y con un desempeño funcional. Esta relación se aplica para estructuras tales como: hospitales, clínicas y centros de salud, las cuales después de un evento sísmico no solo deben estar en pie sino también funcionando. (Cardona, 1989)

2.2.2 Clasificación de las metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Existen una variedad de metodologías y técnicas propuestas por diferentes autores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de diferentes tipos de instalaciones (Caicedo et al., 1994).

Escoger una metodología implica saber que esta, está relacionada con las escalas de análisis y las características de los elementos en estudio, además la medida empleada en dicho estudio está sujeta al modelo

adoptado y a su vez puede estar dirigida hacia una cuantificación de los efectos, daños y otros factores convenientes para el estudio.

Estos condicionamientos han obligado a los investigadores a proponer múltiples sistemas de clasificación, con el fin de ordenar las diversas metodologías propuestas, que a fin de cuentas tienen como objetivo en común el pronosticar el daño de un sismo con un margen de error muy bajo.

La clasificación más conocida se debe a Corsanero y Petrini (1990) los cuales las agrupan en cuatro técnicas:

- Técnicas directas, las cuales predicen en una sola etapa el daño causado por un sismo, pueden ser métodos tipológicos y mecánicos.
- Técnicas indirectas, las cuales determinan el índice de vulnerabilidad para luego relacionar el daño con la intensidad sísmica.
- Técnicas convencionales, compara la vulnerabilidad relativa de diferentes estructuras ubicada en áreas de igual sismicidad.
- Técnicas Híbridas, mezcla las técnicas antes descritas junto con juicios de expertos.

Para Dolce (1994) al examinar de manera separada las etapas de un análisis sísmico propone tres nuevos tipos de métodos:

- Métodos estadísticos, basados en análisis estadísticos de las construcciones, caracterizadas por los datos de entradas.
- Métodos mecánicos, estudian los principales parámetros que rigen el comportamiento dinámico de las estructuras.
- Métodos basados en juicios de expertos, evalúa cualitativa y cuantitativamente los factores que rigen la respuesta sísmica de las edificaciones.

Una simplificación de estos métodos los agrupa como:

- Técnicas cuantitativas, las cuales determinan las probabilidades de daño en términos numéricos.
- Técnicas cualitativas, que utilizan descripciones cualitativas a través de términos como vulnerabilidad baja, media, alta o similares.

2.2.3 Método de Benedetti y Petrini

La variedad de métodos y técnicas para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones es diversa, y aunque algunos autores tengan un planteamiento similar sobre qué es la vulnerabilidad sísmica, estas toman su propio enfoque dependiendo de los parámetros considerados al momento de recopilar la información.

Llegado a este punto se pone sobre la mesa la siguiente duda: ¿Cuál es la metodología adecuada para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones? La solución a la interrogante dependerá del objeto en estudio dentro de la realidad donde se desarrolla, así como los objetivos planteados, la hipótesis propuesta y sobre todo a la información disponible que requiera el método.

Esta investigación usa el método de índice de vulnerabilidad sísmica propuesto por Benedetti y Petrini, dos investigadores italianos que durante el año de 1982 desarrollaron el método a partir del estudio de terremotos desde el año 1976. Debido a la versatilidad en el estudio de diferentes tipologías de edificios, así como no solo medir el índice de vulnerabilidad sino también evaluar los daños por sismo, logro llamar el interés del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti llegando a ser usado de manera regular en las evaluaciones del riesgo sísmico en edificios.

Para el trabajo propuesto se utilizará el enfoque del método en la mampostería no reforzada; este método cuenta con 11 parámetros los

cuales, en la Tabla 3, se establece la relación de estos con los valores correspondientes a los coeficientes de calificación posibles K_i de acuerdo al estado de la calidad (A como óptimo – D como desfavorable) y a los factores de peso W_i asignados a cada parámetro. Los factores K_i y W_i fueron obtenidos a partir del trabajo y experiencia de los investigadores del método.

TABLA 01: Escala Numérica de Índice de Vulnerabilidad de Edificios de Mampostería no reforzada de Benedetti y Petrini – 1984.

PARÁMETROS	K_iA	K_iB	K_iC	K_iD	W_i
Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0
Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0
Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0
Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
Estado de conservación	0	5	25	45	1.0

2.2.4 Evaluación de los 11 parámetros del método de Benedetti y Petrini

2.2.4.1 Organización del sistema resistente

Se evalúa el grado de organización de los elementos estructurales sin importar el tipo de material, tomando en cuenta la norma sismorresistente local usada, así como las conexiones entre vigas de amarre y muros en los niveles de la estructura.

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente.
- B. Edificio que presenta en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.

- C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

2.2.4.2 Calidad del sistema resistente

Se mide a partir del tipo de mampostería utilizada diferenciándola por su resistencia, tipo de material usado y la forma de los elementos que componen la mampostería.

- A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:
 - 1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
 - 2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
 - 3. Mortero de buena calidad con espesor de junta entre 1 a 1.5 cm.
- B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.
- C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.
- D. El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

2.2.4.3 Resistencia convencional

Se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio frente a cargas horizontales. El proceso para realizar los cálculos requiere de recopilar los siguientes datos (Aguar et al, 1994).

N = Número de pisos

τ_k = Resistencia a corte de los paneles de mampostería
(18 Ton/m²)

At = Área total construida en planta (m²)

H = Altura promedio de entrepiso (m)

Pm = Peso específico de la mampostería (1.80 ton/m³)

Ps = Peso por unidad de área de forjado (0.38 ton/m²)

Ax, Ay = Son todas las áreas totales resistentes de muros
(m²) en la dirección x e y respectivamente.

A = min [Ax, Ay],

B = max [Ax, Ay],

$a_0 = A/At$,

$\gamma = B/A$

Para luego ser sustituidos en las siguientes fórmulas.

$$c = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k (1 + \gamma)}} \quad (1)$$

En la ecuación (1) el coeficiente sísmico C, se describe como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo.

$$q = \frac{(A + B) \cdot h}{A_t} \cdot Pm + Ps \quad (2)$$

En la ecuación (2) el valor de q es el peso de un piso por unidad de área cubierta y esta es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal, tomando en cuenta que no existen variaciones excesivas de masa entre los diferentes pisos del edificio.

$$\alpha = C/C' \quad (3)$$

Y al final la ecuación (3) dada por el factor α sirve para atribuir a este parámetro una de las cuatro clases A, B, C, D. Donde C' es un coeficiente sísmico de referencia que se toma como según las zonas de amenaza sísmica y movimientos.

- A. Edificio con $\alpha \geq 1$
- B. Edificio con $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Edificio con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Edificio con $\alpha \leq 0.4$

2.2.4.4 Posición del edificio y cimentación

Se evalúa la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Las clases consideradas son:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual 10%.
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.

2.2.4.5 Diafragmas horizontales

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Las clases que se presentan son:

- A. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 1. Ausencia de planos a desnivel
 2. La deformidad del diafragma es despreciable
 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con dos de las condiciones pasadas.
- D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

2.2.4.6 Configuración en planta

El comportamiento sísmico de una estructura está relacionado con la forma en planta del mismo. Para estructuras rectangulares es importante la relación $\beta_1 = a / L$, donde a y L representan las dimensiones en planta del lado menor y mayor respectivamente. En caso de presentar protuberancias en el cuerpo principal se utilizará la relación $\beta_2 = b / L$.

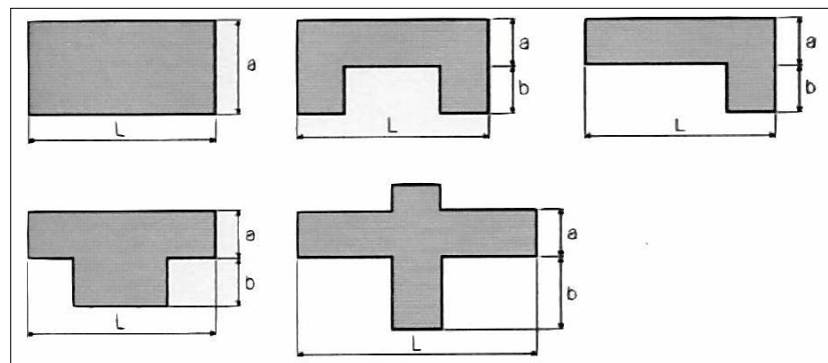


FIGURA 03: Configuración en planta de la estructura (Mena, H.2020.Tesis UPC-España)

Las clases de los parámetros son:

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$

- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

2.2.4.7 Configuración en elevación

La presencia de las torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación T/H.

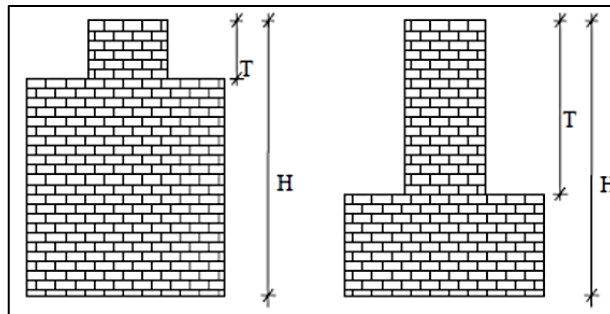


FIGURA 04: Configuración en altura (Mena, H.2020.Tesis UPC-España)

- A. Si $0.75 < T/H$
- B. Si $0.50 < T/H \leq 0.75$
- C. Si $0.25 < T/H \leq 0.50$
- D. Si $T/H \leq 0.25$

2.2.4.8 Separación máxima entre muros

La clasificación se define en función del factor L/S, donde S es el espesor del muro maestro y L el espaciamiento máximo.

- A. Si $L/S \leq 15$
- B. Si $15 < L/S \leq 18$
- C. Si $18 < L/S \leq 25$
- D. Si $25 < L/S$

2.2.4.9 Tipo de cubierta

Se considera la resistencia del techo a fuerzas sísmicas:

- A. El edificio presenta las siguientes características:
 - 1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.
 - 2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.
 - 3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.
- B. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.
- C. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.
- D. Edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase.

2.2.4.10 Elementos no estructurales

Se toma la presencia de parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Los tipos son:

- A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.
- B. Edificio sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
- C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto.

2.2.4.11 Estado de conservación

- A. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos.
Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de la mampostería.
- D. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

2.2.5 Cuantificación del índice de Vulnerabilidad:

Después de haber calificado cada parámetro (A, B, C o D), se determinará el índice de vulnerabilidad, por medio de la suma ponderada del valor de cada parámetro (TABLA 01) multiplicado por un peso de importancia, descrita en la Ecuación 4:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i * W_i) \quad (4)$$

El índice de vulnerabilidad de la estructura puede estar entre 0 y 382.5, en el que a medida que este valor es mayor, más vulnerable es la estructura.

TABLA 02: Rango de valores de Índice de Vulnerabilidad (Elaboración Propia)

VULNERABILIDAD	RANGOS I_v
A = VULNERABILIDAD BAJA	0 – 95.63
B = VULNERABILIDAD DE MEDIA A BAJA	95.63 – 191.30
C = VULNERABILIDAD DE MEDIA A ALTA	191.30 – 286.30
D = VULNERABILIDAD ALTA	286.30 – 382.50

2.3 Definiciones conceptuales

- **Vulnerabilidad sísmica:** Es el grado de daño que una estructura está expuesta a sufrir debido a la acción de un sismo.
- **Daño estructural:** Perjuicio de índole severa, que a veces no se percibe, pero que pone en un gran riesgo la seguridad de la edificación y la vida de las personas que la ocupan.
- **Elementos estructurales:** Partes de una edificación las cuales mantienen en equilibrio estable a esta.
- **Elementos no estructurales:** Componentes dentro de una edificación los cuales están unidos a sus partes estructurales y cumplen una función de servicio dentro de esta.
- **Ensayo de esclerométrico:** Es una prueba no destructiva de la resistencia del concreto, diseñada por el ingeniero suizo Ernest Schmit, utiliza el martillo SMICHDT, el cual nos da el valor R siendo esta una unidad adimensional que relaciona la dureza superficial del concreto con su resistencia de manera experimental.
- **Riesgo sísmico:** Modelo que relaciona el peligro sísmico, con la vulnerabilidad y la probabilidad que se genere daños en ella durante un tiempo determinado.
- **Deriva:** Deformación relativa que sufre el piso.

2.4 Hipótesis general

Alternativa (H_i): El ala izquierda del pabellón “U”, evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63

Nula (H₀): El ala izquierda del pabellón “U”, evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, no presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

2.5 Hipótesis específicas

h₁: El bloque “A” del ala izquierda del pabellón “U”, evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una

vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

h2: El bloque “B” del ala izquierda del pabellón “U”, evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

2.6 Variables dependiente e independiente

Vulnerabilidad Sísmica

2.7 Operacionalización de la variable (Dimensiones e indicadores)

TABLA 03: Operacionalización de la variable (Elaboración Propia)

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Instrumento de medición
Vulnerabilidad Sísmica	Aspectos estructurales	Diafragmas horizontales	Ordinal y de intervalo	Formulario de Benedetti y Petrini Esclerómetro Wincha
		Configuración en elevación		
		Resistencia convencional		
		Separación máxima entre muros		
	Aspectos constructivos	Organización del sistema resistente		
		Calidad del sistema resistente		
		Posición del edificio y cimentación		
		Tipo de cubierta		

		Presencia de elementos no estructurales		
		Estado de conservación		
	Aspectos geométricos	Configuración en planta		

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Chávez (2007), considera que hay diferentes criterios para clasificar una investigación. Esta puede ser por su propósito: básica o aplicada, según el periodo de recolección de la información: Retrospectivo y prospectivo; según la evolución del fenómeno: Longitudinal y transversal; según la comparación de las poblaciones: Descriptivo y comparativo; según la inferencia del investigador: Observacional y experimental; según el método de investigación: descriptiva, ex-post-facto y experimental.

Desde la postura de Hernández, Fernández y Baptista (2006), las investigaciones las clasifica desde el nivel de alcance, como: Exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa.

En ambos casos nuestra investigación, desde un enfoque cuantitativo, es descriptiva por cuanto se orienta a recolectar información, a través del formulario de Índice de Vulnerabilidad de Benedetti-Petrini y el ensayo esclerométrico, relacionadas con el estado actual de las estructuras del pabellón "U" de la muestra en estudio.

- **Nivel de investigación:** Es una investigación descriptiva.
- **Diseño de Investigación:** Es una investigación de campo.

3.2 Población y muestra

- **Población**

La población está constituida por todos los ambientes del pabellón “U” de la Institución Educativa privada Claretiano de Trujillo, construida en los años 58 al 60, como se puede ver en la figura 01.



• **Muestra 05:** *Pabellón “U” de la Institución Educativa Claretiano*

Por motivos de acceso dispuesto por la Institución Educativa, se consideró para la presente investigación el ala izquierda del pabellón “U”, que cuenta con dos niveles; en el primer nivel se ubican las aulas y el salón de profesores, en el segundo nivel se encuentra los laboratorios y oficinas de cómputo, como se puede observar en las figuras 02 y 03.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

○ Técnicas:

- ✓ Se usó la observación directa para el reconocimiento de los componentes estructurales del pabellón “U” y su distribución esté acorde a los planos existentes.

- ✓ Se usó la técnica de revisión documental, para recopilar información sobre los inicios del colegio Claretiano, así como su evolución a lo largo del tiempo. Así mismo, para recopilar información bibliográfica de investigaciones relacionadas a la variable, en fuentes primarias y secundarias: libros sobre estructuras sismorresistentes, artículos de ingenieros especialistas en el tema, el Reglamento Nacional de Edificaciones actualizado y portales webs de los organismos nacionales relacionados al análisis y prevención de sismos.
 - ✓ Se usó la técnica del cuestionario para recoger información de campo, relacionada al estado actual del pabellón “U”.
- Instrumentos:
- ✓ Se empleó un formulario con los 11 parámetros propuesto por el método de Benedetti y Petrini (Tabla 04).
 - ✓ Se utilizó herramientas manuales como winchas y vernier para la recolección de información.
 - ✓ Se usó un esclerómetro para hallar la resistencia a la compresión del concreto de los elementos estructurales.
 - ✓ Se empleó una cámara fotográfica para retratar el estado actual del objeto de estudio con el objetivo de poder plasmarlo en la investigación.

TABLA 04: Formulario de Benedetti y Petrini (Elaboración Propia)

DATOS GENERALES	
PABELLÓN	
FECHA	

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	
1. Organización del sistema resistente	
2. Calidad del sistema resistente	
3. Resistencia convencional	
- Número de pisos	N:

- Área total cubierta	$A_t: \dots\dots\dots m^2$	
- Área resistencia	sentido x $A_x: \dots\dots\dots m^2$	
	sentido y $A_y: \dots\dots\dots m^2$	
- Resistencia a la cortante mampostería	$T_k: \dots\dots\dots \text{Ton}/m^2$	
- Altura media de pisos	h: $\dots\dots\dots m$	
- Peso específico de la mampostería	$P_m: \dots\dots\dots \text{Ton}/m^3$	
- Peso por unidad de diafragma	$P_s: \dots\dots\dots \text{Ton}/m^2$	
4. Posición del edificio y cimentación		
5. Diafragmas horizontales		
6. Configuración en planta	$b_1 =$ a/L: $\dots\dots\dots$	$b_2 =$ a/L: $\dots\dots\dots$
7. Configuración en elevación Superficie porche %	T/H: $\dots\dots\dots$ $\pm DM/M\%: \dots\dots\dots$	
8. Separación máxima entre muros		
9. Tipo de cubierta		
10. Elementos no estructurales		
11. Estado de conservación		

3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- A través de un proceso manual, se utilizó los datos recolectados en el formulario de Benedetti y Petrini, para hallar el Índice de vulnerabilidad (Iv) del pabellón “U”.
- Después de haber obtenido los datos de la prueba esclerométrica, se desarrolló un reporte en el cual se detalló aspectos generales de la estructura, así como su respectiva resistencia del concreto en los elementos examinados.
- Utilizando un software de modelamiento estructural (ETABS), se realizó el proceso electrónico para plasmar el pabellón “U” y ver su comportamiento durante la acción de un sismo.

IV. RESULTADOS

A partir de los parámetros propuestos por el método de Benedetti y Petrini se determina el nivel de vulnerabilidad sísmica del ala izquierda del pabellón “U”, de la institución educativa privada Claretiano.

En la imagen 05 se muestra el perfil frontal de los ambientes correspondientes al objeto de estudio, siendo un total de 4 en el primer piso y 4 en el segundo piso.



FIGURA 06: Perfil frontal de los salones del ala izquierda del pabellón “U” del Colegio Claretiano de Trujillo

Debido a la presencia de una junta sísmica (Imagen 06) se propone evaluar en 2 bloques el ala izquierda del pabellón.



FIGURA 07: Junta Sísmica presente en la edificación.

- Distribución del ala izquierda del pabellón “U”

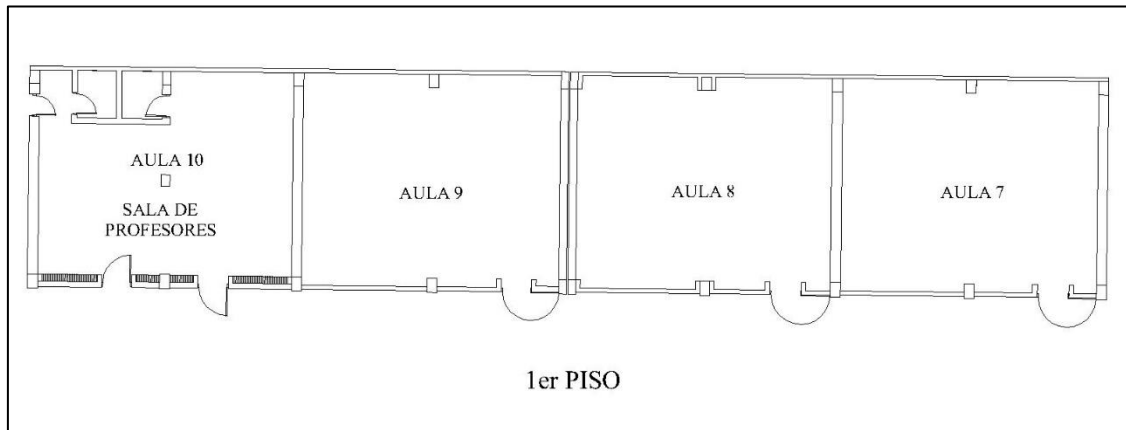


FIGURA 08: Primer piso del ala izquierda del pabellón “U”

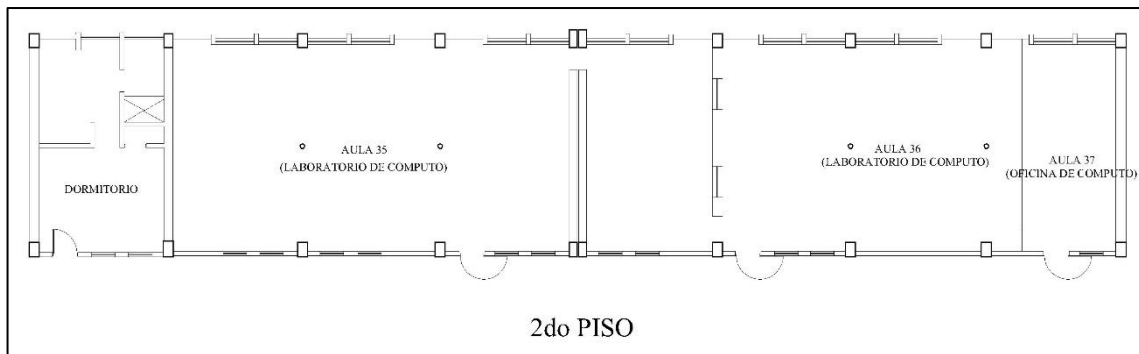


FIGURA 09: Segundo piso del ala izquierda del pabellón “U”

4.1 Calificación de Parámetros

4.1.1 Organización del sistema resistente

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente.
- B. Edificio que presenta en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.

- C. Edificio que por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

➤ **Bloque “A”**



FIGURA 10: Bloque “A” que contiene las aulas 7, 8, 37 y 36.

Por motivos de confidencialidad, la institución educativa no permite divulgar documentos internos, como serían los planos de construcción. Pero a través de la observación de las estructuras, así como la información verbal obtenida del director del colegio sobre el expediente técnico presente en la municipalidad de Trujillo, damos fe de que la estructura fue construida con las recomendaciones de la norma sismorresistente de su tiempo. Por esa razón la calificación a considerar es “A”.

➤ **Bloque “B”**



Por motivos de confidencialidad, la institución educativa no permite divulgar documentos internos, como serían los planos de construcción. Pero a través de la observación de las estructuras, así como la información verbal obtenida del director del colegio sobre el expediente técnico presente en la municipalidad de Trujillo, damos fe de que la estructura fue construida con las recomendaciones de la norma sismorresistente de su tiempo. Por esa razón la calificación a considerar es “A”.

RESULTADOS:

TABLA 05: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
“A”	A
“B”	A

4.1.2 Calidad del sistema resistente

Consideramos las siguientes clases:

- A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:
 1. Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
 2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
 3. Mortero de buena calidad con espesor de junta entre 1 a 1.5 cm.
- B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.
- C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.
- D. El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

➤ **Bloque “A”**



FIGURA 12: Interior del aula 7 del bloque “A”, presenta mampostería uniforme y en un buen estado.

Los elementos de la mampostería no son visibles, pero podemos deducir luego de una observación minuciosa que todos los elementos presentes en la construcción están en perfectas condiciones y que bajo

testimonio del director no se ha presentado problemas de reparación en ellos. Por esta razón asumimos que todos los elementos de la mampostería fueron de buena calidad y el proceso de aplicación estuvo ceñido a la norma técnica.

➤ **Bloque “B”**



FIGURA 13: Interior del salón de profesores del bloque “B”, presenta mampostería uniforme y en un buen estado.

Los elementos de la mampostería no son visibles, pero podemos deducir luego de una observación minuciosa que todos los elementos presentes en la construcción están en perfectas condiciones y que bajo testimonio del director no se ha presentado problemas de reparación en ellos. Por esta razón asumimos que todos los elementos de la mampostería fueron de buena calidad y el proceso de aplicación estuvo ceñido a la norma técnica.

RESULTADOS:

TABLA 06: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
“A”	A
“B”	A

4.1.3 Resistencia convencional

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio con $\alpha \geq 1$
- B. Edificio con $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Edificio con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Edificio con $\alpha \leq 0.4$

➤ **Bloque “A”**

Cálculo de C:

$$\begin{aligned}
 N &= 2 \\
 \tau_k &= 18 \text{ ton/m}^2 \\
 A_t &= 144.90 \text{ m}^2 \\
 H &= 3.40 \text{ m} \\
 P_m &= 1.80 \text{ ton/m}^3 \\
 P_s &= 0.38 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

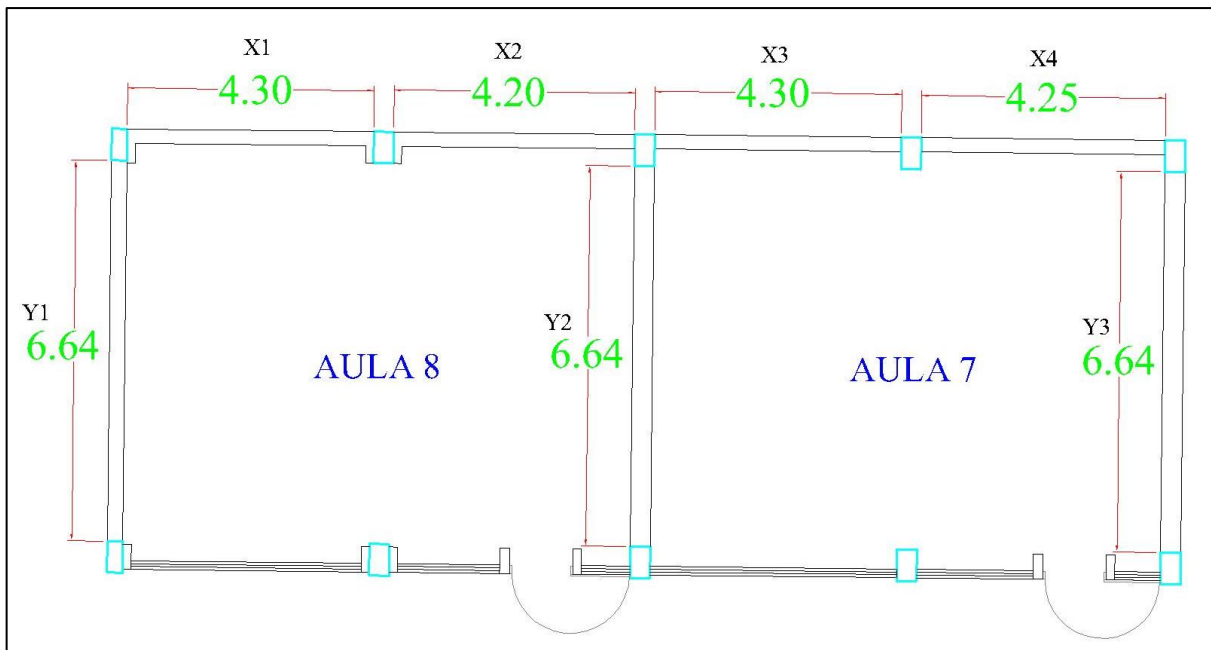


FIGURA 14: Bloque A

TABLA 07: Muros del Bloque “A”

Muro	L	t	Lt	Muro	L	t	Lt
X1	4.30	0.25	1.08	Y1	6.64	0.27	1.79

X2	4.20	0.25	1.05	Y2	6.64	0.35	2.32
X3	4.30	0.25	1.08	Y3	6.64	0.35	2.32
X4	4.25	0.25	1.06				
Ax = 4.27				Ay = 6.43			

$$A = 4.27$$

$$B = 6.43$$

$$a_0 = 0.03$$

$$\gamma = 1.51$$

$$q = 0.83$$

$$C = 0.44$$

$$C' = 0.45$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

$$\alpha = 0.98$$

Al hallar el valor de α este le corresponde una calificación "B"

➤ **Bloque "B"**

Cálculo de C:

$$N = 2$$

$$\tau_k = 18 \text{ ton/m}^2$$

$$At = 145.16 \text{ m}^2$$

$$H = 3.40 \text{ m}$$

$$Pm = 1.80 \text{ ton/m}^3$$

$$Ps = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

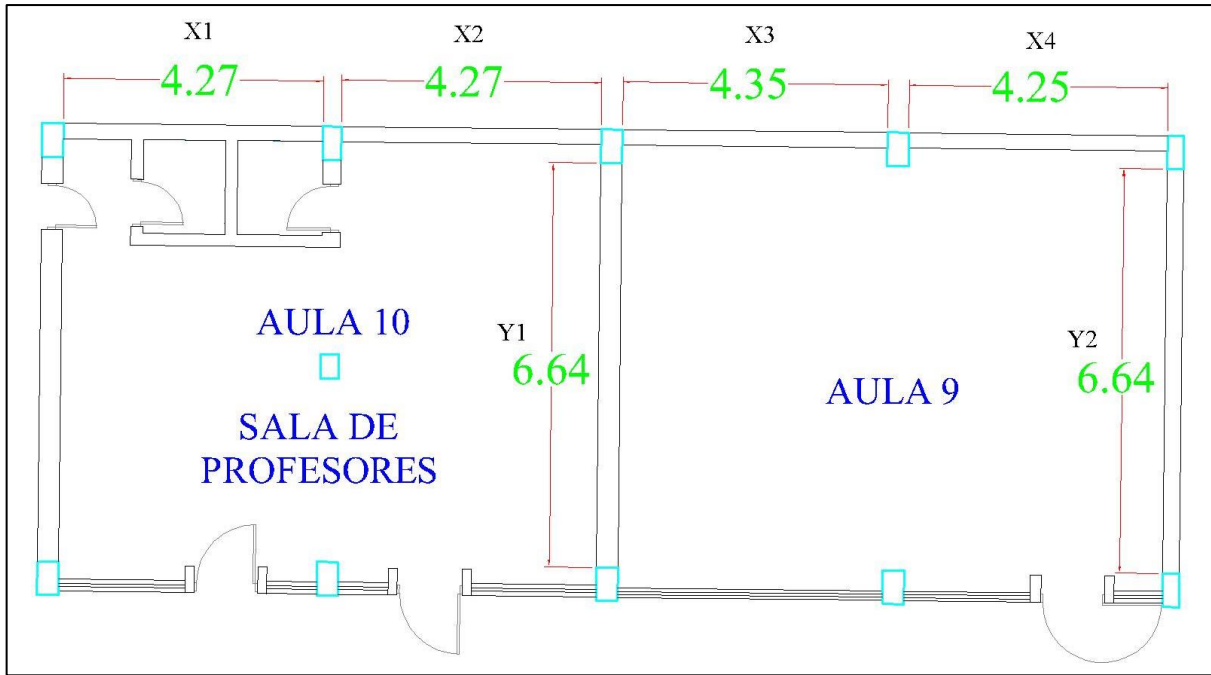


TABLA 08: Muros del Bloque "B"

Muro	L	t	Lt	Muro	L	t	Lt
X1	4.27	0.25	1.07	Y1	6.64	0.35	2.32
X2	4.27	0.25	1.07	Y2	6.64	0.27	1.79
X3	4.35	0.25	1.09				
X4	4.25	0.25	1.06				
Ax = 4.29				Ay = 4.11			

$$\begin{aligned}
 A &= 4.11 \\
 B &= 4.29 \\
 a_0 &= 0.03 \\
 \gamma &= 1.04 \\
 q &= 0.73 \\
 C &= 0.51 \\
 C' &= 0.45
 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

$$\alpha = 1.13$$

Al hallar el valor de α este le corresponde una calificación "A"

RESULTADOS:

TABLA 09: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	B
"B"	A

4.1.4 Posición del edificio y la cimentación

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%

➤ **Bloque "A" y "B"**

Según la memoria técnica del colegio y la verificación por parte de un nivel puesto en terreno, las edificaciones están cimentadas sobre terreno estable con pendiente 0. Por esta razón recibe la clase A.

RESULTADOS:

TABLA 10: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	A
"B"	A

4.1.5 Diafragmas horizontales

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 - 1. Ausencia de planos a desnivel
 - 2. La deformidad del diafragma es despreciable
 - 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con dos de las condiciones pasadas.
- D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.



FIGURA 16: Conexión eficaz entre el diafragma y los muros dentro de los salones.



FIGURA 17: No existen planos a desnivel y la deformidad en la losa es imperceptible, por lo tanto, se puede despreciar.

Durante la toma de muestras se observó el estado del diafragma, llegando a la conclusión que se encontraba en perfectas condiciones aún después de 62 años, es por tal razón que se le asignó la clase A.

RESULTADOS:

TABLA 11: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	A
"B"	A

4.1.6 Configuración en planta

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

➤ Bloque "A"

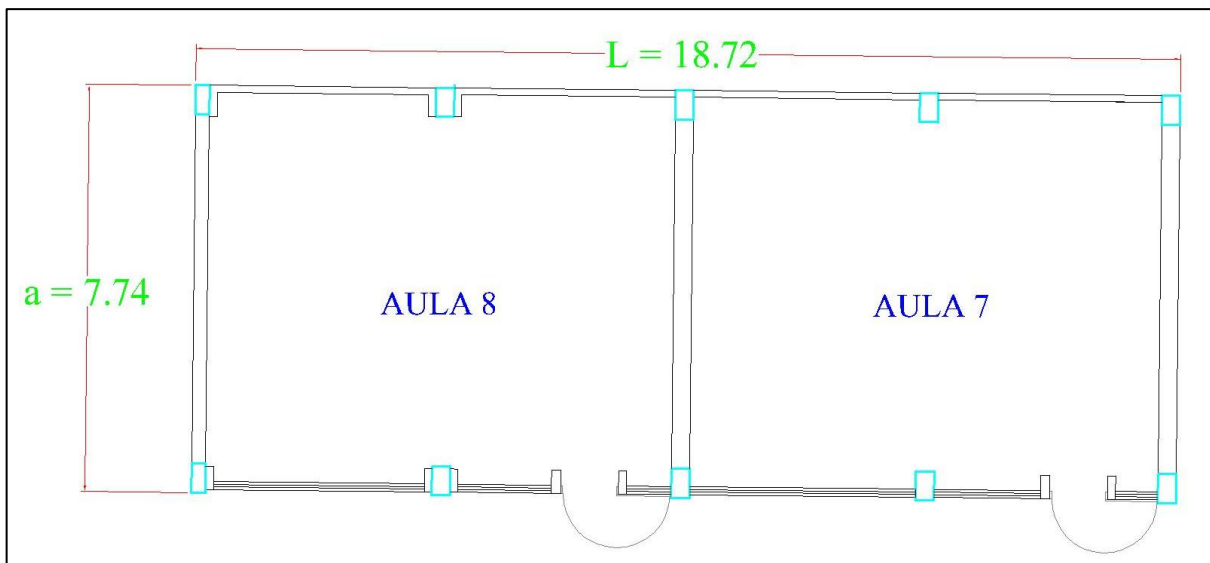


FIGURA 18: Bloque "A"

El bloque "A" es una estructura rectangular, con una relación entre sus lado mayor y menor de: $\beta_1 = 7.74/18.72$, obteniendo un valor de 0.41 y por tanto una clase C.

➤ Bloque "B"

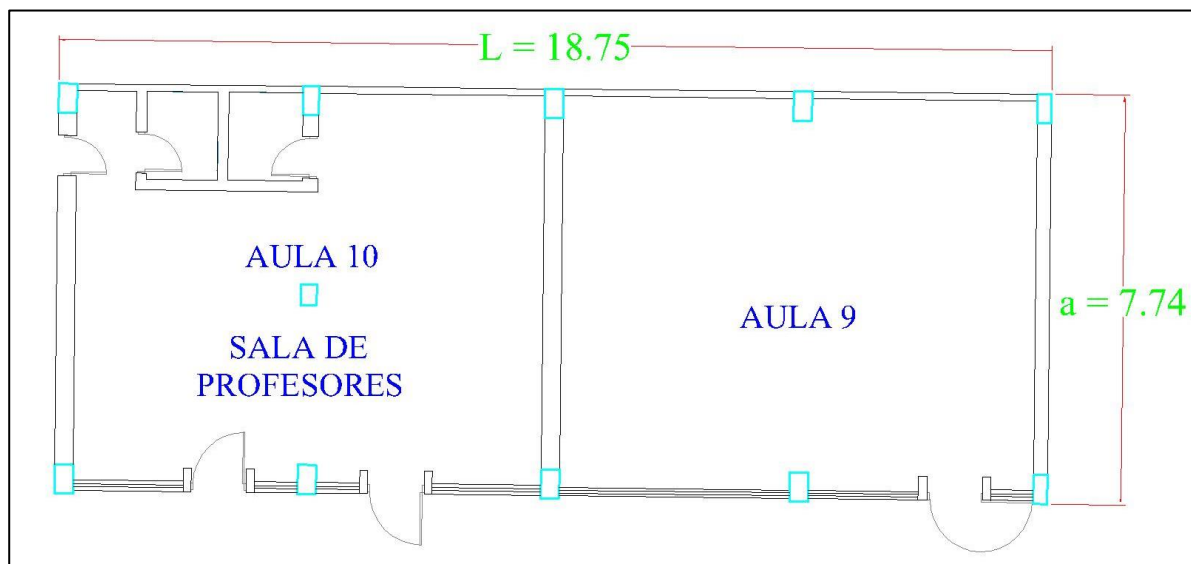


FIGURA 19: Bloque "B"

El bloque "B" es una estructura rectangular, con una relación entre sus lado mayor y menor de: $\beta_1 = 7.74/18.75$, obteniendo un valor de 0.41 y por tanto una clase C.

RESULTADOS:

TABLA 12: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	C
"B"	C

4.1.7 Configuración en elevación

Consideramos las siguientes clases:

- A. Si $0.75 < T/H$
- B. Si $0.50 < T/H \leq 0.75$
- C. Si $0.25 < T/H \leq 0.50$
- D. Si $T/H \leq 0.25$

➤ Bloque "A"



FIGURA 20: Altura regular en cada uno de los muros del Bloque "A".

No hay torretas en la construcción y las alturas de los muros son regulares, por tal razón la relación entre T/H es 1, y otorgándole la clase A.

➤ Bloque “B”



FIGURA 21: Altura regular en cada uno de los muros del Bloque “B”.

No hay torretas en la construcción y las alturas de los muros son regulares, por tal razón la relación entre T/H es 1, y otorgándole la clase A.

RESULTADOS:

TABLA 13: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
“A”	A
“B”	A

4.1.8 Separación máxima entre muros

Consideramos las siguientes clases:

A. Si $L/S \leq 15$

B. Si $15 < L/S \leq 18$

C. Si $18 < L/S \leq 25$

D. Si $25 < L/S$

En la expresión L/S, se define como L al espaciamiento máximo, mientras que S es el espesor de muro maestro.

TABLA 14: Resultados de L/S

BLOQUE	L	S	L/S
"A"	6.64	0.35	18.97
"B"	6.64	0.35	18.97

En ambos resultados, la clase es C.

RESULTADOS:

TABLA 15: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	C
"B"	C

4.1.9 Tipo de cubierta

Consideramos las siguientes clases:

- A. El edificio presenta las siguientes características:
 - 1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillos o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido.
 - 2. Provisto de arriostramiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande.
 - 3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.
- B. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.
- C. Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A.
- D. Edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase.



FIGURA 22: Presencia de diafragma rígido en los objetos de análisis (1er piso).



FIGURA 23: Presencia de diafragma rígido en los objetos de análisis (2do piso).

El objeto de estudio no presenta el uso de cubiertas, únicamente diafragmas rígidos, por motivos de calificación dentro del método consideraremos una clase A, siendo descrita por un uso correcto de amarre a los muros, así como conexiones adecuadas a este con el objetivo que se produzca un comportamiento de diafragma rígido, además de presentar distancias entre vigas prudentes.

RESULTADOS:

TABLA 16: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	A
"B"	A

4.1.10 Elementos no estructurales

Consideramos las siguientes clases:

- A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.
- B. Edificio sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
- C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto.



FIGURA 24: Elementos no estructurales muy bien conectados a la estructura.

Lo que aparenta ser cornisas son las extensiones de las vigas que atraviesan toda la estructura para formar el pasadizo del segundo piso, así como también la extensión del techo del segundo piso, por tal razón asumimos la no existencia de cornisas dentro del objeto de estudio.

RESULTADOS:

TABLA 17: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	A
"B"	A

4.1.11 Estado de conservación

Consideramos las siguientes clases:

- A. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de la mampostería.
- D. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.



FIGURA 25: Muros externos en buena condición sin lesiones visibles.



FIGURA 26: Muros internos en buena condición sin lesiones visibles.

RESULTADOS:

TABLA 18: Resumen de calificación de los bloques

BLOQUE	CALIFICACIÓN
"A"	A
"B"	A

4.2 Cálculo de Iv

TABLA 19: Índice de Vulnerabilidad del Bloque "A"

PARÁMETRO		K_iA	K_iB	K_iC	K_iD	W_i	KW_i
1	Organización del sistema resistente	0	-	-	-	1.0	0
2	Calidad del sistema resistente	0	-	-	-	0.25	0
3	Resistencia convencional	-	5	-	-	1.5	7.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	-	-	-	0.75	0
5	Diafragmas horizontales	0	-	-	-	1.0	0
6	Configuración en planta	-	-	25	-	0.5	12.5
7	Configuración en elevación	0	-	-	-	1.0	0
8	Separación máxima entre muros	-	-	25	-	0.25	6.25
9	Tipo de cubierta	0	-	-	-	1.0	0
10	Elementos no estructurales	0	-	-	-	0.25	0
11	Estado de conservación	0	-	-	-	1.0	0
Índice de Vulnerabilidad							26.25

TABLA 20: Índice de Vulnerabilidad del Bloque “B”

PARÁMETRO		K_iA	K_iB	K_iC	K_iD	W_i	KW_i
1	Organización del sistema resistente	0	-	-	-	1.0	0
2	Calidad del sistema resistente	0	-	-	-	0.25	0
3	Resistencia convencional	0	-	-	-	1.5	0
4	Posición del edificio y cimentación	0	-	-	-	0.75	0
5	Diafragmas horizontales	0	-	-	-	1.0	0
6	Configuración en planta	-	-	25	-	0.5	12.5
7	Configuración en elevación	0	-	-	-	1.0	0
8	Separación máxima entre muros	-	-	25	-	0.25	6.25
9	Tipo de cubierta	0	-	-	-	1.0	0
10	Elementos no estructurales	0	-	-	-	0.25	0
11	Estado de conservación	0	-	-	-	1.0	0
Índice de Vulnerabilidad							18.75

4.3 Vulnerabilidad

TABLA 21: Rango del Índice de Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD		VALORES	
A	BAJA	0	95.63
B	MEDIA BAJA	95.63	191.3
C	MEDIA ALTA	191.3	286.3
D	ALTA	286.3	382.5

TABLA 22: Resumen del Índice de Vulnerabilidad de los Bloques

BLOQUE	I_v	VULNERABILIDAD
A	26.25	BAJA
B	18.75	BAJA

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de los resultados que presenta la siguiente investigación la iniciamos a partir del planteamiento de su hipótesis general y de las hipótesis específicas.

La hipótesis para esta investigación expresa lo siguiente: el ala izquierda del pabellón “U”, evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

Esto se infirió luego de haber revisado investigaciones desarrolladas en colegios nacionales de Trujillo, como por ejemplo: la investigación realizada por Aguilar (2018) en la I.E Liceo Trujillo, arroja que el 75 % de los pabellones más antiguos presentan una vulnerabilidad media alta, mientras que el 25%, que representa a los pabellones “nuevos”, presentan una vulnerabilidad media baja.

Por otro lado, Abanto y Cardenas (2015) examinaron los colegios Antonio Raimondi y Marcial Acharán, instituciones educativas emblemáticas del centro de Trujillo. Sus resultados arrojan que las estructuras de la I.E. Antonio Raimondi presentan una vulnerabilidad media baja, similar resultado muestran los pabellones de la I.E. Marcial Acharán.

En estas investigaciones se describió, que el tiempo de antigüedad de su construcción oscila entre 30 a 60 años, considerado como un factor que aumenta el nivel de vulnerabilidad sísmica de sus pabellones.

Para el análisis del ala izquierda del pabellón “U” se dividió en dos bloques: “A” y “B”, debido a la junta sísmica presente en la estructura, como se aprecia en la siguiente imagen.



FIGURA 27: Bloques “A”, “B” y junta sísmica del ala izquierda del pabellón “U”.

Luego de evaluar los 11 parámetros del método de Benedetti-Petrini para el bloque “A”, se obtuvo un Índice de Vulnerabilidad de 26.25, como se observa en la tabla 19, el cual es clasificado por la tabla 21 como una vulnerabilidad baja, este hecho confirma la primera hipótesis específica:

h1: el bloque "A" del ala izquierda del pabellón "U", evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

De igual modo para el bloque "B" luego de ser evaluado en los 11 parámetros del método de Benedetti-Petrini, el resultado obtenido es de 18.75 en su Índice de Vulnerabilidad, como se observa en la tabla 20, siendo clasificado según la tabla 21 como una vulnerabilidad baja, afirmando nuestra segunda hipótesis específica:

h2: el bloque "B" del ala izquierda del pabellón "U", evaluado mediante el método de Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja con índice de vulnerabilidad entre 0 y 95.63.

La tabla 22 describe los resultados obtenidos para los bloques "A" y "B", siendo estos clasificados con una vulnerabilidad baja. Si la construcción de dichos pabellones tiene más de 60 años de antigüedad, ¿a qué se debe que el nivel de vulnerabilidad no haya variado, como si se presenta en algunas otras instituciones estatales? Las investigaciones de Aguilar (2018) y Abanto (2015), que evaluaron el nivel de vulnerabilidad sísmica de los colegios Antonio Raimondi y Marcial Acharan, concluyeron que el deterioro en sus estructuras debido al tiempo transcurrido afecta el nivel de vulnerabilidad sísmica: los bloques con mayor antigüedad en construcción tienen una vulnerabilidad media alta y los bloques con menor antigüedad, tienen una vulnerabilidad media baja.

Consideramos que si bien el tiempo puede ser un factor que afecta la vulnerabilidad, pero hay otros elementos como el grado de mantenimiento que se le da a las estructuras, no escatimar en emplear los mejores materiales al momento de su construcción, el ceñirse a las normas de construcción, entre otras, pueden influir para que una estructura se mantenga intacta en el tiempo, siempre que no haya sido sometido a un sismo de nivel alto.

Al evaluar las estructuras de estudio, pudimos observar que están bien mantenidas esto tiene que ver con el factor monetario; generándose una relación inversa: a mayor presupuesto para obra que se tenga menor vulnerabilidad puede tener la edificación; asimismo el planteamiento y desarrollo de proyecto fue llevado a cabo por profesionales calificados, para luego ser aprobado por la municipalidad de Trujillo y posteriormente ejecutado bajo condiciones de supervisión estricta, sin mencionar que los materiales de construcción empleados fueron de buena calidad; estas afirmaciones nos fueron brindadas por el director del colegio a modo de entrevista sobre la historia de la construcción del pabellón "U".

Llanos (2003) confirma que los factores que influyen al aumento de la vulnerabilidad sísmica en una edificación son: el comportamiento de los suelos

con la estructura, el estado de deterioro de la estructura producido en gran medida por el tiempo y el tipo de cubierta.

Para Quiroz (2015) y Bazán (2007) la autoconstrucción es otro factor de influencia al aumento de la vulnerabilidad sísmica en una edificación, afirmando así que la presencia de personal calificado como ingenieros y arquitectos es de suma importancia al construir.

Por otro lado los once parámetros, Benedetti-Petrini, empleados en el análisis de vulnerabilidad sísmica del ala izquierda del pabellón U, no son suficientes para llegar a conclusiones contundentes, como lo afirma Quiroga (2013): la amplitud de usos del método de Benedetti-Petrini para evaluar grandes ciudades, así como edificios y su eficiencia al determinar irregularidades estructurales, lo convierte en una herramienta que necesita ajustes para hacer de esos criterios de evaluación mucho más precisos.

Es por esta razón que recurrimos a modelar estructuralmente el ala izquierda del pabellón “U” a través del programa de diseño estructural ETABS, con el fin de corroborar los resultados obtenidos por el método de Bendetti-Petrini, como a continuación se describe:

5.1 Evaluación sísmica de los bloques “A y B” del pabellón “U” de la I.E. Claretiano, haciendo uso del programa ETABS

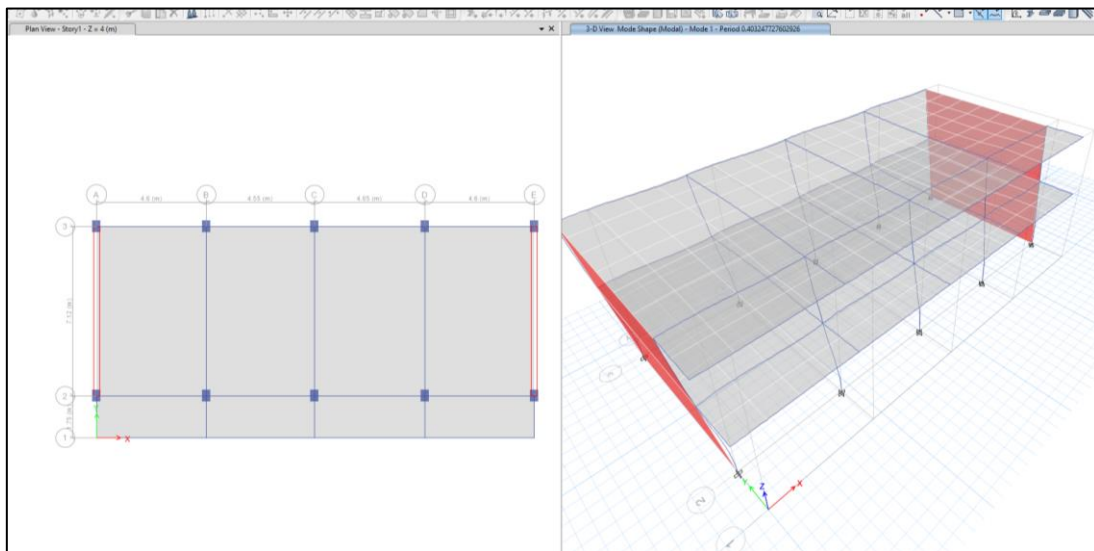


FIGURA 28: Modelamiento de los bloques “A y B” en ETABS.

5.1.1 Densidad Mínima de muros bloque A:

Número de Pisos, $N =$	2	
Factor de Zona, $Z =$	0.45	Zona 4 -Trujillo
Factor de Uso, $U =$	1.50	Institución Educativa
Factor de Suelo, $S =$	1.05	S2
Área típica del piso, $A_p =$	144.90	m ²

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.4175$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.0253$$

- Dirección X

Dirección X			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²
X1	4.30	0.25	1.0750
X2	4.20	0.25	1.0500
X3	4.30	0.25	1.0750
X4	4.25	0.25	1.0625

$$\sum L \times t = 4.2625$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0294$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

$$0.0294 \geq 0.0253$$

CUMPLE

- Dirección Y

Dirección Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²
Y1	6.64	0.27	1.7928
Y2	6.64	0.35	2.3240
Y3	6.64	0.35	2.3240

$$\sum L \times t = 6.4408$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0444$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

$$0.0444 \geq 0.0253$$

CUMPLE

5.1.2 Densidad Mínima de muros bloque B:

Número de Pisos, N =	2	
Factor de Zona, Z =	0.45	Zona 4 -Trujillo
Factor de Uso, U =	1.50	Institución Educativa
Factor de Suelo, S =	1.05	S2
Área típica del piso, Ap =	144.90	m ²

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.4175$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.0253$$

- Dirección X

Dirección X			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²
X1	4.27	0.25	1.068
X2	4.27	0.25	1.068
X3	4.35	0.25	1.088
X4	4.25	0.25	1.063

$$\sum L \times t = 4.285$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} =$$

0.0295

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

$$0.0295 \geq 0.0253$$

CUMPLE

- Dirección Y

Dirección Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²
Y1	6.64	0.35	2.3240
Y2	6.64	0.27	1.7928

$$\sum L \times t = 4.1168$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.02836$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

$$0.02836 \geq 0.0253$$

CUMPLE

5.1.3 Control de desplazamientos

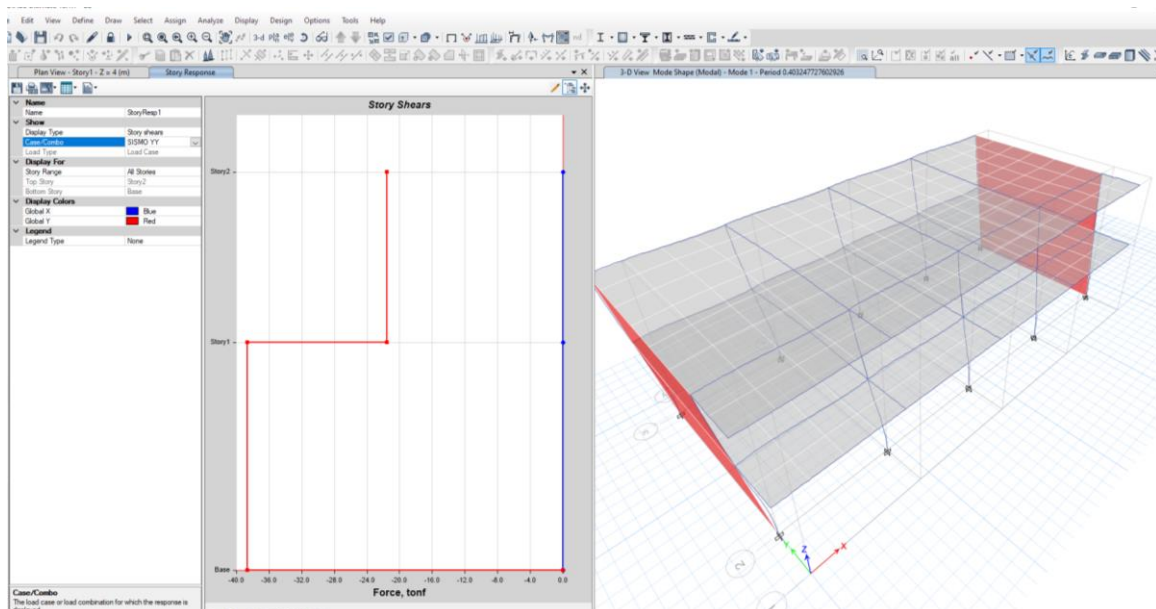
Dirección X (Sistema Aporticado)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift
Story2	DESPL-XX	Combinatio n	Max		X	0.93%
Story2	DESPL-XX	Combinatio n	Min		X	0.93%
Story1	DESPL-XX	Combinatio n	Max		X	0.96%
Story1	DESPL-XX	Combinatio n	Min		X	0.96%

Dirección Y (Sistema Albañilería)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift
Story2	DESPL-YY	Combinatio n	Max		Y	0.04%
Story2	DESPL-YY	Combinatio n	Min		Y	0.04%
Story1	DESPL-YY	Combinatio n	Max		Y	0.04%
Story1	DESPL-YY	Combinatio n	Min		Y	0.04%

5.1.4 Cortante en la base con R = 6



$$V_{by} = 38.62 \text{ ton}$$

5.1.5 Control de agrietamiento

El propósito de esta sección es evitar que los muros se fisuren ante el efecto de sismos moderados, para esto, todos los muros de albañilería deberán verificarse a través de la siguiente expresión:

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante producida por el sismo moderado.

V_m = Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

Para hallar la resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería con unidades de arcilla y de concreto se usará la siguiente expresión:

$$V_m = 0.5 v'_m \cdot \alpha t \cdot L + 0.23 P_g$$

Donde:

v'_m = Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g = Carga gravitacional de servicio.

t = Espesor efectivo del muro.

L = Longitud total del muro.

α = Factor de reducción de resistencia al corte por efecto de esbeltez, se calcula:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e}{M_e} \leq 1$$

Donde:

V_e = fuerza cortante del muro (análisis elástico).

M_e = momento flector del muro (análisis elástico).

DISEÑO DE MURO DE ALBAÑILERIA CONFINADA

Etiqueta del muro	X2		Unidades
Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto	$f'c$	0.175	Ton/cm ²
Resistencia característica a corte puro	$v'm$	81	ton/m ²
Resistencia a la compresión axial de la albañilería	$f'm$	65	kg/cm ²
Altura del muro	h	2.4	m
Espesor del muro	t	0.13	m
Carga de gravedad acumulada	Pg	24.67	ton
Cortante ante sismo moderado	Ve	17.99	ton
Momento ante sismo moderado	Me	50.9	ton.m
Longitud del muro	L	7.15	m
Longitud del paño mayor o 1/2L (elegir el mayor)	Lm	3.575	m
Número de confinamientos verticales en el muro	Nc	2	-

LEYENDA

:

*	Datos a rellenar conforme al proyecto
	Datos del ETABS

Factor de reducción de resistencia al corte	α	2.53	-
Factor de reducción de resistencia al corte corregido	α Corregido)	1.00	-
Resistencia al corte del muro	Vm	43.32	ton
Factor de amplificación para sismo severo	λ	2.41	ton
Momento flector ante sismo severo	$Mu = \lambda Me$	122.56	ton.m
Verificación de fuerza cortante admisible	$Ve \leq 0.55 Vm$	0.42	No agrietado

Verificación de esfuerzo axial máximo	$\sigma_{act} = 26.54$	93.83	Ok
---------------------------------------	------------------------	-------	----

Al modelar los bloques A y B del ala izquierda del pabellón “U”, usando el programa ETABS, se obtuvo resultados similares a lo procesado con el formulario de Benedetti y Petrini. Llegando en ambos a calificar a la estructura con una vulnerabilidad baja.

VI. CONCLUSIONES

Luego de discutir los resultados del presente estudio de investigación llegamos a las siguientes conclusiones, expresadas para los once parámetros con los cuales se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica en los bloques A y B:

- Para el parámetro de la organización resistente, en ambos bloques, se obtuvo una calificación A, que significa una baja vulnerabilidad.
- En el parámetro sobre la calidad del sistema resistente, en ambos bloques se obtuvo una calificación A, que significa una baja vulnerabilidad.
- La resistencia convencional del bloque “A” obtuvo una calificación B presentando una vulnerabilidad media baja. Mientras que para el bloque “B” se obtuvo una calificación A, que significa una vulnerabilidad baja.
- Para la posición y cimentación de ambos bloques se obtuvo una calificación A, que significa una baja vulnerabilidad.
- En ambos bloques se determinó que sus diafragmas horizontales están representados por una calificación A, que significa una baja vulnerabilidad.
- Al determinar la configuración en planta de ambos bloques se obtuvo una calificación C, la cual representa una vulnerabilidad media alta.
- La configuración en elevación de ambos bloques fue de A, que significa vulnerabilidad baja.
- Para la separación máxima de muros, en ambos bloques, se obtuvo una calificación C, siendo descrita como vulnerabilidad media alta.

- Los tipos de cubiertas en ambos bloques fueron representados por una calificación A, que significa baja vulnerabilidad.
- En el parámetro de elementos no estructurales, se obtuvo una calificación A para ambos bloques, representando una baja vulnerabilidad.
- El estado de conservación que presentaron ambos bloques se ven reflejados en la calificación A, que significa baja vulnerabilidad.
- A través del método de Benedetti y Petrini se obtuvo que los bloques “A” y “B” del pabellón “U” presentan una vulnerabilidad baja, siendo esta casi similar en su puntaje.
- Los resultados obtenidos a través del programa ETABS, fueron satisfactorios debido a la semejanza que tuvieron estos con los del método de Benedetti y Petrini, siendo en ambos casos, una vulnerabilidad baja.

VII. RECOMENDACIONES

Para mantener el buen estado de conservación que tiene el ala izquierda del pabellón “U” así como de sus demás ambientes, recomendamos lo siguiente:

- Debido a que la organización del sistema resistente hace referencia a sucesos y procedimientos ocurridos durante la edificación de la estructura, recomendamos que después de la acción de un evento sísmico se realice una inspección a profundidad sobre el estado estructural del pabellón “U”.
- Para mantener la calidad del sistema resistente, recomendamos que no se deje de realizar el mantenimiento periódico de todos los ambientes en el pabellón “U”, inspeccionar y refaccionar cualquier tipo de falla en los muros.
- Siendo representada por la fiabilidad de la estructura a su resistencia frente a cargas horizontales, la resistencia convencional engloba elementos estructurales de suma importancia dentro de la edificación, por tal razón recomendamos que periódicamente se evalúe su estado de conservación y sobre todo después de cualquier evento sísmico.
- Para la posición del edificio y cimentación, debido a las características constantes que representa su evaluación, recomendamos tener en

cuenta los asentamientos que pueda producir un sismo en la estructura, y verificar si no existe modificación en la composición del terreno.

- Se recomienda un mantenimiento constante de los elementos de diafragma horizontales en cada ambiente del pabellón “U”, teniendo mayor énfasis en alguna posible deformidad que pueda llegar a perjudicar el comportamiento normal del elemento estructural, debido a sobrecargas, acciones sísmicas, entre otras.
- Debido a que la configuración en planta hace referencia al mismo concebimiento de la distribución arquitectónica del pabellón “U”, solo podemos recomendar redistribuir las dimensiones de cada ambiente en caso de la destrucción o inhabilitación de este producido por cualquier evento externo.
- La existencia de muros regulares dentro del pabellón “U” descritos en la configuración en elevación, solo nos permite recomendar mantener ese tipo de construcción para futuros proyectos dentro de la Institución Educativa.
- La misma situación se presenta en la separación máxima entre muros, donde la acción la llevan elementos que no pueden ser retirados a menos que estos se vuelvan obsoletos o destruidos, por tanto, recomendamos tener en cuenta este acápite en la distribución de ambientes para futuros proyectos.
- La inexistencia de elementos descritos para el tipo de cubierta y elementos no estructurales nos permite recomendar la continuación de esta relación para remodelaciones o expansiones posteriores.
- Recomendamos mantener las acciones constantes que permitieron el elevado estado de conservación del pabellón “U” a pesar del tiempo transcurrido en este.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Valdivia, S., & Cardenas Cruz, D. (2015). *DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI – PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2056>
- Aguiar, R. [et al.]. *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 1994. ISBN 84-87867-43-X.
- Aguilar Marín, G., & Mudarra Abanto, C. (2018). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO*. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/14814>
- Barbat, A. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios, calidad siderúrgica*. Madrid.
- Bazán Arbildo, J. (2007). *VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7630>
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). *SULLA VULNERABILITÀ SÍSMICA DI EDIFICI IN MURATURA: PROPOSTE DI UN MÉTODO DI VALUTAZIONE*. L'industria delle Costruzioni.
- Braga, F., Dolce, M., Fabrizi, C., & Liberatore, D. (1986). *EVALUATION OF CONVENTIONALLY DEFINED VULNERABILITY OF BUILDINGS BASED ON SURVEYED DAMAGE DATA*. Lisbon: Proceeding of the Eighth European Conference on Earthquake Engineering.
- Caicedo Caicedo, C., Barbat Barbat, H., Canas Torres, J., & Aguiar Falconí, R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Calle Nizama, C. (2017). *VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. N° 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"*. Chiclayo.
- Corsanego, A., & Petrini, V. (1990). *Seismic vulnerability of buildings-work in progress*. Trieste: Proceedings of the Workshop II on Seismic Risk Vulnerability and Risk Assessment.

- IGP - Archivo de noticias institucionales. (09 de Octubre de 2018). *¿Qué es el silencio sísmico? por el Dr. Hernando Tavera*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/74197-que-es-el-silencio-sismico-por-el-dr-hernando-tavera>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Impacto socioeconómico y ambiental del sismo del 15 de Agosto del 2007*. Lima: INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2021). *Movimiento sísmico de magnitud 8.0 Lagunas - Loreto*. Lima: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional.
- Laucata Luna, J. (2013). *ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO*. Lima.
- Llanos López, L., & Vidal Gómez, L. (2003). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA*. Santiago de Cali.
- Marín Marín, F. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS PABELLONES 1 Y 2 DE LA I.E. ESTATAL RAMÓN CASTILLA Y MARQUESADO DEL DISTRITO DE JAÉN - CAJAMARCA*. Cajamarca.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *E.070 Albañilería*. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (29 de Julio de 2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Quiroga Medina, A. (2013). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DEL CENTRO DE BOGOTÁ UTILIZANDO EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD*. Bogotá.
- Quiroz Peche, L., & Vidal Abelino, L. (2015). *EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES CONFORMADAS POR SISTEMAS APORTICADOS Y DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL SECTOR DE LA ESPERANZA PARTE BAJA - TRUJILLO. 2014*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/1146>
- Redacción Gestión. (17 de Marzo de 2017). *¿Cuántas viviendas son producto de la autoconstrucción y qué riesgos enfrentan?* Obtenido de <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/viviendas-son-producto-autoconstruccion-riesgos-enfrentan-131042-noticia/>
- Redacción Gestión. (26 de Setiembre de 2017). *Capeco: Autoconstruir una vivienda resulta hasta 40% más caro*. Obtenido de <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/capeco-autoconstruir-vivienda-resulta-40-caro-144287-noticia/>

Redacción Gestión. (30 de Octubre de 2020). *IGP sobre prolongado silencio sísmico en Lima: "Se está acumulando mucha energía"*. Obtenido de <https://gestion.pe/peru/igp-sobre-silencio-sismico-en-lima-se-esta-acumulando-mucha-energia-en-cualquier-momento-podria-originarse-un-sismo-muy-fuerte-nndc-noticia/?ref=ges>

Reque Córdova, K., & Ríos Vara, J. (2003). *APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA LA DIAGNOSIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES DEL DISTRITO DE ATE- VITARTE*. Iquitos: Instituto de la Construcción y Gerencia.

Safina Melone, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Sandi, H. (1986). *Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems*. Lisboa: Proceeding of the Eight European Conference on Earthquake Engineering.

Tavera, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los simos y efectos secundarios en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). *Mapa de Peligro Sísmico para el Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú - Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida.

IX. ANEXOS

FORMULARIO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Institución: _____

Aula: _____

1. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE: _____

2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE: _____

3. RESISTENCIA CONVENCIONAL: (DESARROLLO EN GABINETE)

Número de pisos: _____

Altura media de entrepiso: _____

4. POSICIÓN DEL EDIFICIO Y LA CIMENTACIÓN: _____

5. DIAFRAGMAS HORIZONTALES: _____

6. CONFIGURACIÓN EN PLANTA: _____

L = lado mayor

a = lado menor

b = protuberancia

$\beta_1 = a/L$

(Solo para estructuras rectangulares)

$\beta_2 = b/L$

(En caso de que la estructura presente protuberancias)

7. CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN: _____

8. SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS: (DESARROLLO EN GABINETE)

9. TIPO DE CUBIERTA: _____

10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES: _____

11. ESTADO DE CONSERVACIÓN: _____

ENSAYOS ESCLEROMÉTRICOS

PRIMER NIVEL

ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACION ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
INCLINACION: $\alpha =$ 0°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:
Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

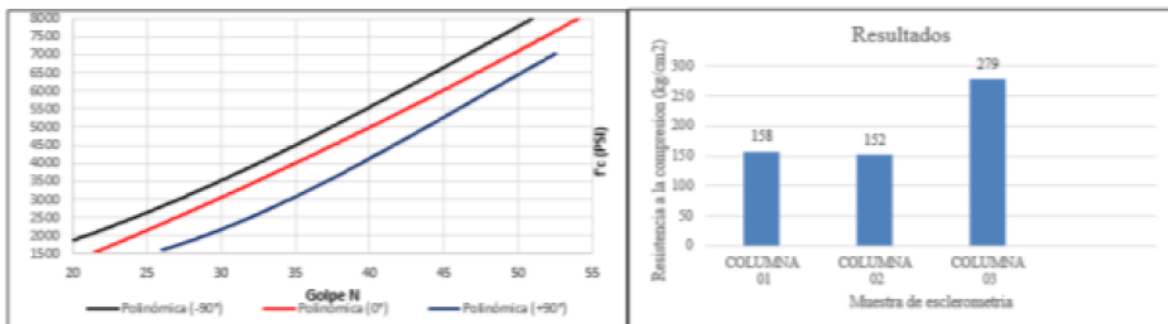
DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:
Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 01	COLUMNA 02	COLUMNA 03
1	24	25	38
2	26	27	35
3	26	25	38
4	30	26	32
5	24	25	34
6	26	25	35
7	24	25	36
8	22	25	40
9	30	24	30
10	24	24	30
Promedio Inicial	25.60	25.10	34.80
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	25.60	25.10	34.80
f_c (kg/cm²)	158	152	279

Temperatura aire: 20 °C
Edad del concreto: 228 días

Notas:
Las copias de este informe no son válidas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
ENCLINACION: $\alpha =$ 0°

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ENSAYADA:

Superficie: Acabado flotado. La zona se pulió con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

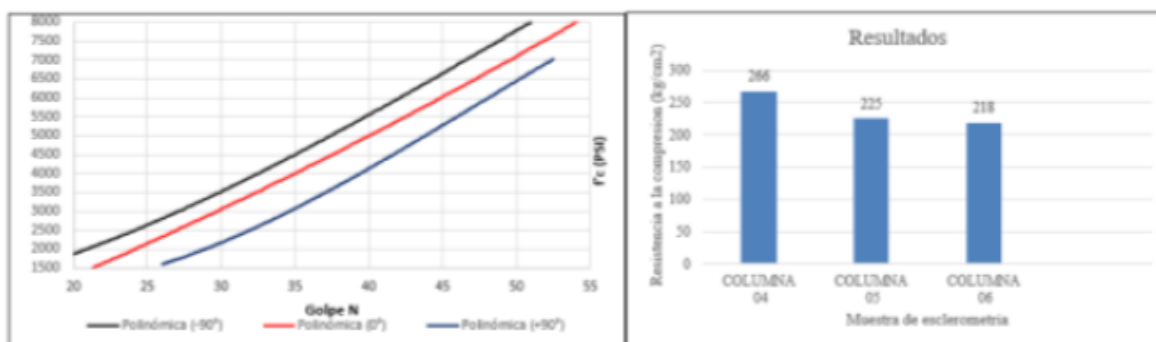
DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 04	COLUMNA 05	COLUMNA 06
1	35	30	32
2	30	28	28
3	34	32	28
4	34	30	28
5	38	34	30
6	42	32	35
7	40	32	30
8	38	28	32
9	38	30	32
10	40	32	28
Promedio Inicial	36.90	30.80	30.30
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	33.90	30.80	30.30
f_c (kg/cm²)	266	225	218

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: 228 días

Notas:

Las copias de este informe no son válidas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
ENCLINACION: $\alpha =$ 0°

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ENSAYADA:

Superficie: Acabado frotchado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

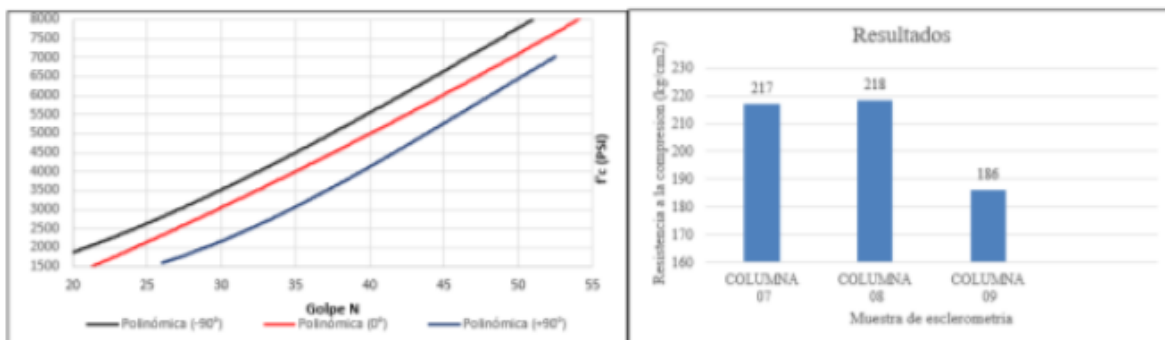
DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 07	COLUMNA 08	COLUMNA 09
1	32	25	29
2	34	34	28
3	28	28	28
4	30	32	24
5	28	32	31
6	32	34	33
7	30	28	32
8	28	30	31
9	28	28	34
10	32	32	32
Promedio Inicial	30.20	30.30	30.20
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	30.20	30.30	27.80
f_c (kg/cm²)	217	218	186

Temperatura aire: 29 °C
 Edad del concreto: ≥28 días

Notas:

Las copias de este informe no son validas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
 SOLICITA: VICTOR AREVALO
 URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
 MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
 INCLINACION: $\alpha =$ -90°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
 Proporción de la mezcla: No disponible.
 Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:

Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
 Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
 Exposición al ambiente: Exterior

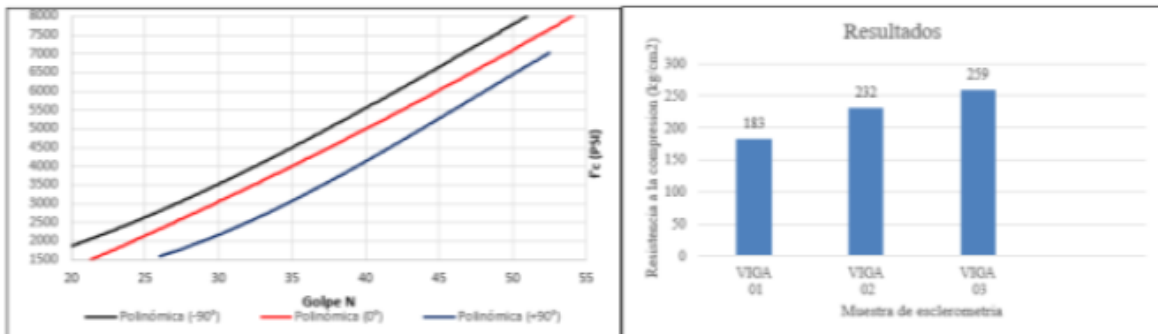
DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	VIGA 01	VIGA 02	VIGA 03
1	26	34	31
2	22	28	34
3	25	30	32
4	25	25	32
5	26	28	28
6	21	29	28
7	26	28	28
8	24	30	32
9	26	29	30
10	27	27	34
Promedio Inicial	24.80	28.80	30.90
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	24.80	28.80	30.90
f_c (kg/cm²)	183	232	259

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: 228 días

Notas:

Las copias de este informe no son validas sin la autorizacion de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETTANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
ENCLINACION: $\alpha =$ -90°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:

Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

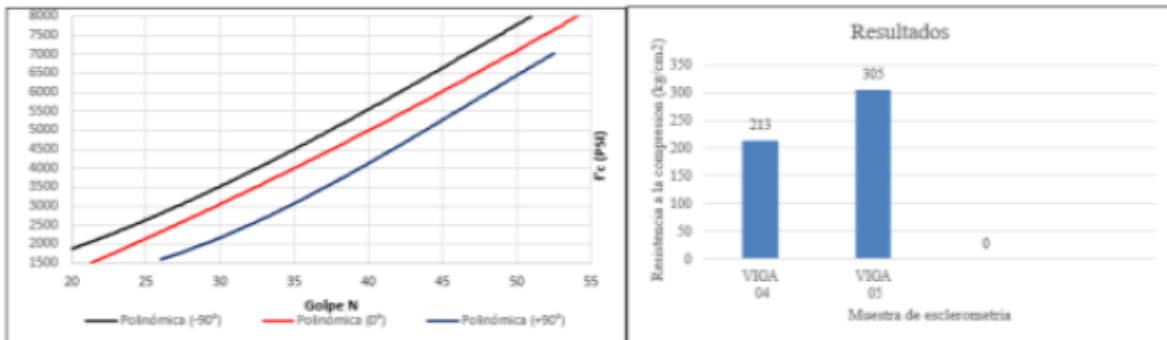
DATOS TOMADOS:

Nº	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	VIGA 04	VIGA 05	
1	26	35	
2	28	36	
3	27	33	
4	28	34	
5	26	30	
6	30	35	
7	27	34	
8	26	37	
9	27	34	
10	28	34	
Promedio Inicial	27.30	34.20	#,DIV/0!
Nº de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	27.30	34.20	#,DIV/0!
f_c (kg/cm²)	213	305	#,DIV/0!

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: ≥28 días

Notas:

Las copias de este informe no son válidas sin la autorización de este laboratorio.



SEGUNDO NIVEL

ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
 SOLICITA: VICTOR AREVALO
 URBANIZACION ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
 MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
 INCLINACION: $\alpha = 0^\circ$

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:
 Descripción General: Columnas de concreto armado
 Proporción de la mezcla: No disponible.
 Ubicación: Descrito en cada ensayo

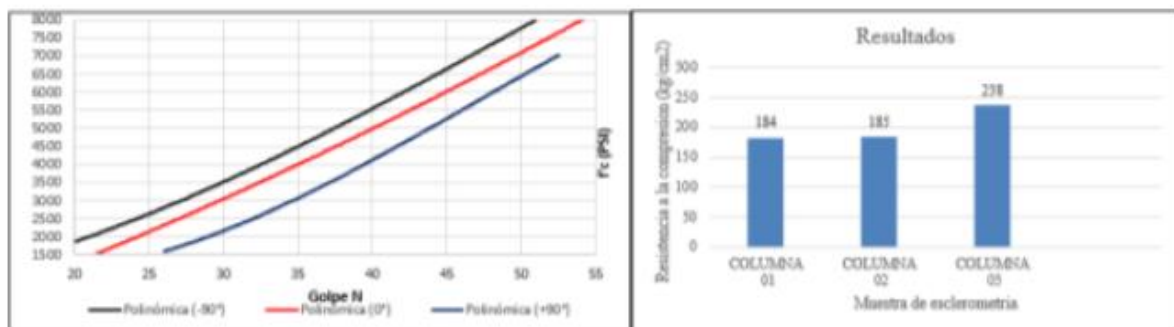
DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAVADA:
 Superficie: Acabado fratchado. La zona se pulió con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
 Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
 Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 01	COLUMNA 02	COLUMNA 03
1	30	27	32
2	30	30	34
3	28	28	28
4	30	26	34
5	32	32	32
6	26	28	34
7	24	28	34
8	27	26	30
9	30	24	28
10	24	30	32
Promedio Inicial	27.60	27.70	31.80
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	27.60	27.70	31.80
f_c (kg/cm²)	184	185	238

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: 28 días

Notas:
 Las copias de este informe no son validas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACION: ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
INCLINACION: $\alpha =$ 0°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:
Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

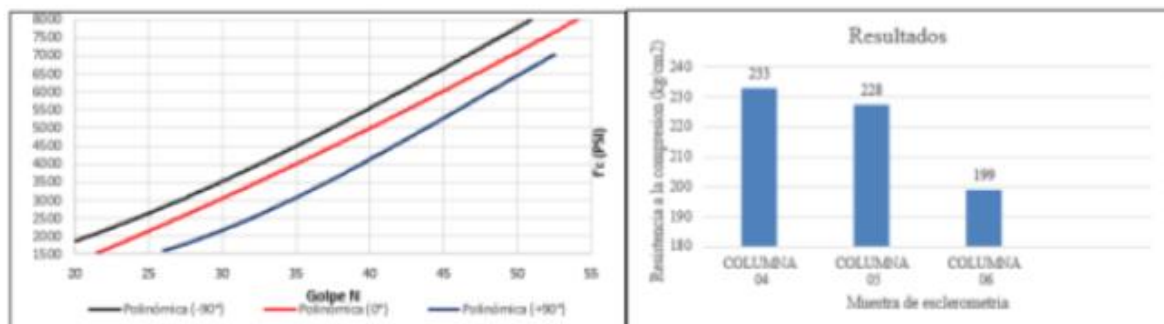
DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:
Superficie: Acabado frutachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 04	COLUMNA 05	COLUMNA 06
1	32	30	34
2	34	34	28
3	28	30	30
4	32	34	30
5	32	32	28
6	34	30	32
7	32	28	28
8	30	30	28
9	28	34	24
10	34	28	26
Promedio Inicial	31.40	31.00	28.80
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	31.40	31.00	28.80
f_c (kg/cm²)	233	228	199

Temperatura aire: 26 °C
 Edad del concreto: 238 días

Notas:
 Las copias de este informe no son validas sin la autorizacion de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
 SOLICITA: VICTOR AREVALO
 URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
 MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
 INCLINACION: $\alpha =$ 0°

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:
 Descripción General: Columnas de concreto armado
 Proporción de la mezcla: No disponible.
 Ubicación: Descrito en cada ensayo

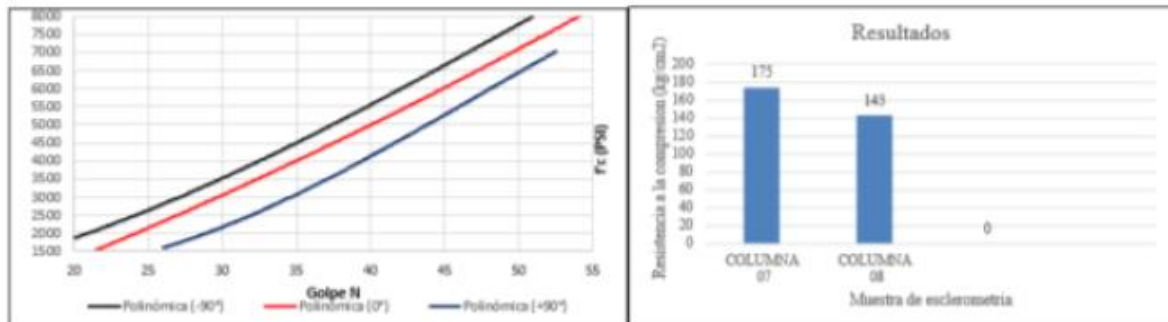
DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:
 Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
 Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
 Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	COLUMNA 07	COLUMNA 08	
1	24	24	
2	26	24	
3	30	26	
4	26	26	
5	28	28	
6	26	22	
7	24	22	
8	28	24	
9	28	24	
10	29	24	
Promedio Inicial	26.90	24.40	*,DIV/0!
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	26.90	24.40	*,DIV/0!
f_c (kg/cm²)	175	143	*,DIV/0!

Temperatura aire: 30 °C
 Edad del concreto: ≥28 días

Notas:
 Las copias de este informe no son validas sin la autorizacion de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO

(NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACION ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
INCLINACION: $\alpha =$ -90°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:
Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible
Ubicación: Descrito en cada ensayo

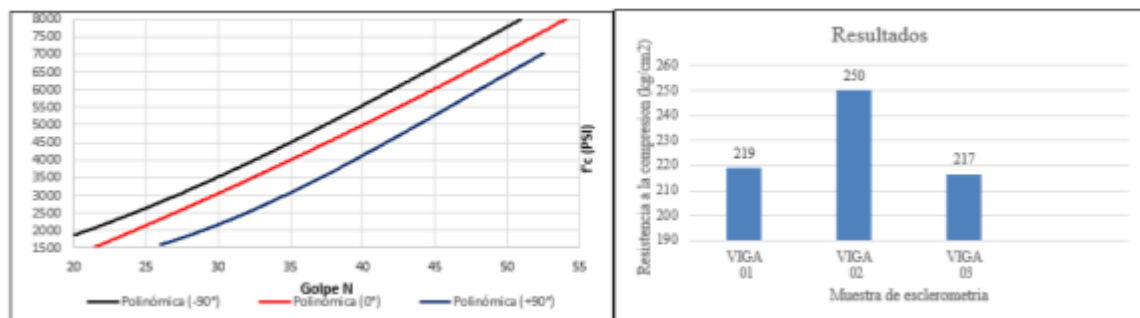
DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:
Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	VIGA 01	VIGA 02	VIGA 03
1	34	28	28
2	34	30	28
3	30	32	28
4	34	28	26
5	30	32	26
6	30	32	26
7	30	28	30
8	30	32	28
9	26	32	30
10	24	28	26
Promedio Inicial	30.20	30.20	27.60
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	27.80	30.20	27.60
f_c (kg/cm²)	219	250	217

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: 28 días

Notas:
 Las copias de este informe no son válidas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACIÓN ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
INCLINACION: $\alpha =$ -90°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:

Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

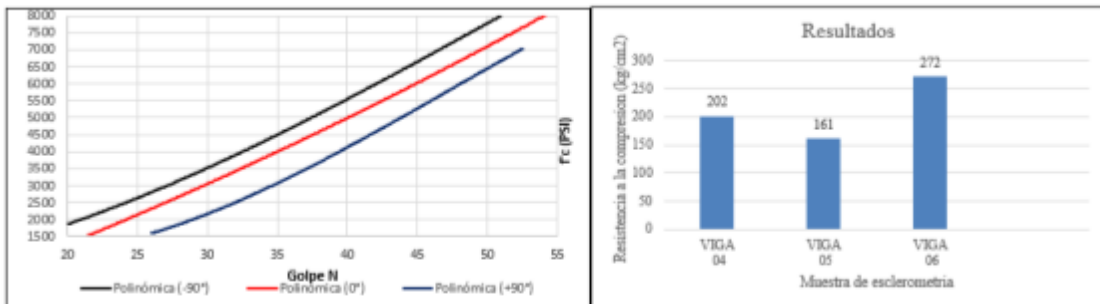
DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	VIGA 04	VIGA 05	VIGA 06
1	30	25	32
2	26	26	36
3	22	22	33
4	24	22	29
5	34	30	30
6	32	24	31
7	34	24	34
8	24	26	30
9	26	30	28
10	34	33	35
Promedio Inicial	28.60	26.20	31.80
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	26.40	22.90	31.80
f_c (kg/cm²)	202	161	272

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: ≥28 días

Notas:

Las copias de este informe no son validas sin la autorización de este laboratorio.



ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (NTP 339.181)

OBRA: COLEGIO CLARETIANO
SOLICITA: VICTOR AREVALO
URBANIZACIÓN: ARBOLEDA- PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 28 MARZO DEL 2021
MODELO DE ESCLEROMETRO: FORNEY - MC 2622
INCLINACION: $\alpha =$ -90°

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO EVALUADO:

Descripción General: Columnas de concreto armado
Proporción de la mezcla: No disponible.
Ubicación: Descrito en cada ensayo

DESCRIPCION DE LA ZONA ENSAYADA:

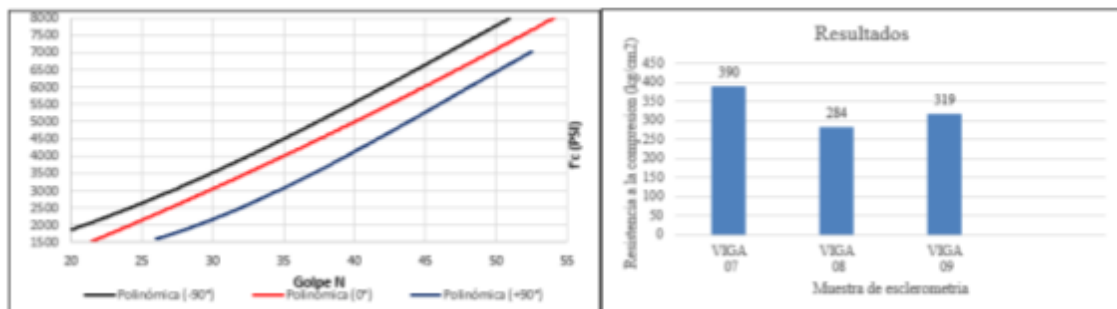
Superficie: Acabado frotachado. La zona se pule con una piedra abrasiva antes de la toma de las lecturas.
Altura sobre el terreno: A 1.50 m del nivel de piso terminado
Exposición al ambiente: Exterior

DATOS TOMADOS:

N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO		
	VIGA 07	VIGA 08	VIGA 09
1	36	36	33
2	36	30	36
3	42	34	33
4	40	38	37
5	41	34	37
6	42	35	38
7	40	31	35
8	38	30	34
9	43	29	33
10	42	30	36
Promedio Inicial	40.00	32.70	35.20
N° de Lecturas no tomadas	0	0	0
Promedio Parcial	40.00	32.70	35.20
f'c (kg/cm²)	390	284	319

Temperatura aire: 20 °C
 Edad del concreto: ≥28 días

Notas:
 Las copias de este informe no son validas sin la autorización de este laboratorio.



REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYO ESCLEROMÉTRICO

1er Piso



FIGURA 29: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "A" en el 1er piso.



FIGURA 30: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "A" en el 1er piso.



FIGURA 31: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "B" en el 1er piso.



FIGURA 32: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque "B" en el 1er piso.

2do Piso



FIGURA 33: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque "A" en el 2do piso.

FIGURA 34: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque "A" en el 2do piso.





FIGURA 35: Ensayo esclerométrico en columnas del bloque “B” en el 2do piso.

FIGURA 36: Ensayo esclerométrico en vigas del bloque “B” en el 2do piso.

