



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y  
Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las  
Mercedes, Juliaca, Puno**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Pacha Quispe, Darwin Clever (orcid.org/0000-0001-8508-1126)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CALLAO – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

A Dios, por brindarme sus bendiciones, y darme fuerzas para continuar con cada proyecto de mi vida.

A mis padres: José y Leonarda, por todo el esfuerzo y sacrificio que realizan, por brindarme su amor, su comprensión, su confianza y su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mis hermanos: Yoni, David, Ronal, Margot y Jamil por darme las fuerzas, apoyo y su constante aliento para luchar por cada objetivo, proyecto y meta de mi vida.

*Pacha Quispe, Darwin Clever*

## **Agradecimiento**

Ante todo, agradezco a Dios por darme salud, paz, amor y fuerzas para seguir avanzando en el proceso de formación personal y profesional.

A mis amados padres: José y Leonarda por su gran apoyo constante e incondicional. Además, a mis hermanos: Yoni, David, Ronal, Margot y Jamil. Por su constante aliento.

A mi asesor: Dr. Cancho Zúñiga Gerardo Enrique, por su tiempo, orientación y guía para cumplir esta meta profesional.

*Pacha Quispe, Darwin Clever*



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis Completa titulada: "Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno", cuyo autor es PACHA QUISPE DARWIN CLEVER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE <b>DNI:</b> 07239759 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 20-12-2023 11:27:03

Código documento Trilce: TRI - 0702422



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, PACHA QUISPE DARWIN CLEVER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PACHA QUISPE DARWIN CLEVER <b>DNI:</b> 71897806 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8508-1126	Firmado electrónicamente por: DAPACHAQU el 21-12- 2023 07:45:22

Código documento Trilce: INV - 1395726

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA .....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	IV
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- MARCO TEÓRICO .....	6
III.- METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación: .....	25
3.2. Variables y operacionalización: .....	26
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	29
3.5. Procedimiento: .....	29
3.6. Método de análisis de datos:.....	47
3.7. Aspectos éticos:.....	47
IV.- RESULTADOS.....	49
V.- DISCUSIÓN .....	60
VI.- CONCLUSIONES.....	64
VII.- RECOMENDACIONES .....	66
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Límites para la distorsión de entrepiso .....	24
Tabla 2. Resultado del predimensionamiento de losa aligerada.....	36
Tabla 3. Resultados del predimensionamiento de vigas principales y secundarias .....	36
Tabla 4. Resultado del predimensionamiento de columnas. ....	36
Tabla 5. Resultado del predimensionamiento de placas .....	37
Tabla 6. Metrado de cargas vivas y cargas muertas .....	38
Tabla 7. Combinación de cargas para el peso sísmico .....	39
Tabla 8. Parámetros sísmicos obtenidos para la dirección X-X.....	41
Tabla 9. Parámetros sísmicos obtenidos para la dirección Y-Y .....	42
Tabla 10. Resultados de los espectros de aceleraciones (Sa) .....	43
Tabla 11. Fuerzas de cortante basal dinámico en dirección X-X e Y-Y .....	49
Tabla 12. Verificación de masas por cada nivel de la estructura .....	50
Tabla 13. Modos de vibración de la estructura y masa participativa.....	51
Tabla 14. Desplazamientos laterales en dirección X-X.....	53
Tabla 15. Desplazamientos laterales en dirección Y-Y.....	54
Tabla 16. Cálculo y control de derivas inelásticas para la dirección X-X .....	55
Tabla 17. Cálculo y control de derivas inelásticas para la dirección Y-Y. ....	56
Tabla 18. Comparación de derivas de entrepiso para la dirección X-X .....	56
Tabla 19. Comparación de derivas de entrepiso para la dirección Y-Y .....	58

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa sísmico del Perú del periodo 1960-2019 .....	11
Figura 2. Modos de vibración en pórticos de la estructura .....	17
Figura 3. Método de determinación de espectro de respuesta .....	18
Figura 4. Generación de espectro de diseño.....	19
Figura 5. Esquema de fuerza cortante sísmico basal .....	21
Figura 6. Representación de desplazamiento lineal (u) en un pórtico .....	22
Figura 7. Desplazamiento y deriva de una edificación.....	23
Figura 8. Esquema de procedimiento de la investigación.....	30
Figura 9. Ubicación geográfica del colegio las mercedes .....	31
Figura 10. Configuración arquitectónica en planta nivel tipo (1-4) .....	32
Figura 11. Elevación frontal del pabellón educativo .....	32
Figura 12. Corte longitudinal del diseño arquitectónico .....	33
Figura 13. Vista 3D del proyecto del pabellón educativo. ....	33
Figura 14. Exploración del suelo mediante calicata C-01 .....	34
Figura 15. Exploración de suelos mediante calicata C-02 .....	34
Figura 16. Estructuración y definición de áreas tributarias .....	35
Figura 17. Modelado de estructura con Robot Structural .....	37
Figura 18. Modelado de la estructura con Tekla Structural Designer .....	37
Figura 19. Asignación de cargas muertas y cargas vigas en Robot Structural .....	39
Figura 20. Asignación de cargas muertas y cargas vivas en Tekla Structural Designer .....	40
Figura 21. Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección X-X.....	44
Figura 22. Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección Y-Y.....	44
Figura 23. Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección Z-Z .....	45
Figura 24. Inserción del espectro Pseudo- aceleraciones en el programa Robot .....	45
Figura 25. Inserción del espectro de Psudo-aceleraciones en el programa Tekla .....	46
Figura 26. Comparación de fuerzas de cortante basal dinámico .....	49
Figura 27. Comparación de masas por nivel de estructura .....	50
Figura 28. Comparación de periodos de vibración de la estructura.....	51
Figura 29. Comparación de desplazamientos laterales en X-X .....	53

Figura 30. Comparación de desplazamientos laterales Y-Y .....	54
Figura 31. Control de derivas inelásticas dirección X-X.....	57
Figura 32. Control de derivas inelásticas dirección Y-Y.....	58

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue comparar los resultados del análisis estructural utilizando los softwares robot Structural y Tekla Structural Designer, aplicado en una infraestructura educativa. La metodología empleada es de tipo aplicada, de diseño No experimental, transversal descriptivo (comparativo), de enfoque cuantitativo, la población son las infraestructuras educativas, la muestra es la infraestructura de aulas pedagógicas del colegio las Mercedes, Juliaca, Puno. Los resultados obtenidos del análisis estructural, específicamente del análisis dinámico modal espectral aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer, se llegó a las siguientes conclusiones: las fuerzas cortantes basales dinámicas difieren en 9.13% para "X" y 27.03% para "Y". Los desplazamientos laterales máximos dados en el último nivel varían en 0.292 cm (8.65%) para "X" y 0.206 cm (11.24%) para "Y". Finalmente, las derivas inelásticas obtenidas para cada nivel de la estructura presentan una variación promedio de 0.00054 (7.56%) para "X" y de 0.00062 (9.86%) para "Y", efectuado según lo establecido por la norma E.030. Por tanto, la comparación de estos resultados es un indicador de que los programas realizan el análisis estructural considerando muchos aspectos y criterios de diseño de manera distinta, lo cual conlleva a obtener diferencias mínimas en la obtención de los resultados.

**Palabras clave:** Análisis estructural, robot, tekla, desplazamientos, derivas.

## ABSTRACT

The objective of the research was to compare the results of the structural analysis using the robot Structural and Tekla Structural Designer software, applied to an educational infrastructure. The methodology used is applied, non-experimental design, descriptive cross-sectional (comparative), quantitative approach, the population is the educational infrastructure, the sample is the pedagogical classroom infrastructure of Las Mercedes school, Juliaca, Puno. The results obtained from the structural analysis, specifically from the spectral modal dynamic analysis using Robot Structural and Tekla Structural Designer, led to the following conclusions: the dynamic basal shear forces differ by 9.13% for "X" and 27.03% for "Y". The maximum lateral displacements given at the last level vary by 0.292 cm (8.65%) for "X" and 0.206 cm (11.24%) for "Y". Finally, the inelastic drifts obtained for each level of the structure present an average variation of 0.00054 (7.56%) for "X" and 0.00062 (9.86%) for "Y", carried out according to the E.030 standard. Therefore, the comparison of these results is an indicator that the programs perform the structural analysis considering many aspects and design criteria differently, which leads to minimal differences in obtaining the results.

**Keywords:** Structural analysis, Robot, Tekla, displacements, drifts.

## I.- INTRODUCCIÓN

En la ingeniería civil una de las áreas más importantes es la de estructuras. La estructura se considera como la parte que aporta la resistencia en la construcción, el cual desempeña la misma función que el sistema óseo de los vertebrados, que proporciona resistencia y rigidez con la finalidad de que se alcance un fin común en conjunto con los otros sistemas; por ello, es que la estructura es fundamental e indispensable para que cualquier construcción sea útil. (Colina & Ramírez, 2000). En los proyectos de construcción civil o de infraestructura, el diseño estructural, representado por el análisis, diseño y la documentación estructural, tiene un proceso dinámico y complejo que durante el desarrollo sufre constantes modificaciones y restricciones en su ciclo de vida del proyecto, dado que, se debe analizar detallada y rigurosamente al comportamiento estructural en cumplimiento a las disposiciones normativas vigentes. Por tanto, la fase de diseño estructural sea un componente fundamental de la generación del modelo BIM. (Muñoz, Vielma, Herrera & Carballo, 2019). El reciente acontecimiento sísmico ocurrido en las regiones de Turquía y Siria ha tenido devastadoras consecuencias, con más de 45,000 pérdidas humanas, 6 mil edificaciones reducidas a escombros y la necesidad de demoler otras 84 mil estructuras. Estos acontecimientos han puesto en evidencia la vulnerabilidad de nuestro país frente a desastres naturales de tal magnitud, debido a la abundancia de asentamientos informales o ilegales de la población. Un estudio realizado por GRADE reveló que entre los años 2001 y 2018, el 93% del crecimiento poblacional estuvo asociado, de manera casi equitativa, con el tráfico de tierras y construcciones informales llegan a un 80% en el país (Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO, 2023). Luego de un evento y/o acontecimiento sísmico, se examinan y analizan los daños sufridos en las estructuras, pudiendo determinar que los sismos y terremotos representan uno de los mayores problemas a tener en consideración por los ingenieros. Los posibles daños a sufrir por los elementos estructurales dependen de la vulnerabilidad sísmica, considerando como el más importante las fuerzas sísmicas, lo cual trasciende en el comportamiento de todo el sistema estructural. El objetivo es facilitar a los profesionales del área, los criterios mínimos necesarios para lograr

diseños estructural sismorresistentes acertado y que cumplan con su función de salvaguardar las vidas y reducir los daños materiales. Considerando que la responsabilidad del ingeniero estructural es calcular y detallar adecuadamente cada uno de los componentes estructurales (Blanco, 2012). Según los datos sísmicos internacionales, el Perú está considerado como un país inmensamente sísmico esto se debe a que forma parte del cinturón de fuego del pacífico. El Perú siendo un país potencialmente sísmico, se considera que es tan solo cuestión de factor tiempo para que tengamos un evento sísmico de gran magnitud con focos en diferentes niveles de profundidad y epicentros que podría darse en cualquier lugar de nuestro territorio nacional. No obstante, a pesar de los años se ha visto que después de ocurrido un evento sísmico ya sea de mediana o gran magnitud, demostrándonos que el principal problema no son los eventos sísmicos, sino el crecimiento desorganizado de nuestras ciudades en consecuencia se construyen edificaciones deficientes que no han sido construidas de forma adecuada (Tavera, 2020). En la actualidad el colegio Las Mercedes de la ciudad de Juliaca, tiene entre sus aulas aproximadamente a 2,200 alumnos en dos turnos: mañana y tarde, siendo la mayoría de ellos procedentes de zonas cercanas a la institución educativa, además, los estudiantes provienen de las zonas aledañas y/o centros poblados cercanas a la ciudad, así mismo, cabe resaltar, que también la institución recibe estudiantes provenientes de otros distritos como, por ejemplo: Cabanillas, Cabana, Santa Lucía, Lampa Taraco y otros distritos cercanos a la ciudad. Considerando, que la infraestructura del colegio Las Mercedes de la ciudad de Juliaca, fue construido en el año de 1962 y a la fecha ya tiene más de 60 años de antigüedad, además, cabe precisar que la infraestructura educativa se encuentra completamente deteriorado necesitando una urgente intervención, siendo así, que es de gran importancia la construcción de una nueva y moderna Infraestructura educativa en beneficio de la población estudiantil de dicha institución educativa. Debido al crecimiento desordenado de las ciudades, las construcciones fueron realizados en la informalidad y en suelos considerados de alto riesgo (suelos no inestables, laderas, riberas de ríos y quebradas) donde se construyeron edificaciones que no son aptas para soportar altos niveles de vibración del suelo (materiales inadecuados y autoconstrucciones); Teniendo estas condiciones, se

volverá nuevamente a contar la historia de desastres en las ciudades, y dada esta realidad, es solo cuestión de tiempo. Las construcciones de edificaciones y viviendas con materiales inadecuados, geometría inadecuada y un suelo inadecuado, amplificará naturalmente las ondas sísmicas, teniendo un sacudimiento del suelo con más intensidad y amenazando a las edificaciones con un colapso total o parcial (Tavera, 2020). Un fenómeno natural que la población pocas veces toma en cuenta para la construcción de edificaciones y viviendas son los sismos. De acuerdo a la reglamentación de la norma E.030, la ciudad de Juliaca está situada en la zona 03 de actividad sísmica, lo que indica la posibilidad de estar sujeta a movimientos telúricos de fuerte intensidad, aumentando la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, que podrían ocasionar caos y el desastre a la ciudad. Con la finalidad de optimizar el procedimiento de diseño y construcción, en los últimos años se han desarrollado nuevas herramientas tecnológicas capaces de realizar el procesamiento de una inmensa cantidad de información, con el fin de transformar los métodos de trabajo convencionales y disminuir pérdidas económicas en la producción, acortar los plazos de diseño, prevenir problemas en la construcción y llevar a cabo simulaciones de modelos, entre otras tareas. (Muñoz, Mora, Valero, & Oñate, 2021). La implementación de la metodología denominada BIM (Building Information Modeling), representa una de las soluciones para nuestros tiempos el cual se basa en realizar los cálculos, modelado y diseño estructural, además no solo codifica la geometría, sino otros aspectos considerados especiales según los componentes de la edificación (Yabi, 2013). Este método se puede aplicar utilizando herramientas de diseño estructural como los programas: Sap2000, Etabs, Robot Estructural, Tekla, entre otros. (Muñoz, Vielma, Herrera, & Carvallo, 2019). Con la necesidad de adaptarse al avance tecnológico en la construcción, los profesionales dedicados a realizar análisis y diseños estructurales, se encuentran en la necesidad de conocer y aplicar nuevas herramientas tecnológicas que sean más eficientes en el análisis y el diseño estructural, además que permite identificar los problemas durante el diseño, optimizando así, los tiempos y costos en el desarrollo del proyecto; además considerando que estas herramientas se integren con softwares relacionados a la metodología BIM. Por tanto, según las referencias citadas en los párrafos precedentes se formula el problema general: ¿Cuáles son

las diferencias del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno?; La presente investigación se justifica técnicamente en vista que, proporcionará nuevos conocimientos a través de la obtención de información con datos del diseño sísmico y estructural mediante la utilización de los programas como Robot Structural y Tekla Structural Designer, siendo que estos resultados serán comparados entre sí en concordancia al Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE norma E.030. Permittiéndonos de esta forma, conocer las ventajas y desventajas del modelado, cálculo, metodología de análisis, soporte normativo, y obtención de datos. Esta investigación se apoya en la NTP E0.20, NTP E.0.30 y NTP E.060. Esta investigación tiene una justificación tecnológica sólida; debido a que, hoy en día existe la necesidad de realizar mejoras en la metodología del análisis y diseño estructural en edificaciones de toda índole, mediante herramientas o tecnologías modernas que simplifiquen el proceso de diseño; el presente estudio implementará softwares para el diseño estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer. Considerando que estas que se integran con otras herramientas compatibles con la metodología BIM. Ya que esta, es aplicada en la construcción de Infraestructuras tipo, y que en los últimos años se ha venido popularizando a nivel internacional y nacional debido a que en el futuro será indispensable usar la metodología BIM, ya que estas herramientas de cálculo estructural optimizan tiempos y costos. Esta investigación se justifica socialmente, ya que proporciona conocimientos para las futuras indagaciones sobre lo que se tiene en el mercado, en donde a nivel internacional y nacional podemos encontrar una gran variedad de softwares empleados para realizar modelamiento, análisis y diseño estructural y la eficiencia de los mismos. Por consiguiente, mediante la presente investigación se aporta conocimientos para los interesados en la especialidad de estructuras con el que puedan tomar decisiones adecuadas y certeras al momento de elegir un software para realizar un análisis y diseño estructural Tipo. Además, mediante la presente investigación se plantea realizar el análisis sísmico modal espectral para la infraestructura educativa del colegio Las Mercedes. En la presente investigación se ha planteado como objetivo general: Realizar la comparación del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla

Structural Designer aplicado en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. Además, se tiene los objetivos específicos. (1) Determinar la cortante basal dinámica mediante análisis sísmico modal espectral utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. (2) Determinar los desplazamientos laterales según el análisis dinámico modal espectral, de acuerdo a la norma E.030, aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. y (3) Calcular las derivas de entrepiso según norma E. 030 de diseño sismorresistente utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. Se tiene como hipótesis general: Los resultados del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura Las Mercedes, Juliaca, Puno, presentan valores muy similares. De la misma manera se tiene las hipótesis específicas: (1) Los valores obtenidos de la cortante basal dinámica difieren en la mínima considerando el más exacto el obtenido por Robot Structural a comparación de Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. (2) El cálculo de los desplazamientos laterales según el análisis dinámico modal espectral de acuerdo a la norma E.030, es determinado tanto en Robot Structural como en Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. y (3) El cálculo las derivas de entrepiso de la estructura según norma E. 030 de diseño sismorresistente, son determinadas con mayor exactitud en Robot Structural con respecto a Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.

## II.- MARCO TEÓRICO

En relación a los precedentes internacionales podemos mencionar a: Quinchiguango & Taco (2016), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del software Robot Analysis Structural*; tiene la finalidad de comparar los resultados alcanzados del modelamiento estructural mediante la utilización de softwares de diseño estructural como Etabs V15.2 y Robot Structural, para una infraestructura de 5 niveles con el sistema de vigas peraltadas. En donde se llegó a la conclusión: que para el dimensionamiento de elementos estructurales y calcular los refuerzos de acero en los elementos estructurales de hormigón armado mediante la aplicación de Robot Structural no determina valores aceptables para el estudio los cuales difieren en comparación con los resultados obtenidos con Etabs. Según criterio de los investigadores esto se debe al factor, de la versión de Robot utilizada en el estudio, considerando que esta tiene un propósito estudiantil.

Echevarría & Suntaxi (2016), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Análisis y diseño estructural de los edificios Loaiza, Unach y Plus I, en los programas Etabs, Staad.pro y Robot considerando para el diseño la NEC 2015*; en donde se tuvo el objetivo de realizar la comparación de los resultados hallados y los enfoques metodológicos de la modelación y análisis estructural mediante los softwares Etabs, STAAD.Pro y Robot Structural de las edificaciones Loaiza, Unach y Plus I. Llegando a la conclusión que, según los resultados calculados con la aplicación de Robot Structural y Etabs, se determinó que en el edificio Unach se obtuvo mayores desplazamientos y mayores derivas inelásticas, diferencia que representa un 34,68% en derivas inducida por las fuerzas sísmicas en dirección Y, lo cual se debe a que cada programa considera un valor distinto de rigidez de piso, debido también a las secciones equivalentes utilizadas, además de realizar la inclusión o exclusión de la modelación de las losas tipo Deck y considerando mayor rigidez del suelo en comparación con el resto del edificio, esto se calcula únicamente utilizando el programa Etabs.

Carabela (2013), en su investigación para optar el grado de especialista en estructuras denominado: *Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los*

*programas: SAP2000, ETABS, STAAD Pro y Robot*; tiene como propósito de realizar el modelado, análisis y diseño estructural de una edificación mediante el uso de los softwares SAP2000, Staad Pro y Robot, donde se realizará la comparación de la metodología aplicada en cada uno, para generar un modelo, obtener los resultados y realizar el diseño estructural de cada elemento, de acuerdo con el alcance de cada programa. Además de realizar la comparación de los resultados obtenidos en el diseño estructural utilizando el manual referenciado en la NTC-04 con el apoyo del programa Mathcad. En su investigación se llegó a la conclusión de que los modelos son muy semejantes, debido a que resultados obtenidos en cada software fueron bastante similares, en donde ninguno obtuvo diferencias significativas. Además, indicar que en todos los casos reportados por otros autores los resultados difieren en lo mínimo de un programa a otro, a pesar de efectuarse bajo las mismas condiciones. Observándose que las diferencias a considerar del análisis fueron en los periodos de la estructura, suponiendo a que la diferencia no tiene mucha relevancia debido a la manera en cómo se consideró las masas. Flores (2018), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Modelación, diseño estructural comparativo y propuesta de ampliación vertical de la edificación Flores Mena, ubicada en la ciudad de Quito-Ecuador, sector Cofavi*; tiene el propósito de realizar la comparación de resultados mediante el modelado y análisis sísmico lineal mediante la aplicación de los programas como el SAP 2000, Etabs y Robot Structural en el edificio Flores Mena. Llegando a la conclusión que, los valores finales obtenidos en los tres programas presentan diferencias insignificantes entre sus resultados, teniendo en cuenta las particularidades de cada software. Sin embargo, según el análisis comparativo se concluyó que SAP2000, no es el software más adecuado para el modelado y realización del análisis sísmico para edificaciones, debido a su tendencia a sobrestimar el peso de las estructuras a causa de una limitante que es la disposición eficiente de excentricidades en los elementos estructurales. Como antecedente nacional, mencionamos a: Huaraca (2018), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Análisis Comparativo Aplicando el Software Robot Structural Analysis y Etabs para Evaluar el Comportamiento Estructural de Viviendas Auto Construidas*; tiene el objetivo de realizar un análisis comparativo en

base a resultados mediante la utilización de programas: Robot Structural y Etabs, proponiendo evaluar el comportamiento de la estructura de una vivienda autoconstruida en Pucará en Huancayo. Llegando a la conclusión que, según la evaluación del desempeño de la estructura del edificio autoconstruido utilizando los softwares Robot Structural y Etabs, esta presenta un comportamiento inadecuado incumpliendo con los requerimientos mínimos según establecido por la normatividad vigente de nuestro país (Norma E.030, E.060 y E.070). basándose en la información adquirida del análisis estático, en donde estas no satisfacen los requisitos mínimos diferidos en la norma E.030. Además, según la comparación de resultados se concluye lo siguiente: el resultado del desplazamiento estático utilizando Robot Structural es 2.45% mayor que lo obtenido por Etabs, del mismo modo que la distribución de fuerzas en altura, así mismo que las derivas calculadas sobrepasan el valor máximo establecido por la norma que es igual a 0.005, por consecuente se llegó a la conclusión que la estructura fallará ante eventos sísmicos. Finalmente, los datos obtenidos mediante la utilización de los dos programas, presentan valores con diferencias insignificantes; por lo que se considera que los resultados de ambos son válidos. Briones & Álvarez (2018), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los Software Etabs y Robot structural analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)*; se plantea como finalidad el realizar la comparación de efectividad en el modelado, el diseño sísmico y el diseño de concreto armado mediante el uso de softwares: Etabs y Robot Structural, usado en una edificación de cinco niveles, con lo cual se pretende determinar el más óptimo. Llega a la conclusión de que, para realizar el diseño estructural de un proyecto de edificación, el programa Robot Structural tiene mayores ventajas sobre el programa Etabs. Por tanto, elaborar un diseño con Robot Structural te optimiza significativamente el tiempo de elaboración del diseño en comparación de Etabs, esto se debe a que el programa Robot Structural ofrece una variedad de herramientas para el modelado, el diseño, y automatización en la obtención de planos y metrados, permitiendo de esta manera que el trabajo de elaboración de un proyecto estructural se realice optimiza significativamente tiempos y recursos. Montufar (2022), en su

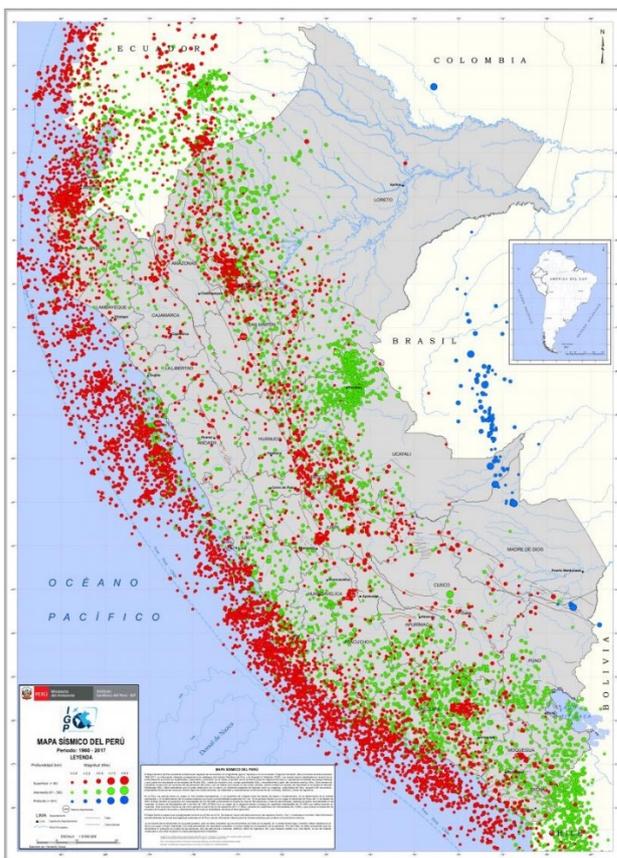
investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Análisis comparativo del modelamiento y diseño estructural en concreto armado utilizando los softwares Sap2000, Etabs, Cypecad y Revit Estructure, para la infraestructura educativa Sorapa*; se propone como objetivo examinar y contrastar los resultados derivados de la modelación, diseño estructural y diseño en concreto armado aplicando programas como: Sap2000, Etabs, Cypecad y Revit Estructure, en la infraestructura educativa de Sorapa de Chucuito-Juli, Puno, Perú. En donde llegó a la conclusión, de que los resultados conseguidos del modelado, diseño sísmico y diseño en concreto armado aplicando los programas antes mencionados, en donde se obtuvo mejores resultados en Etabs en cuanto al acero calculado para toda la estructura, cuyas variaciones son -4% frente a Sap2000, -3% frente a Revit Estructure y -5% frente a Cypecad, cuya principal razón de esta variación es que Etabs es un programa especializado en análisis de edificaciones de este tipo, además de la metodología empleada en cada software. Sánchez (2022), en su investigación para optar el título de ingeniero civil denominado: *Determinar la respuesta estructural del módulo "I" de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, de la ciudad de Jaén al ser analizado con los softwares Robot Structural Analysis Professional y ETABS*; su propósito principal es de comparar los resultados de la respuesta estructural utilizando los programas como Robot Structural y Etabs. Donde se llegó a la conclusión de que al emplear el programa Robot Structural se obtuvo mayores valores de fuerzas internas, que van del 2.45% a 5% en comparación con lo obtenido en el software Etabs. Así mismo, Robot Structural obtuvo resultados de deformaciones que varían en un 4.4% en promedio con relación a Etabs. En Robot Structural los valores obtenidos de áreas de acero con momentos de flexión son mayores de 4,5% a 5,2% en comparación con los valores obtenidos con Etabs. Esto significa que Robot Structural proporciona una respuesta estructural mayor que Etabs. Por tanto, para realizar un diseño estructural de los sistemas apertado y albañilería, se considera como el más eficiente y adecuado al software Robot Structural, debido a su interfaz de fácil manejo tridimensional, una ventaja que tiene mayor impacto en el entorno de trabajo permitiendo ahorrar tiempo en el proceso. El diseño estructural comprende varias actividades que es desarrollado por el profesional del rubro, con la finalidad de determinar la

configuración, las medidas y las características detalladas de la estructura del proyecto, considerando que la estructura es la componente principal y/o fundamental de cualquier edificación cuya función es absorber las solicitaciones de las combinaciones fuerzas verticales y horizontales que puedan manifestarse a lo largo de su ciclo de vida. El diseño estructural representa un proceso bastante general del cualquier proyecto a nivel global, en donde se define las características que deberá tener una estructura para desempeñar adecuadamente su función prevista. Un requisito fundamental para que las construcciones cumplan con su función, es necesario que no falle y no tenga un inadecuado comportamiento por su incapacidad de soportar de cargas y fuerzas que se efectúen sobre la estructura. (Meli, 2016). El diseño sísmico, de acuerdo con las normativas existentes a nivel mundial sobre diseño sismorresistente en edificaciones, estas nos brindan recomendaciones con referencia a las cargas sísmicas a tomar en consideración, los métodos de cálculo simplificado a aplicar para las diferentes estructuras, los detalles del refuerzo a utilizar, y en menor medida, sobre la aplicación de criterios para el diseño conceptual de las estructuras. Sin embargo, en la etapa del diseño conceptual es importante la toma de decisiones que es Un factor clave en el comportamiento sísmico de la estructura, lo que implica que los cálculos y detalles de refuerzos utilizados posteriormente, pueden no lograr los resultados esperados. Por ejemplo, se decide la tipificación de la estructura, el diseño en planta, la disposición vertical de la masa y de la rigidez, especificación de la organización del sistema estructural resistente, entre otros (Barbat, Oller y Pujades, 2005). La sismicidad, es la medida de la actividad sísmica, en todo el mundo la ocurrencia de sismos no es aleatoria, sino que sigue una distribución geográfica bien definida. Existen zonas sísmicas claramente identificadas y otras áreas donde la actividad sísmica es escasa o inexistente, ocupando una mayor extensión en la superficie terrestre. Además, la ubicación de las ocurrencias de sismos se encuentra relacionada con la existencia de cinturones orogénicos recientes y áreas volcánicas, como el reconocido cinturón de fuego del pacífico (CFP). Esta región concentra más del 80% de la energía liberada anualmente por la Tierra desde su interior, evidenciándose mediante temblores y la actividad eruptiva de volcanes (Tavera, 2020). En el territorio peruano, la configuración geodinámica y

geomorfológica se origina en la colisión de las placas tectónicas de Nazca (oceánica) y Sudamericana (continental), que se mueven a una velocidad promedio de unos 7 a 8 centímetros al año, provocando la generación de sismos de varias magnitudes y con epicentros en diferentes profundidades. Los sismos más significativos, aquellos de mayor magnitud, pueden generar en ciudades y áreas urbanas daños estructurales de diversa intensidad y lamentablemente pueden resultar en la pérdida de vidas humanas (Tavera, 2020).

### Figura 1.

Mapa sísmico del Perú del periodo 1960-2019



*Nota:* Los colores y tamaños de los círculos indican la profundidad y magnitudes del sismo. Fuente: IGP.

El concreto armado, consiste en la combinación de dos materiales, el concreto y el acero de refuerzo. Según a los avances en la fabricación industrial del concreto y acero de refuerzo no se ampliaron los conocimientos con referente al comportamiento del concreto armado (concreto con refuerzo de acero). Sin

embargo, en el sentido de un alto rendimiento suponer sin justificación no responde la satisfacción del dominio del combinado, en términos de un rendimiento excepcional. Esta expresión, en sí mismo, reúne un grupo cada vez más extenso de propiedades, características y cualidades, de acuerdo con las expectativas y de los medios de investigación. (Kharch, Arnaud y Lorrain, 2003). El software Robot Structural Analysis Profesional, es un programa gráfico asistido por computadora usado para realizar el modelado, el análisis y el diseño estructural para diversos tipos de infraestructura a edificar. Este software posibilita crear una variedad de estructuras, y la realización de cálculos automatizados por consiguiente facilita la verificación de resultados. Además, con el uso de este software es posible determinar el cálculo de las medidas de los componentes de la estructura y la creación de la documentación correspondiente con base a las diversas normatividades. Le permite efectuar los cálculos en un entorno amigable que es ideal para estudiantes y profesionales que realicen el diseño estructural, como campo de acción del ingeniero civil. En ese marco el software, proporciona herramientas efectivas para efectuar una variedad de tipos de análisis incluyendo el análisis estático, análisis de primer y segundo orden, líneas de influencia, análisis dinámico, análisis modal, análisis espectral y análisis tiempo historia. (Sondón, Guerrero, Fernández & Enriquez, 2022). El programa Tekla Structural Designer, es un software desarrollado por Trimble, que realiza el proceso desde el modelamiento, análisis, diseño y detallado basándose en el modelo de comunicación de proyectos para edificios, construcción y gestión de infraestructuras. Mediante el uso de este programa, los ingenieros estructurales pueden realizar sus diseños con seguridad, eficacia y en menor tiempo, debido a un interfaz simple, el cual nos permite realizar con facilidad el análisis y el modelado de la información que constituye los procesos integrados. Los resultados obtenidos del análisis podrán ser evaluados en los elementos estructurales como las secciones transversales de losas, vigas y columnas, que será diseñado para soportar las cargas que se asignen. Además, el programa admite los códigos europeos, de EE. UU, europeos, Australia, la India y los estándares británicos (Widiyawati, Pratama y Yanuarini, 2022). La norma técnica E.020: Cargas (2006), establece los parámetros en función a los valores de las cargas permanentes y

variables a considerarse en el diseño estructural y todas sus componentes estructurales, especificando los procedimientos y métodos de cálculo para determinar las cargas que deben soportar las estructuras y las combinaciones de cargas que deben ser consideradas, los cuales no deben provocar esfuerzos ni deformaciones que superen lo establecido para cada material de la estructura. La norma técnica E.030 de Diseño Sismorresistente (2018), establece los criterios y requerimientos mínimos, características y especificaciones técnicas a tener en consideración para realizar el diseño sismorresistente de las edificaciones en Perú. Además, establece las especificaciones técnicas y características que deberían cumplir las estructuras sismorresistentes, los materiales de construcción, las dimensiones de las secciones estructurales, las conexiones entre elementos estructurales, la distribución de cargas, entre otros. El propósito de esta normativa es de asegurar y garantizar la seguridad y la integridad de las vidas humanas y otras vidas además de la protección de los bienes frente a los eventos sísmicos. Es de aplicación obligatoria a nivel de todo el país. La norma técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones (2018), establece los requerimientos mínimos a tener en consideración al llevar a cabo los estudios de suelos -EMS con propósitos de cimentaciones de las infraestructuras. Este estudio del suelo se efectúa con el fin de conocer el tipo del suelo y la resistencia del mismo, tomando en consideración la estabilidad del suelo y asegurar la edificación y optimizar el uso de los recursos para tal fin. Además, se debe tener en cuenta, en reducir los daños que pueda sufrir la edificación o edificaciones colindantes a esta. La norma técnica E.060 de Concreto Armado (2009), establece los requerimientos y mínimos para realizar el análisis, diseño, control de calidad y supervisión de construcciones o estructuras, ya sean de concreto simple, armado o pre - esforzado. Además, la norma dispone los criterios para realizar la evaluación de la capacidad resistente de las estructuras de concreto armado y para la selección del tipo de concreto más adecuado para cada proyecto, teniendo en consideración las cargas que deben soportar y las propiedades de los materiales utilizados, su aplicación es obligatoria a nivel de todo el país. De acuerdo con el plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú; es necesario realizar un esfuerzo colaborativo entre sector público, sector privado y la academia, con el propósito de introducir gradualmente la tecnología BIM en el

Perú. Esta metodología del modelado de la información cambiará la forma en que se ha venido gestionando la información en las últimas décadas (MEF, 2021). La estructuración, tiene la finalidad de distribuir de manera adecuada los elementos estructurales de acuerdo a los requerimientos del diseño arquitectónico y no generar cambios muy significativos según en el planteamiento de la edificación. Además, estos elementos de la estructura deben ser ubicados de manera que estas puedan resistir las fuerzas por gravedad y las fuerzas sísmicas. (Rivas & Salazar, 2015). El predimensionamiento consiste en establecer inicialmente las dimensiones aproximadas o tentativas de los componentes estructurales. Si es que cumplimos con estas reglas y no poseemos sobrecargas elevadas o gran cantidad de tabiques, se podría evitar la revisión por deflexión, considerando que las sobre cargas normales son del orden de 300 a 350 kilogramos por metro cuadrado como máximo. (Blanco, 1994). Las cargas son determinados a partir de las propiedades de los materiales de a utilizarse en la construcción, estas tienen densidades distintas, puesto que, estas aportarán cargas gravitatorias propias a la estructura, de la misma manera se considera cargas vivas que varían dependiendo del tipo de edificación, por tanto, serán asignados según a quienes lo habitan, sus pertenencias (equipamiento, mobiliario y otros) (Norma E.020, 2006). El análisis sísmico, se realizará de acuerdo a lo establecido por nuestra norma E.0.30, 2018. El Análisis estructural, es la etapa donde implica aplicar principios físicos y matemáticos para determinar las fuerzas externas e internas que actúan sobre una estructura y cómo estas fuerzas afectan su estabilidad y deformación. El propósito del análisis estructural es asegurar que una estructura cumpla con normatividad, y así como garantizar la durabilidad y funcionalidad de la estructura. La Fuerza de Cortante Basal, se puede definir como la suma de las fuerzas laterales u horizontales que ejercen en la base de una edificación debido a la acción de las fuerzas sísmicas (sismo de diseño). Para esta investigación se realizará según lo dispuesto por la norma técnica E.30 del 2018, en donde, para el cálculo de esta se utilizará la siguiente ecuación.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad (1)$$

Dónde: V = Fuerza cortante en la base  
Z = Factor zona  
U = Factor de uso de la edificación  
C = Factor de amplificación sísmica  
S = Factor de tipo de suelo  
R = Coeficiente de reducción  
P = Peso de la edificación

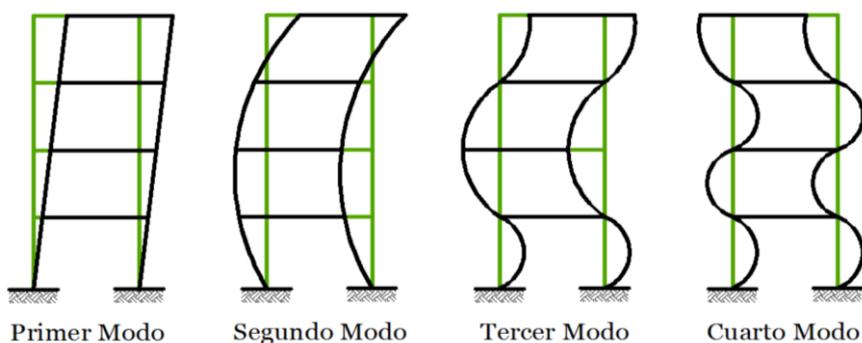
El Análisis Sísmico Dinámico, es un método de evaluación de la respuesta de una estructura a las fuerzas sísmicas que considera tanto la inercia como la resistencia de la construcción. Este análisis se basa en la modelación de la estructura como un sistema de masas interconectadas que se desplazan bajo la influencia de un terremoto u otra excitación sísmica. Cuando la estructura es sometida a cargas o desplazamientos en su base, estas se comportan de manera dinámica, generando fuerzas contrarias al movimiento impuesto por las cargas o desplazamientos. Por otro lado, considerando que las estructuras son continuas y tienen infinitos grados de libertad. Para simplificar el análisis a menudo se evalúan puntos clave, como nodos o niveles seleccionados, nos facilitan el conocer el comportamiento y las fuerzas internas de la estructura. La masa total del sistema se concentra en estos puntos clave o en los centros de masa de cada nivel. (Basualdo,2001). El Análisis Dinámico Modal Espectral proporciona una forma beneficiosa de estimar y conocer las fuerzas y los desplazamientos de una estructura, estos valores máximos se combinan utilizando técnicas como el método de combinación cuadrática completa (CQC), que también tiene en cuenta la relación entre los máximos valores modales, obteniendo los valores más probables de fuerzas y desplazamientos en el sistema estructural (Basualdo, 2001). Además, el análisis modal espectral nos permite la identificación de los modos de vibración de una estructura, además de calcular los períodos naturales y masas participantes. A través de esta evaluación, es posible diseñar cualquier tipo de estructura utilizando los datos obtenidos a través de la combinación modal espectral en el análisis dinámico, de acuerdo con lo indicado por la normatividad E.030, 2018. Los modos de vibración se refieren a las distintas formas naturales en las que una estructura puede vibrar. Cada modo representa una configuración particular de vibración que la estructura puede asumir. Al

describir los modos de vibración, hay varios términos importantes que están relacionados y que son relevantes para comprender su comportamiento. A continuación, mencionaremos estos términos significativos: La vibración, se refiere al movimiento repetitivo de un punto en diferentes direcciones, yendo y viniendo a través de su posición de equilibrio. Es un desplazamiento fluctuante que se repite periódicamente. El período es el tiempo necesario para completar una sola oscilación. Representa la duración de un ciclo completa de vibración, desde que un punto parte de su posición inicial, alcanza su máximo desplazamiento en una dirección y regresa a su posición inicial. La frecuencia, se refiere al número de oscilaciones que se producen en un intervalo de tiempo, generalmente expresada en Hertz (Hz), que representa oscilaciones por segundo. La frecuencia está inversamente relacionada con el período, lo que significa que, a mayor frecuencia, menor período y viceversa. La amplitud es el valor máximo alcanzado por un punto durante una oscilación. Representa la máxima distancia que un punto realiza un desplazamiento desde su posición de equilibrio en ambas direcciones durante el ciclo de vibración. Cuanto mayor es la amplitud, más alejado se encuentra el punto de su posición de equilibrio durante la oscilación. Los modos de vibración nos indica de cómo una estructura responderá durante un sismo. El primer modo de vibración es especialmente relevante, ya que puede revelar si la estructura tendrá un comportamiento sísmico favorable o desfavorable. Cada modo de vibración tiene asociada una frecuencia o período específico, lo que significa que cada modo oscilará a un ritmo diferente. Es relevante enfatizar que los modos de vibración son adimensionales, lo que significa que no tienen unidades. Además, cada modo puede expresarse en términos de desplazamiento, velocidad o aceleración, lo que proporciona información valiosa sobre cómo la estructura se comportará durante el evento sísmico. (Aguilar, 2012). Ante un eventual sismo, las edificaciones y otros objetos materiales reaccionan con un comportamiento peculiar: comienzan a oscilar y vibrar en distintos patrones, conocidos como "modos de vibración". Estos modos se presentan a diferentes intervalos de tiempo, lo que implica que, durante un sismo, su impacto en la edificación puede variar en intensidad, dependiendo de la frecuencia del movimiento sísmico. En

consecuencia, la intensidad del sismo puede causar un impacto mayor o menor en la estructura. (Amaguaña & Yumbay, 2016).

## Figura 2.

### *Modos de vibración en pórticos de la estructura*



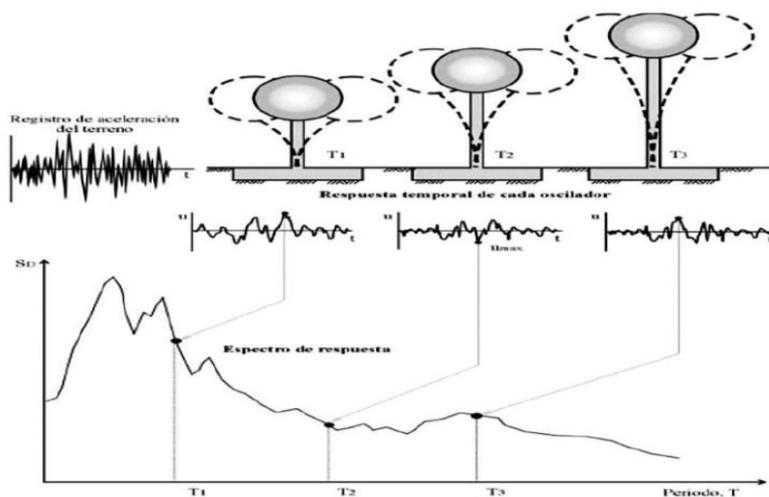
*Nota:* Extraído de la fuente: Amaguaña & Yumbay, 2016.

En primer modo de vibración, la edificación se mueve de manera característica de un extremo a otro, con todos los desplazamientos ocurriendo en una sola dirección (figura 2). Es por esta razón que se le llama "Modo Fundamental". Este modo fundamental de vibración coincide con la frecuencia natural o propia del edificio, lo que significa que es la frecuencia a la que se espera que responda de manera prioritaria e influyente que, junto con el segundo modo de vibración, generalmente estos suelen ser los más importantes cuando se realiza el análisis dinámico de una edificación. Cuando una estructura vibra, comúnmente es la combinación de todos sus modos de vibración posibles. La mayoría de sistemas poseen múltiples modos de vibración, y la principal función del análisis modal es descubrir y definir la forma particular de cada uno de estos modos. De acuerdo con la norma peruana E.030, Es factible calcular los modos de vibración de una estructura utilizando un método de análisis que tome en cuenta adecuadamente la rigidez y distribución de la masa. En cada dirección, se toman en cuenta los modos de vibración cuya suma de masas represente como mínimo el 90% del total, priorizando especialmente los primeros modos que predominan en la dirección del análisis. Los espectros de respuesta y de diseño surgieron inicialmente de la propuesta de Biot en 1932 y posteriormente fueron desarrollados por Housner, Newmark y otros investigadores. Hoy en día, el espectro de respuesta se considera una herramienta esencial en la dinámica estructural, especialmente útil en el ámbito del diseño sismorresistente. En términos

generales, un espectro puede ser descrito como un diagrama ilustra la respuesta máxima (en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración u otras variables) producida por una carga dinámica específica en una estructura o en un sistema oscilante de un grado de libertad. (Crisafulli & Villafañe, 2002). En la Figura 3 se presenta un mecanismo visual que muestra varios osciladores sometidos al mismo fenómeno. A través de estas vibraciones y las lecturas del mismo es como se construye el espectro de respuesta de manera progresiva.

**Figura 3.**

*Método de determinación de espectro de respuesta*



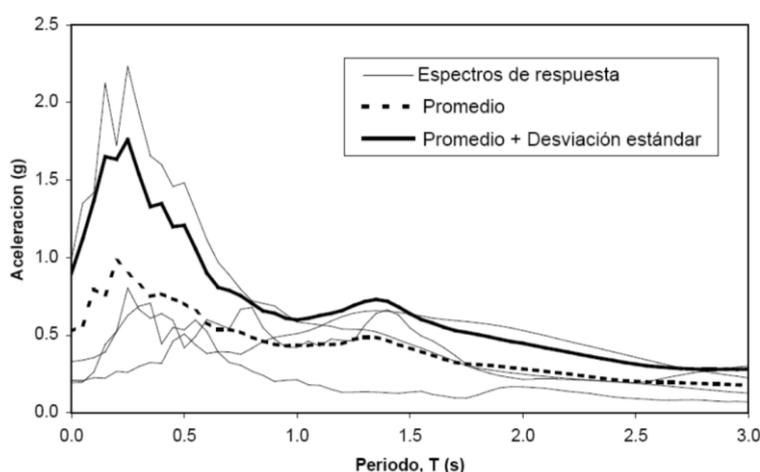
*Nota:* Extraído de la fuente: Crisafulli & Villafañe, 2002.

El espectro de respuesta elástica, son representaciones gráficas que muestran las respuestas máximas que experimenta un sistema oscilatorio de un único grado de libertad en respuesta un evento sísmico. Estos espectros incluyen varias curvas que corresponden a diferentes niveles de amortiguamiento, lo que permite estudiar y analizar cómo el sismo afecta a las estructuras. Las curvas del espectro de respuesta muestran cambios abruptos con múltiples cumbres y depresiones, que surgen debido a la complejidad de las mediciones de aceleración durante el sismo. (Crisafulli & Villafañe, 2002). El espectro de respuesta inelástica, es una representación gráfica similar a los gráficos de espectros de respuesta elástica. Estos espectros tienen una gran importancia en el diseño sísmico de edificaciones, ya que la mayoría de las construcciones se proyectan asumiendo que sufrirán deformaciones plásticas durante un terremoto significativo, debido a

consideraciones prácticas y económicas. El espectro de diseño, es una herramienta fundamental en el diseño sismorresistente de estructuras. Dado que las construcciones no pueden ser diseñadas para resistir un sismo específico en una ubicación determinada, debido a la variabilidad de las características de los sismos, se utilizan espectros suavizados en lugar de los espectros de respuesta elástica o inelástica mencionados anteriormente. Estos espectros de diseño se caracterizan por no tener variaciones abruptas y toman en cuenta el efecto de varios sismos típicos de la zona. El uso de espectros suavizados permite diseñar o verificar las construcciones de manera más realista, ya que reflejan de manera adecuada las incertidumbres asociadas con los futuros sismos. (Barbat, Oller, & Vielma, 2005). El espectro de diseño de aceleración se basa en utilizar curvas espectrales elásticas para el diseño de edificaciones. Estas curvas espectrales son obtenidas mediante procedimientos estadísticos que consideran tanto el promedio como la variabilidad típica de los espectros de respuesta obtenidos de varios sismos representativos. Cuando los valores de los espectros de respuesta se asemejan, hay una baja variabilidad, y la curva del espectro se aproxima al valor promedio. Sin embargo, si los valores del espectro de respuesta son diversos, la variabilidad es alta y la curva del espectro se acerca al valor máximo, pudiendo incluso superarlo, tal como se ilustra en la figura 4. (Araque, 2013).

**Figura 4.**

*Generación de espectro de diseño*



*Nota:* Extraído de la Fuente: Crisafulli & Villafane, 2002. *Espectros de respuesta y de diseño.*

La aceleración espectral, según la normatividad peruana E.030-2018, indica que, para cada dirección del análisis, podemos determinar mediante la realización del análisis dinámico del modelo matemático, en donde podemos calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \quad (2)$$

Dónde:  $S_a$  = Aceleración espectral  
 $g$  = Aceleración de la gravedad.

El factor de Amplificación Sísmica (C), según la norma E.030 2018, este factor representa la relación entre la aceleración experimentada por la superestructura de una edificación y la aceleración del suelo durante un evento sísmico. Este factor se calcula considerando los parámetros del periodo TP. Estos parámetros, se dividen en tres tramos: cortos, intermedios y largos. Para cada tramo, se utilizan expresiones específicas que permiten determinar el valor adecuado de C.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (3)$$

$$T < T_p; \quad C = 2.5 \quad (4)$$

$$T_p < T < T_l; \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T_l}\right) \quad (5)$$

$$T > T_l; \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_l}{T^2}\right) \quad (6)$$

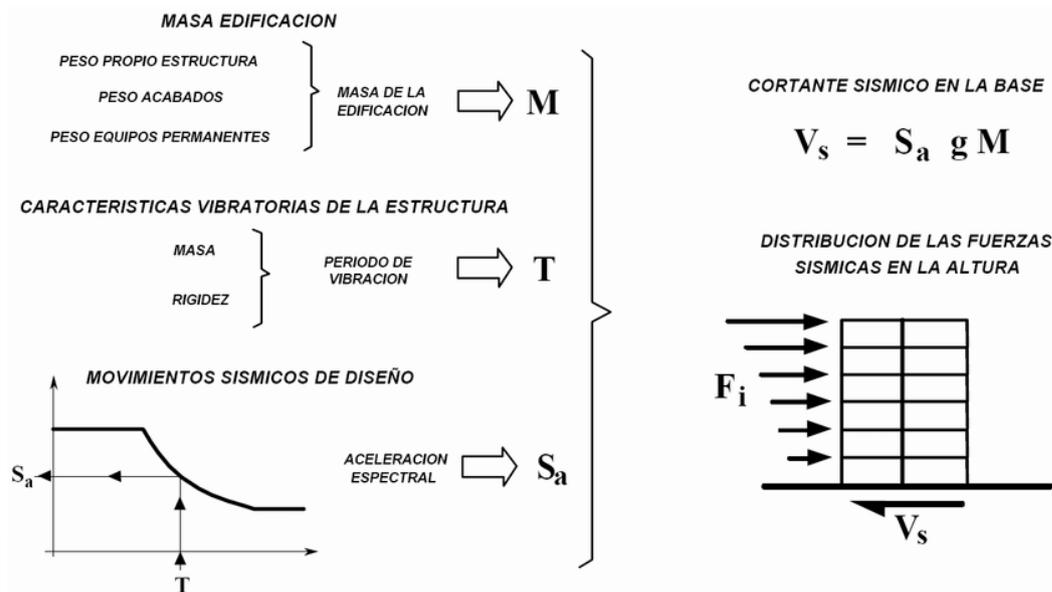
En la Norma Técnica E.030 2018, indica que, para analizar la respuesta sísmica, para la vertical de la estructura, se aplica un espectro con valores equivalentes al 2/3 del espectro utilizado en las direcciones horizontales. Estos valores se determinan considerando los factores de amplificación sísmica (C) que fueron definidos previamente en el párrafo anterior. Sin embargo, hay una excepción para la región de periodos muy cortos ( $T < 0.2 T_p$ ), donde se aplica una expresión distinta para calcular los valores del espectro vertical, según la ecuación 7.

$$T < 0.2 T_p \quad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p}\right) \quad (7)$$

A través de los criterios de combinación, es posible determinar la máxima respuesta esperada en términos elásticos ( $r$ ). La Fuerza Cortante Basal Dinámica, es una magnitud que aparece durante en el análisis de estructuras expuestas a sollicitaciones sísmicas. Representa la fuerza resultante ejercida sobre la base de una edificación debido a las aceleraciones sísmicas. Esta fuerza es generada debido a la interacción suelo - estructura durante un sismo y es responsable de transmitir la acción sísmica hacia la cimentación y la fundación de la construcción. (Chopra,2007). En términos más simples, la fuerza cortante basal dinámica es una fuerza que se presenta en la base de una edificación como resultado de la respuesta dinámica de la estructura ante un sismo. Considerándose que, la cortante basal dinámica ( $V_s$ ) es igual a la aceleración espectral ( $S_a$ ) multiplicado por la gravedad y la masa ( $M$ ), mostrado en la figura 5:

**Figura 5.**

*Esquema de fuerza cortante sísmico basal*



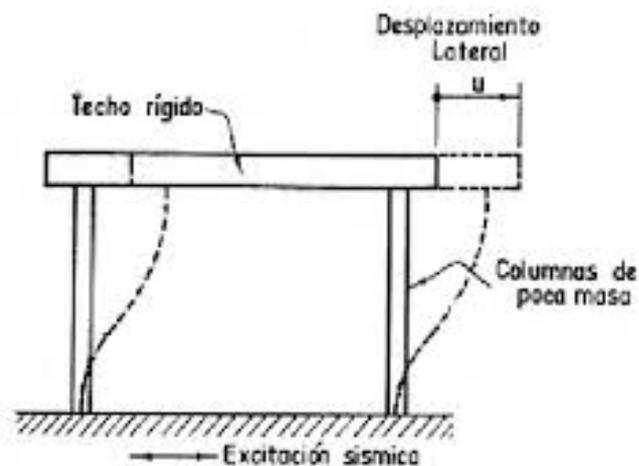
*Nota:* Extraído de la fuente: (Norma NSR-10, 2021).

En el análisis de la estructura, para cada una de las direcciones consideradas, se establecen límites para la fuerza lateral en el primer entrepiso del edificio. Estos límites aseguran que la fuerza lateral o de cortante no sea inferior al 80% del valor calculado de la fuerza cortante basal estática, para estructuras regulares, ni menor al 90% para estructuras irregulares. Si los valores obtenidos para la fuerza de corte

basal en el primer entrepiso están por debajo de estos mínimos requeridos, se escalan todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos, para incrementar la fuerza cortante. (Norma E.030, 2018). Los desplazamientos laterales, en un contexto de la ingeniería estructural y el análisis sísmico, se refieren a los movimientos horizontales que experimenta una edificación durante un evento sísmico o cualquier otra acción dinámica. Estos desplazamientos son resultado de la interacción suelo - estructura durante un terremoto y se producen como respuesta a las fuerzas sísmicas que actúan sobre el edificio. Los desplazamientos laterales son un parámetro crítico en el diseño sismorresistente de las construcciones, ya que pueden tener efectos significativos en la integridad de la edificación y en la seguridad de sus ocupantes. Un exceso de desplazamientos laterales puede provocar daños estructurales, agrietamientos y, en casos extremos, el colapso total o parcial de la estructura. (Clough & Penzien, 2003). Por tanto, es de suma importancia considerar y controlar los desplazamientos laterales en el diseño y la evaluación de edificaciones para garantizar que estén adecuadamente preparadas para resistir las fuerzas dinámicas a las que puedan estar expuestas. En manera de ilustración se presenta el siguiente grafico:

**Figura 6.**

*Representación de desplazamiento lineal ( $u$ ) en un pórtico*



*Nota:* Extraído de la Fuente: XVI curso internacional de estructuras, 2003.

Según la norma E.030 2018, indica lo siguiente: En el diseño de estructuras regulares, los desplazamientos horizontales se obtienen mediante la multiplicación

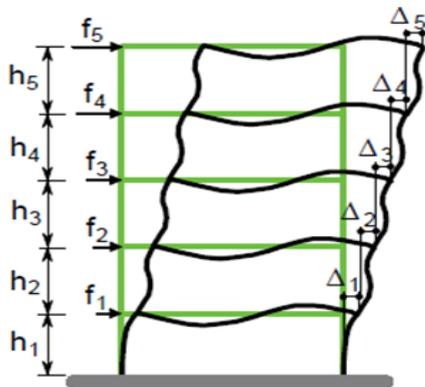
los resultados del análisis lineal y elástico con las cargas sísmicas reducidas por un factor de 0,75R. Mientras que, en estructuras irregulares, los desplazamientos horizontales se determinan al multiplicar los valores obtenidos del análisis lineal elástico por un factor de 0,85R. En estos cálculos, no se toman en cuenta ni los valores mínimos de C/R ni el cortante mínimo en la base, según la normatividad E.030. La distorsión de entrepiso o derivas, se define como el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos ubicados en la misma línea vertical, pero en niveles consecutivos de la estructura. A este valor se le denomina  $\Delta_i$ . (Norma NSR-10, 2021). En términos más simples, la distorsión de entrepiso o deriva es la medida de cuánto se ha desplazado un piso en relación con el piso adyacente durante un evento sísmico u otra acción dinámica. Esta cantidad es relevante en el diseño sismorresistente, ya que puede tener un impacto significativo en la seguridad y la integridad de la estructura. Para calcular  $\Delta_i$  podemos se tiene la siguiente ecuación:

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1} \quad (8)$$

En donde  $\delta_i$  es el desplazamiento total, medido desde la base del piso "i".

**Figura 7.**

*Desplazamiento y deriva de una edificación*



*Nota:* Extraído de la fuente: NSR-10.

El máximo desplazamiento relativo de entrepisos o entre dos niveles consecutivos de la edificación, que se calcula utilizando los desplazamientos laterales. Se establece que este desplazamiento máximo no debe sobrepasar una proporción determinada de la altura de entrepisos, denominada (distorsión), que se encuentra parametrado en la tabla 1:

**Tabla 1.***Límites para la distorsión de entrepiso*

Material predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de C° A° con muros de ductilidad limitada	0.005

*Fuente:* Norma E.030, 2018.

En caso de el chequeo de las derivas no se cumplen con los límites establecidos, se requiere incrementar su rigidez para reducir dicho desplazamiento. Esto implica utilizar materiales de mayor resistencia, aumentar las dimensiones de elementos verticales como columnas o muros, y, en situaciones más críticas, añadir nuevos elementos verticales.

### III.- METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

##### Tipo de investigación

Este estudio pertenece al ámbito de la investigación de tipo **Aplicada**, ya que se emplearon teorías, métodos y conocimientos aprendidos en las materias de estructuras, que será aplicado para efectuar el análisis estructural - análisis sísmico modal espectral de la infraestructura educativa, para lo cual se realizó la comparación de los valores obtenidos del análisis estructural usando los softwares Robot Structural y Tekla Structural Designer.

La investigación aplicada toma conocimiento que ya se ha adquirido en la investigación fundamental y se utiliza para lograr el cumplimiento de objetivos específicos; por lo tanto, este tipo de investigación, toma en cuenta todo el conocimiento existente en un área concreta y lo utiliza para tratar de resolver problemas específicos (Castro, Gómez & Camargo, 2023).

La investigación aplicada implica una secuencia que puede permitir convertir gradualmente el conocimiento teórico que procede de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos (Lozada, 2014).

Por otro lado, la investigación aplicada, se centra en reconocer las necesidades, desafíos u oportunidades en un entorno dado, y posteriormente aplicar los conocimientos adquiridos para abordar y satisfacer estas demandas. con la aplicación de métodos científicos (Sabino, 2014).

##### Diseño de Investigación

Este estudio se clasifica como **No Experimental** en términos de diseño de investigación, dado que no se llevó a cabo ningún control ni manipulación directa sobre las variables. El diseño de esta investigación es **transversal descriptivo (comparativo)**, debido a que se ha medido los diversos aspectos, dimensiones o componentes en la investigación. Además, se efectuó la

comparación de las variables independientes: Robot Structural y Tekla Structural Designer.

El propósito la investigación descriptiva es de explicar las características fundamentales de un grupo de fenómenos homogéneos, mediante la utilización de criterios sistemáticos que posibiliten determinar el comportamiento y la estructura de los fenómenos, y proporcionar información sistemática y que sea comparable con datos provenientes de otras fuentes (Guevara, Verdesoto & Castro, 2020).

La investigación descriptiva implica describir, registrar, analizar e interpretar la naturaleza actual del fenómeno en estudio, saber su composición y desarrollo. Se basa en la realidad de los hechos, y su característica principal es proporcionar una interpretación correcta (Tamayo, 2001).

### **Enfoque de investigación**

Esta investigación sigue un enfoque **cuantitativo** debido a que obtuvimos información precisa, en donde los datos fueron estructurados con el fin de obtener conclusiones con mayor veracidad basado en datos estadísticos.

En la investigación cuantitativa, los datos que responden a las preguntas son los números (Cárdenas, 2018).

La investigación cuantitativa es un proceso que se centra en medir y cuantificar datos mediante el uso de números. Esta metodología se basa en la observación de procesos para recopilar información y analizarla con el objetivo de responder a preguntas específicas de investigación. Para llevar a cabo este método, se utilizan técnicas de análisis estadístico que incluyen la recolección de datos, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

#### **Variable cuantitativa 1:**

**Análisis Estructural:** tiene por propósito de proporcionar una estructura segura y adecuada para satisfacer necesidades específicas. La seguridad se refiere a la capacidad de resistencia de la estructura para servir sin sufrir fallas durante su periodo de funcionamiento. El análisis estructural se realiza tomando en consideración el aspecto económico, ya que busca las alternativas de solución convenientes, procurando llegar a que cada diseño sea la más óptima y adecuada (Riddell & Hidalgo, 1997).

#### **Variable Cuantitativa 2:**

**Robot Structural Analysis Professional**, es un programa gráfico integrado para realizar el modelamiento, análisis y diseñar una diversidad de estructuras. El software te permite crear estructuras, realizar cálculos estáticos y cálculos dinámicos y posteriormente realizar la verificación de los datos obtenidos. Además, te da la posibilidad de realizar el dimensionamiento de los componentes estructurales del proyecto y crear la respectiva documentación con base a las diversas normatividades existentes en el mundo (Villarroel, 2016).

#### **Variable Cuantitativa 3:**

**Tekla Structural Designer**, es un software para el diseño y análisis estructural que permite a los usuarios producir diseños seguros y eficaces independientemente del material estructural, pudiéndose diseñar una variedad de estructuras y realizar el análisis y calculo estructural en 3D. Mediante esta herramienta tecnológica podemos modelar, analizar y diseñar estructuras de concreto armado efectuando un diseño óptimo y adecuado de losas, vigas, columnas, entre otros. Completado el diseño te permite obtener automáticamente los planos de refuerzo detallados y cantidades de materiales a utilizarse en la construcción, lo cual significa, que te proporciona facilidades para realizar diseños estructurales según la necesidad, con la optimización de tiempos y costos (Tekla, 2023).

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población:**

La población o universo es el conjunto completo de unidades fundamentales de estudio, cada una de las cuales posee las características específicas que pueden ser evaluadas en el contexto de la investigación. (Paitán, Mejía, Ramírez & Paucar, 2014)

Para esta investigación, el universo poblacional está conformado por las infraestructuras de las Instituciones Educativas del nivel secundario de la ciudad de Juliaca, Puno.

### **Muestra:**

La muestra se realiza de manera intencionada y no aleatoria y su objetivo no es representar a la población en su totalidad, por lo que no se emplean criterios de selección (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

Para la investigación se ha tomado como muestra la infraestructura educativa del colegio Las Mercedes de la ciudad de Juliaca, Puno.

### **Muestreo:**

El muestreo es un procedimiento que se dedica a escoger un grupo más pequeño de una población con el fin de hacer cálculos sobre las características de la población en su conjunto. Cada variable individual se emplea para evaluar una o más características de entidades que se pueden observar y se consideran como objetos o individuos distintos. (Chinelo, 2016)

Para la presente investigación el muestreo será un pabellón de aulas educativas de la infraestructura educativa del colegio Las Mercedes de la ciudad de Juliaca, Puno.

### **Unidad de análisis:**

Las unidades de análisis, en términos prácticos, se refieren a las características específicas de los objetos a las cuales se les aplican los indicadores de medición. Estas características pueden manifestarse en forma de eventos o fenómenos. (Paitán, Mejía, Ramírez & Paucar, 2014)

Pabellón de aulas educativas de la Infraestructura educativa del colegio Las Mercedes de la ciudad de Juliaca, Puno.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

La **técnica** que se aplicó en la presente investigación, es la **observación participante y/o no participante**, puesto que se realizó la evaluación mediante la comparación de resultados obtenidos de los softwares de cálculo estructural. Para el desarrollo de la investigación se recurrió a los conocimientos existentes garantizando la validez de estas en base a los parámetros normativos vigentes.

La **observación participante**, significa la inmersión activa del investigador en el objeto a investigar, teniendo el objetivo de adquirir la cantidad máxima de datos sobre el objeto en estudio. La técnica tiene como función fundamental de garantizar un acceso privilegiado a los significados e interpretaciones que los actores señalen y establezcan en su investigación, mediante el acercamiento a las prácticas que se desarrollan (Pellicer, Vivas, & Rojas 2013).

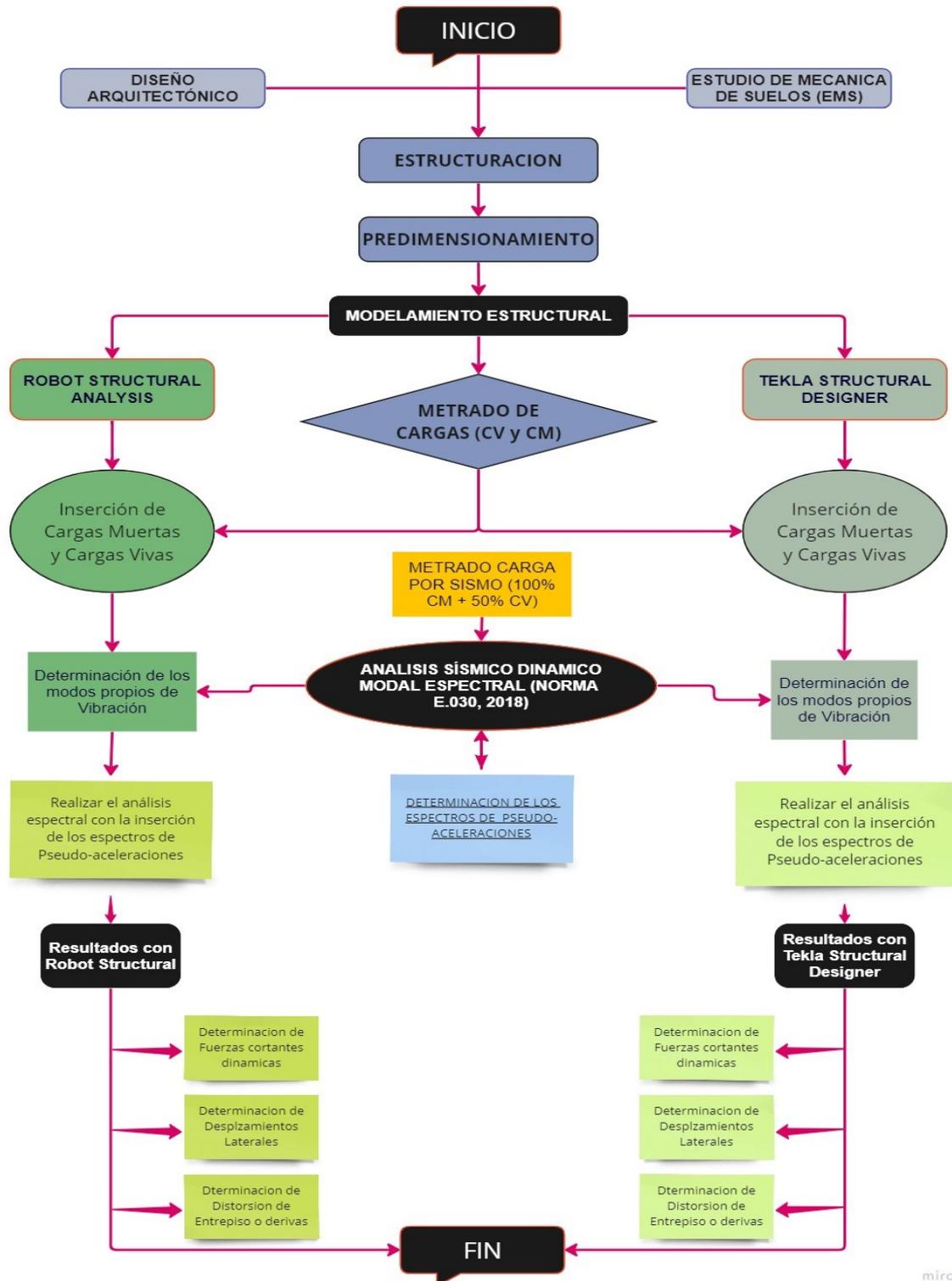
El **instrumento** que fue empleado en el desarrollo de la investigación es la **guía de observación y fichas de trabajo**, puesto que se recopilará los datos e información obtenida del diseño con la aplicación de los programas Robot y Tekla, los cuales proporcionan información específica para realizar la comparación de las variables independientes.

La **guía de observación** es una herramienta estructurada que se utiliza para recopilar datos e información de forma sistemática y organizada. Esta herramienta nos permite registrar los hechos de manera adecuada, con el fin de realizar una revisión clara y objetiva de los mismos. La guía de observación agrupa la información y los datos de acuerdo a las necesidades específicas de la investigación, y se enfoca en las variables o elementos del problema que se está estudiando (Tamayo,2004).

### **3.5. Procedimiento:**

**Figura 8.**

*Esquema de procedimiento de la investigación*



Nota: Realizado en Miró.

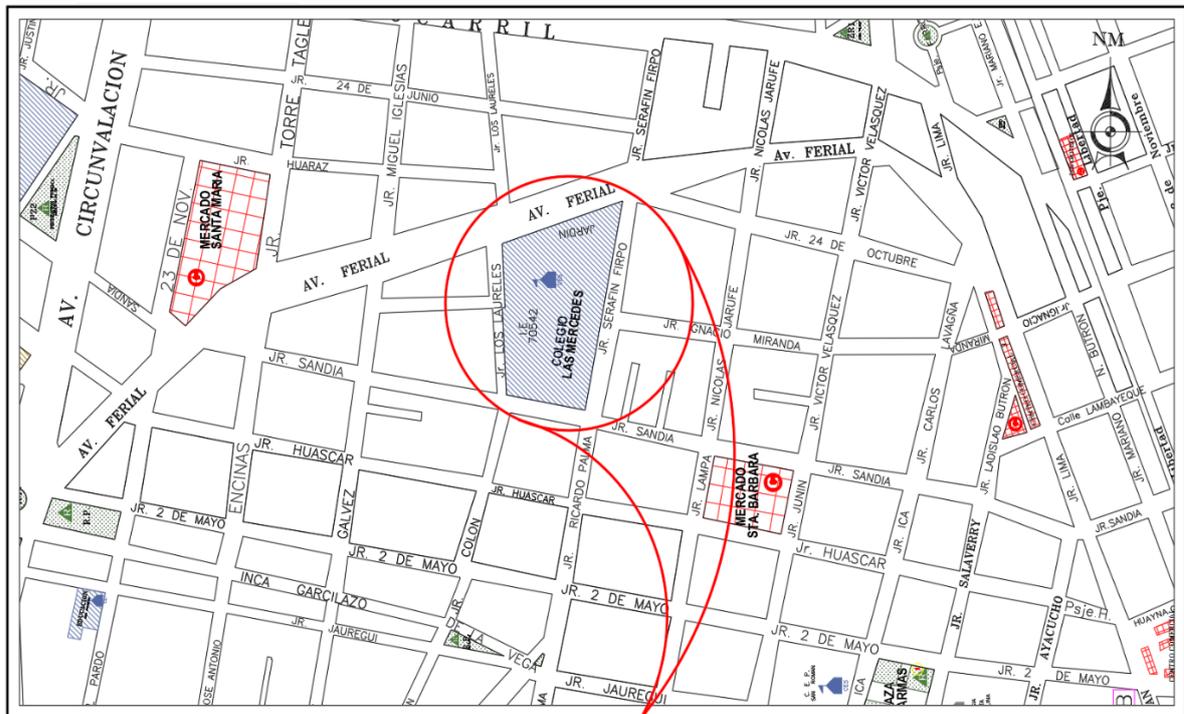
## Aspectos generales de la edificación:

En función a los antecedentes y conociendo la necesidad de la población estudiantil de contar con infraestructura nueva, por lo que se ha considerado realizar la presente investigación en la Institución Educativa Secundaria “Gran Unidad Escolar Las Mercedes”.

Considerando que la ubicación del proyecto para el estudio se encuentra en el departamento de Puno, provincia de San Román, distrito de Juliaca en la Urbanización Las Mercedes, ubicado en la zona 19L, con una Altitud y/o elevación de 3,825 m.s.n.m. Mostrado en la figura 9.

**Figura 9.**

*Ubicación geográfica del colegio las mercedes*



**PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO**  
ESC: 1/2500

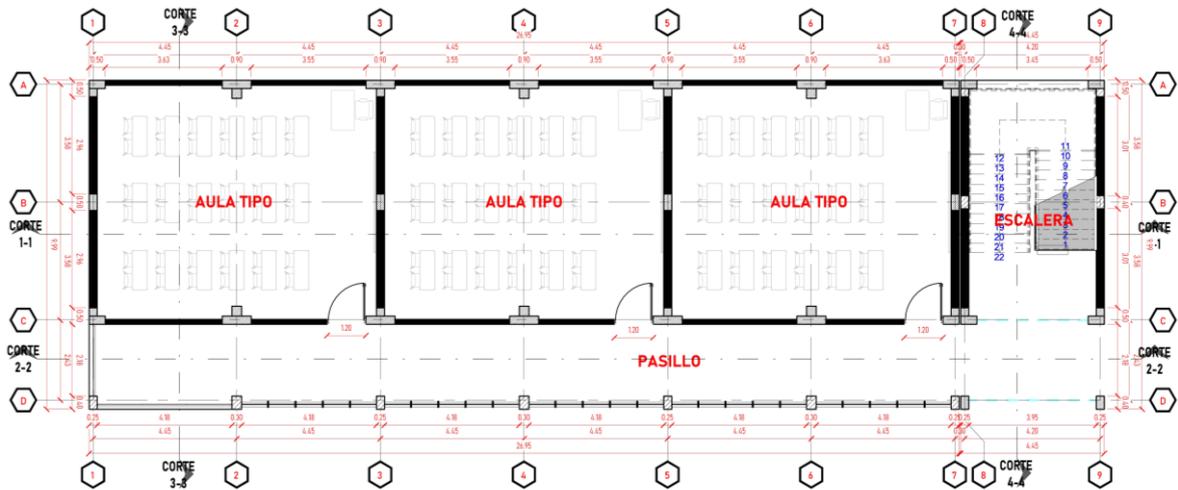
## Configuración arquitectónica:

La infraestructura que fue tomada como muestra tiene el uso de aulas pedagógicas, y cuenta con 4 niveles, en donde su configuración arquitectónica y geométrica es rectangular, sin irregularidades, teniendo como medidas: largo de 26.70m y ancho

9.60 m, además de contar con una escalera aislada de la edificación principal según lo mostrado en la figura 10, además se cuenta con un área total construida de 259.05 m<sup>2</sup> para todos los niveles de la edificación:

**Figura 10.**

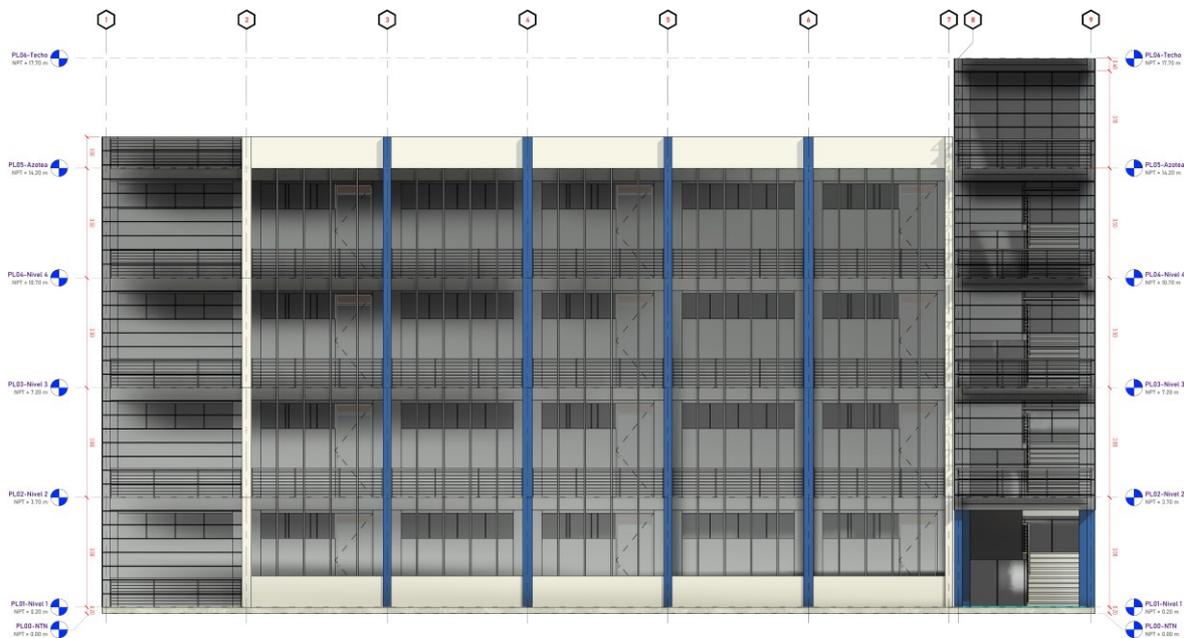
*Configuración arquitectónica en planta nivel tipo (1-4)*



De la misma manera podemos mostrar la elevación frontal y corte del proyecto mostrados en la figura 11 y figura 12 respectivamente.

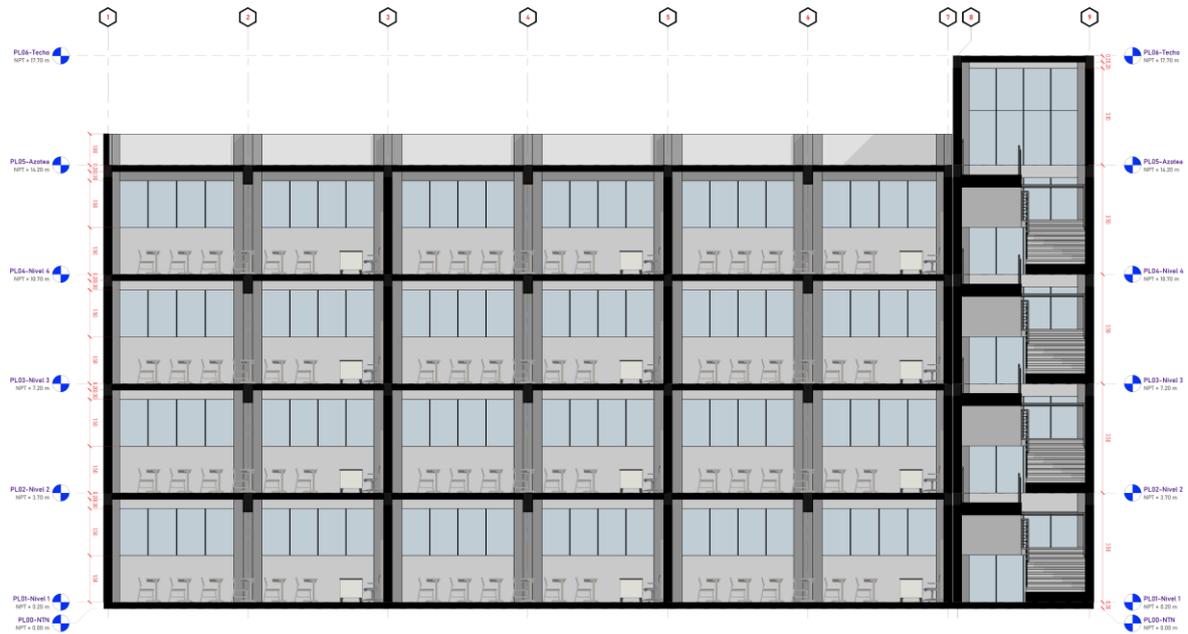
**Figura 11.**

*Elevación frontal del pabellón educativo*



**Figura 12.**

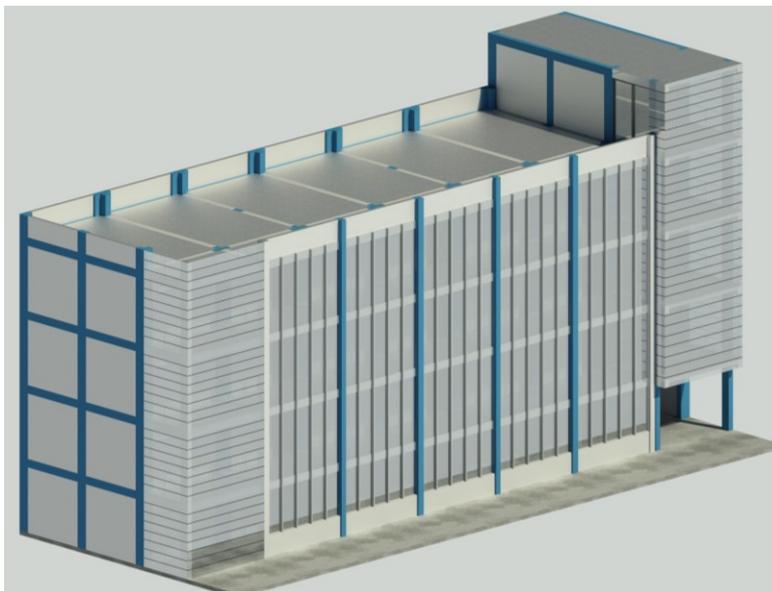
*Corte longitudinal del diseño arquitectónico*



El proyecto arquitectónico fue realizado en el programa Revit, por lo cual se tiene, la vista 3D de la edificación, mostrado en la figura 13.

**Figura 13.**

*Vista 3D del proyecto del pabellón educativo.*



**Características estructurales:**

El sistema estructural a adoptar es Dual, considerándose según lo establecido por la norma E.030, 2018, el cual estará conformado por pórticos de C° A° y muros estructurales, siendo que estos últimos que resisten una cortante entre el 20% a 70% en la base del edificio de acuerdo a la norma, así mismo sobre estas se apoyarán losas aligeradas en una dirección, con un espesor de 20 cm.

#### **Características de los materiales:**

Resistencia a la compresión del concreto	: $f'c=210\text{kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del concreto	: $E_c=15000\sqrt{210\text{kgf/cm}^2}$
Peso específico del concreto	: $\gamma_u=2400\text{kg/m}^3$
Coefficiente de poisson del concreto	: $\mu=0.15$
Resistencia nominal del acero de grado 60	: $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ .

#### **Aspectos Geotécnicos de suelos de fundación:**

El investigador se aproximó a la Institución educativa secundaria Las Mercedes de Juliaca, con la finalidad de realizar el estudio de mecánica de suelos – EMS, según la Norma E.050, en donde mediante el método de exploración de suelos se realizó 02 calicatas, de donde se obtuvieron 02 muestras, los cuales fueron llevados al laboratorio de suelos para la determinación de sus propiedades físicas.

#### **Figura 14.**

*Exploración del suelo mediante calicata C-01*



#### **Figura 15.**

*Exploración de suelos mediante calicata C-02*

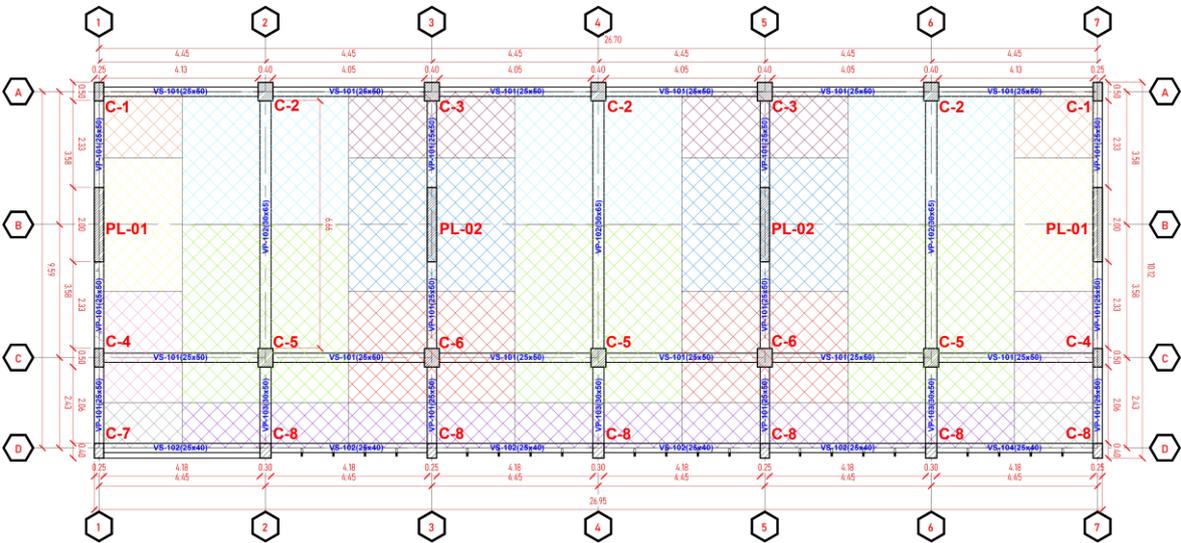


**Estructuración y predimensionamiento.**

La estructuración de la edificación se realizó tomando en consideración el diseño arquitectónico, además, en donde se ha definido la ubicación de los elementos estructurales de manera adecuada, que nos permita desarrollar la propuesta arquitectónica de tomar en consideración las normas para diseño de infraestructura educativas.

**Figura 16.**

*Estructuración y definición de áreas tributarias*



El predimensionamiento de los elementos estructurales, se realizó en el programa Excel, en donde se definió preliminarmente las dimensiones de todos los elementos estructurales del proyecto el cual consiste en la estimación de las dimensiones

tentativas que tendrá cada elemento, de acuerdo a ciertos criterios y recomendaciones dispuestas por la Norma E.060, y tomando en cuenta los requerimientos arquitectónicos y de ocupación, para lo cual se presenta cuadro resumen del predimensionamiento de los elementos estructurales.

**Tabla 2.**

*Resultado del predimensionamiento de losa aligerada*

Nombre del elemento	Ident.	Luz (m)	H. Losa (cm)	H. Ladrillo (cm)	Obs.
Losa aligerada	L.A. (X-X)	4.45	20.00	15.00	Cumple

**Tabla 3.**

*Resultados del predimensionamiento de vigas principales y secundarias*

Nombre del elemento	Ident.	Luz (m)	Base (cm)	Peralte (cm)	Detalle
Viga principal	VP-101	2.33	25.0	50.0	Cumple
Viga principal	VP-102	6.66	30.0	65.0	Cumple
Viga principal	VP-103	2.06	25.0	50.0	Cumple
Viga secundaria	VS-101	4.50	25.0	50.0	Cumple
Viga secundaria	VS-102	4.50	25.0	40.0	Cumple

**Tabla 4.**

*Resultado del predimensionamiento de columnas.*

Nombre del elemento	Ident.	Área trib.	Área col. Requerido	B (cm)	D (cm)	Obs.
Columna esquinada	C-01	3.98 m <sup>2</sup>	325 cm <sup>2</sup>	25.0	40.0	Cumple
Columna excéntrica	C-02	15.93 m <sup>2</sup>	1300 cm <sup>2</sup>	40.0	40.0	Cumple
Columna excéntrica	C-03	7.97 m <sup>2</sup>	651 cm <sup>2</sup>	30.0	40.0	Cumple
Columna excéntrica	C-04	6.67 m <sup>2</sup>	544 cm <sup>2</sup>	30.0	40.0	Cumple
Columna central	C-05	21.34 m <sup>2</sup>	1355 cm <sup>2</sup>	40.0	50.0	Cumple
Columna central	C-06	13.37 m <sup>2</sup>	849 cm <sup>2</sup>	30.0	40.0	Cumple
Columna esquinada	C-07	2.70 m <sup>2</sup>	220 cm <sup>2</sup>	25.0	30.0	Cumple
Columna excéntrica	C-08	5.41 m <sup>2</sup>	442 cm <sup>2</sup>	30.0	30.0	Cumple

**Tabla 5.**

*Resultado del predimensionamiento de placas*

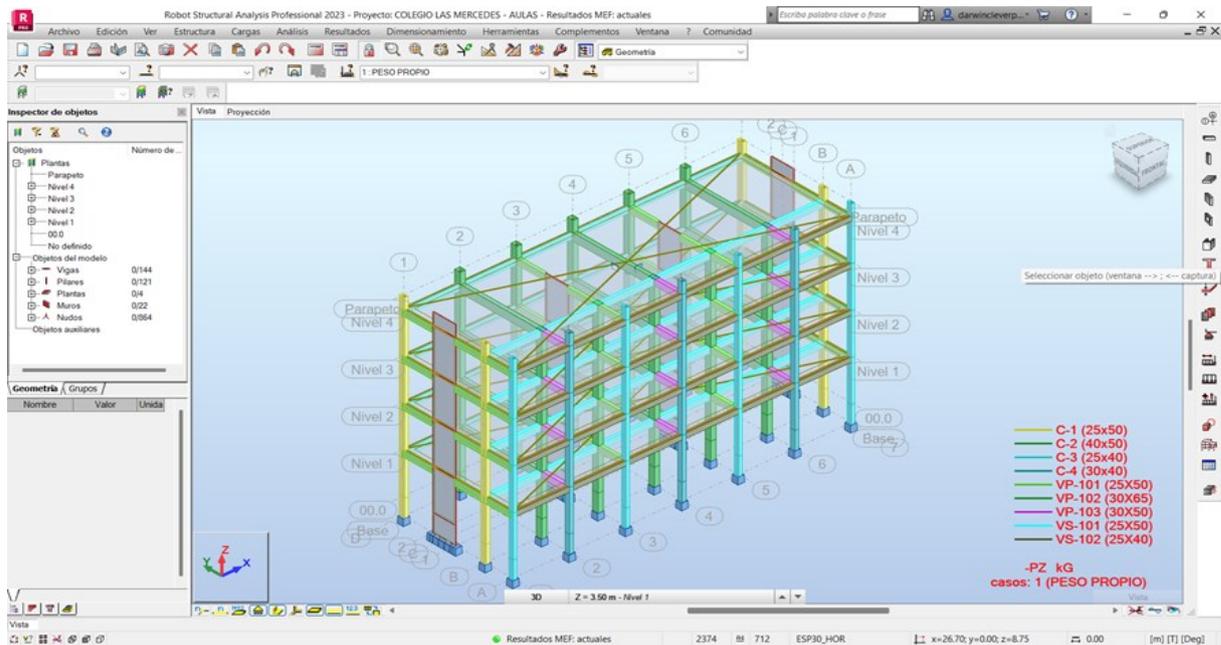
Nombre del elemento	Ident.	Cortante basal	Espesor	L	Cant.	Obs.
Placa dirección (y-y)	PL-01	1100260 kg	25.00 cm	2.00 m	2.00	Cumple
Placa dirección (y-y)	PL-02	1100260 kg	25.00 cm	2.00 m	2.00	Cumple

**Modelamiento**

El modelamiento de la infraestructura se realizó en el software Robot Estructural y en el programa Tekla Strcutural Designer, considerando los tipos de material y la configuración de las mimas, tomando valores según el predimensionamiento de los elementos estructurales, para lo cual mostramos a continuación:

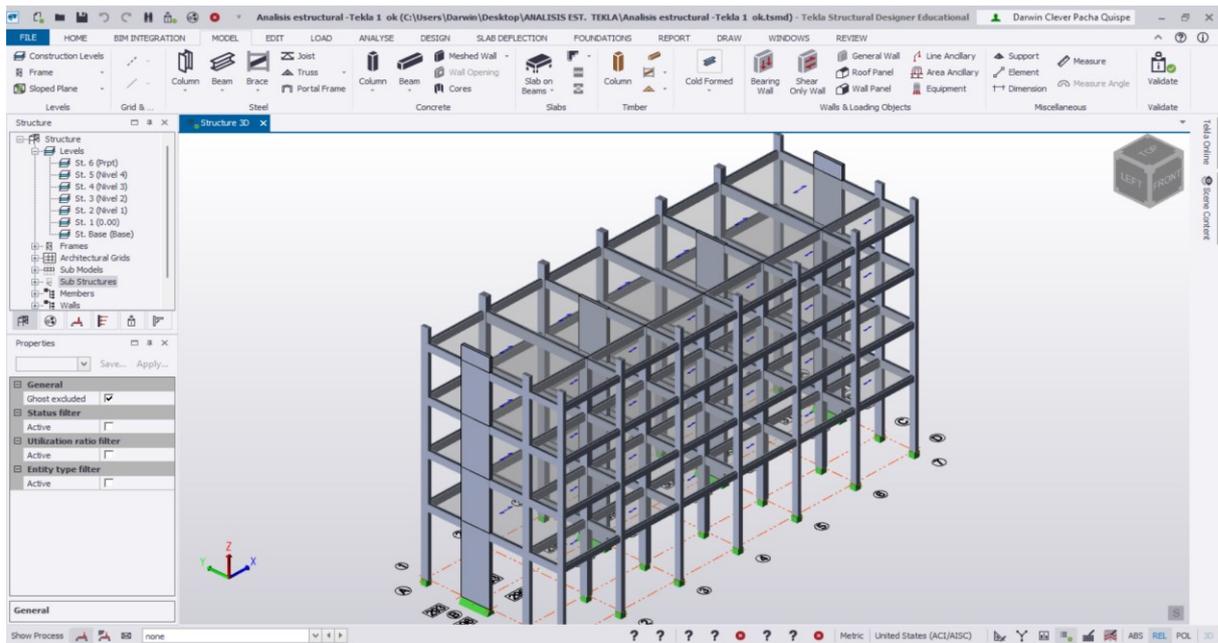
**Figura 17.**

*Modelado de estructura con Robot Structural*



**Figura 18.**

*Modelado de la estructura con Tekla Structural Designer*



## Análisis de cargas

Se realizó el análisis de cargas de acuerdo a lo dispuesto por la Norma E.020 cargas, en donde realizaremos el análisis sobre todas las cargas que soportará la estructura, tomando en consideración los niveles, y determinación de las cargas como el peso propio de la estructura, las cargas muertas y las cargas vivas que incidirán sobre la estructura. Además, se ha realizado un análisis exhaustivo del de cargas por sismo, el cual comprende realizar el metrado de cargas muertas y las cargas vivas que actúan en la estructura, para lo cual se muestra el siguiente cuadro de resumen:

**Tabla 6.**

*Metrado de cargas vivas y cargas muertas*

Nivel	C. Muerta						C. Viva		
	Vigas	Columnas	Losa	Placas	Tabiquería	Acabados	Total CM	Total CV	
4	44.21	24.41	76.82	5.28	12.90	25.61	189.23	38.41	
3	44.21	31.58	76.82	13.44	32.96	25.61	224.62	64.01	
2	44.21	31.58	76.82	13.44	32.96	25.61	224.62	64.01	
1	44.21	39.12	76.82	25.92	32.96	25.61	244.64	64.01	
S. Total	176.85	126.70	307.26	58.08	111.79	102.42	883.10	230.45	
Total = CM+CV								1,113.55	

Así mismo se ha realizado la combinación de cargas de acuerdo con lo establecido por la norma E.030, 2018. En donde el peso (P) será calculado adicionando a la carga permanente un porcentaje de la carga viva, para el caso de la investigación y considerando que la edificación de categoría A, se tomará el 50% de la carga viva, para lo cual se determinó los siguientes valores.

**Tabla 7.**

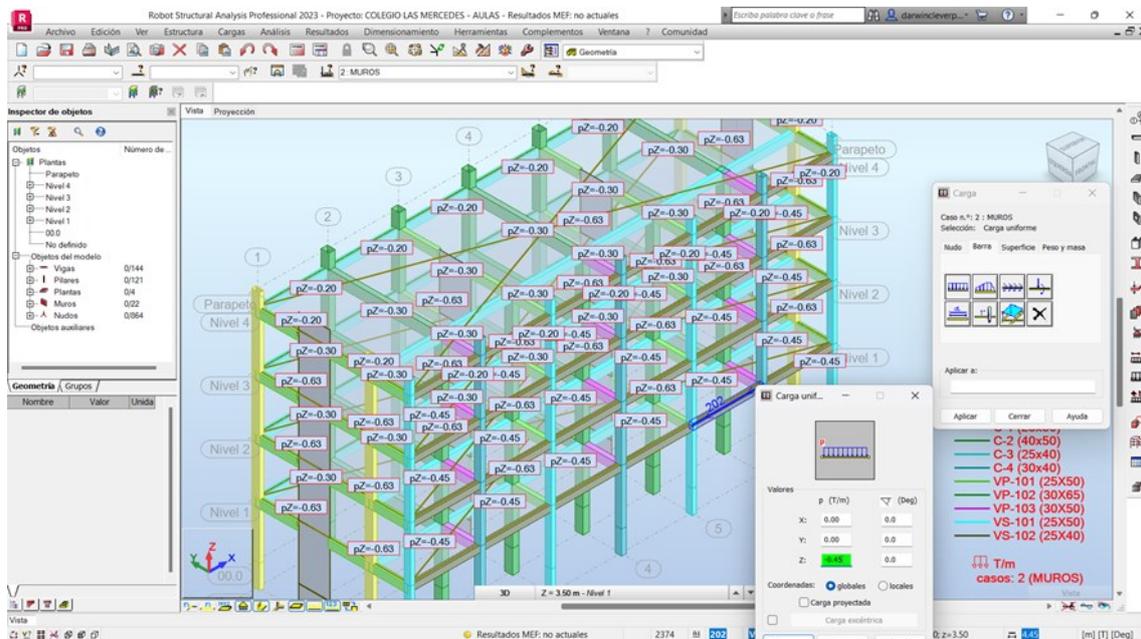
*Combinación de cargas para el peso sísmico*

Nivel	50% CV	100% CM	Pi total (tn)
4	19.20	189.23	208.43
3	32.01	224.62	256.63
2	32.01	224.62	256.63
1	16.00	244.64	260.64
<b>TOTAL</b>	<b>99.22</b>	<b>883.10</b>	<b>982.32</b>

Con los valores ya determinados en la tabla 7, se procedió a realizar la asignación de las cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) a los modelos ya realizados en los softwares Robot Structural y Tekla Structural Designer, como se aprecia en las siguientes figuras:

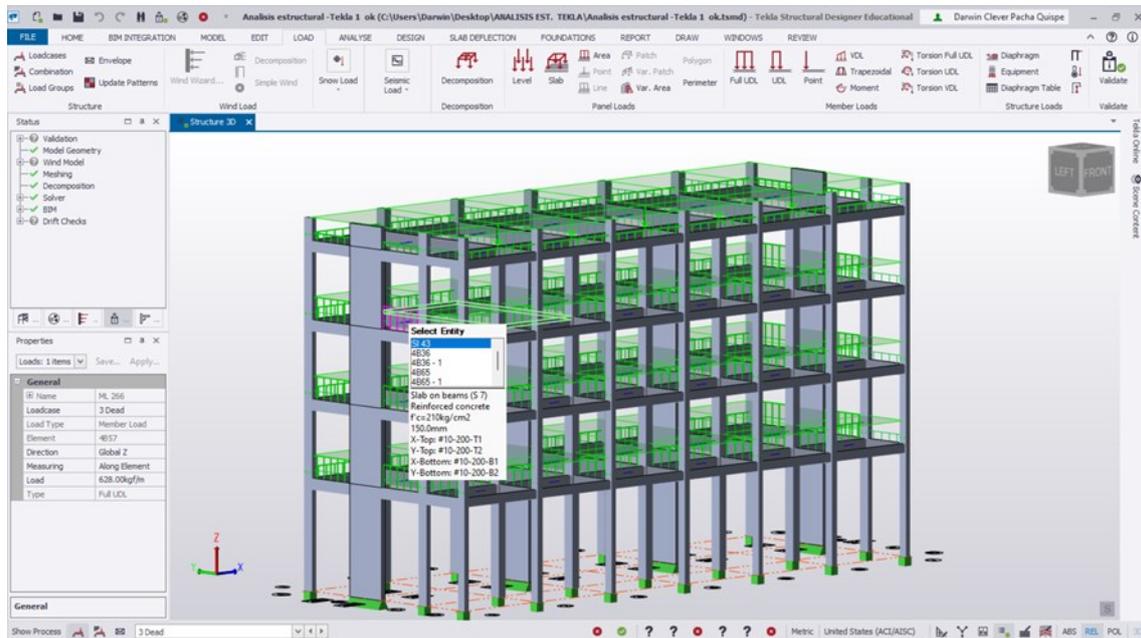
**Figura 19.**

*Asignación de cargas muertas y cargas vivas en Robot Structural*



**Figura 20.**

*Asignación de cargas muertas y cargas vivas en Tekla Structural Designer*



**Análisis Sísmico según Norma E.30 Diseño sismorresistente:**

En la presente investigación; se toma como principal normativa para realizar el análisis sísmico según lo estipulado por la norma E.030 2018, en donde mediante hojas de cálculo de Excel, se obtendrán los datos necesarios para el análisis estático y el análisis dinámico modal espectral, en donde se determinará las fuerzas cortantes dinámicas mínimas, los desplazamientos laterales y la distorsión de entrepisos o también denominadas derivas.

**Criterios Sísmicos:**

Factor de zonificación (Z): como primer paso se determina el factor de zonificación sísmica, el cual está determinado según la ubicación de la edificación según lo establecido en la norma E.30. Perteneciendo la ciudad de Juliaca a la Zona 3 (Z=0.35).

Factor de Suelo (S): El mismo es dependiente de tipo de suelo el cual fue determinado mediante el estudio de mecánica de suelos – EMS, teniendo como resultado un suelo arenoso con mínima cantidad de gravas con presencia de limos,

con una capacidad portante de 1.10 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, Por lo cual se ha determinado como suelos intermedios, describiéndose un tipo de suelos S2 (S=1.15).

Parámetros de Sitio (Tp y TI): estos factores están directamente relacionados con el tipo de suelo, para el caso estos valores de Tp = 0.60 y TI = 2.00.

Factor de Uso (U): este factor fue determinado según la categoría de la edificación. considerando que es una edificación esencial de categoría A2 (U=1.50).

Factor de Amplificación Sísmica (C): representa la relación entre la aceleración experimentada por la superestructura y la aceleración del suelo ante un evento sísmico. Esta relación se establece mediante a los parámetros del periodo TP y TL, estos periodos se dividen en tres tramos: cortos, intermedios y largos, para cada uno de estos tramos se determinan mediante las ecuaciones 3, 4, 5, 6 y 7.

Coefficiente básico de reducción (Ro): De la tabla 7, de la norma E.30, vigente, se obtiene el valor el cual es únicamente dependiente del sistema estructural, para nuestro caso, ya que se tienen distintos sistemas estructurales para las direcciones "X" y "Y"; entonces, para el sistema estructural en "X", Ro=8; y para el otro sistema estructural en "Y", Ro=7.

Factores de irregularidades: se verifica las restricciones de las irregularidades de acuerdo a la categoría de la edificación y zona de edificación; para nuestro caso la estructura no presenta ninguna irregularidad, por tanto, los factores de irregularidades en altura serán igual a 1.00, en ambas direcciones.

Por tanto, se presenta los parámetros sísmicos para nuestra edificación con el cual se procederá a calcular las cortantes basales en ambas direcciones y también se realizará el cálculo del espectro de Psuedo-aceleraciones.

### **Tabla 8.**

*Parámetros sísmicos obtenidos para la dirección X-X*

Símbolo	Valor	Nombre	Normativa
Tx =	0.43	Periodo fundamental de vibración X (s)	Art. 28.4 (E.030)
Cx =	2.50	Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)

Ro =	8.00	Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
Iax =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
Ipx =	1.00	Irregularidad en planta	Tabla 09 (E.030)
Rx =	8.00	Coeficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)
Cx/Rx =	0.313	CX/RX = 0.313 ≥ 0.11 Cumple	Art. 28.2.2 (E.030)

**Tabla 9.**

*Parámetros sísmicos obtenidos para la dirección Y-Y*

Símbolo	Valor	Nombre	Normativa
Ty =	0.25	Periodo fundamental de vibración Y (s)	Art. 28.4 (E.030)
Cy =	2.50	Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)
Ro =	7.00	Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
Iay =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
Ipy =	1.00	Irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)
Ry =	7.00	Coeficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)
Cy/Ry =	0.357	CY/Ry = 0.357 ≥ 0.11 Cumple	Art. 28.2.2 (E.030)

Fuerza de cortante Basal: Según el análisis estático definido por la norma, este cálculo se realizará de acuerdo a la norma E.030 - 2018, en donde para el cálculo de esta, se determina mediante la ecuación 1.

Por lo que, según inserción de los datos del cuadro anterior, se tienen los siguientes resultados para la cortante basal estática en las direcciones X y Y; considerándose estas como coeficientes se ha multiplicado por el factor P (peso total de la estructura que se obtiene de los metrados por sismo):

$$\text{Cortante Basal X-X} : 0.189 * P = 0.189 * (982.32) = 188.36 \text{ tn.}$$

$$\text{Cortante Basal Y-Y} : 0.216 * P = 0.216 * (982.32) = 215.26 \text{ tn.}$$

### **Cálculo del espectro de sismo de Diseño:**

Mediante, este procedimiento determinamos los modos de vibración y sus respectivos períodos naturales y masas participantes, cualquier estructura puede ser diseñado utilizando datos del resultado del análisis dinámico por combinación modal espectral. Mediante la realización del análisis dinámico del modelo

matemático podemos calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por la ecuación 2.

Para lo cual determinamos los espectros de Pseudo – aceleraciones, para la dirección X-X, Y-Y y Z-Z, según los datos calculados y adjuntados en los anexos del presente, tomando en consideración que, T(s), es el tiempo en segundos, Sa es la aceleración espectral en la dirección indicada.

**Tabla 10.**

*Resultados de los espectros de aceleraciones (Sa)*

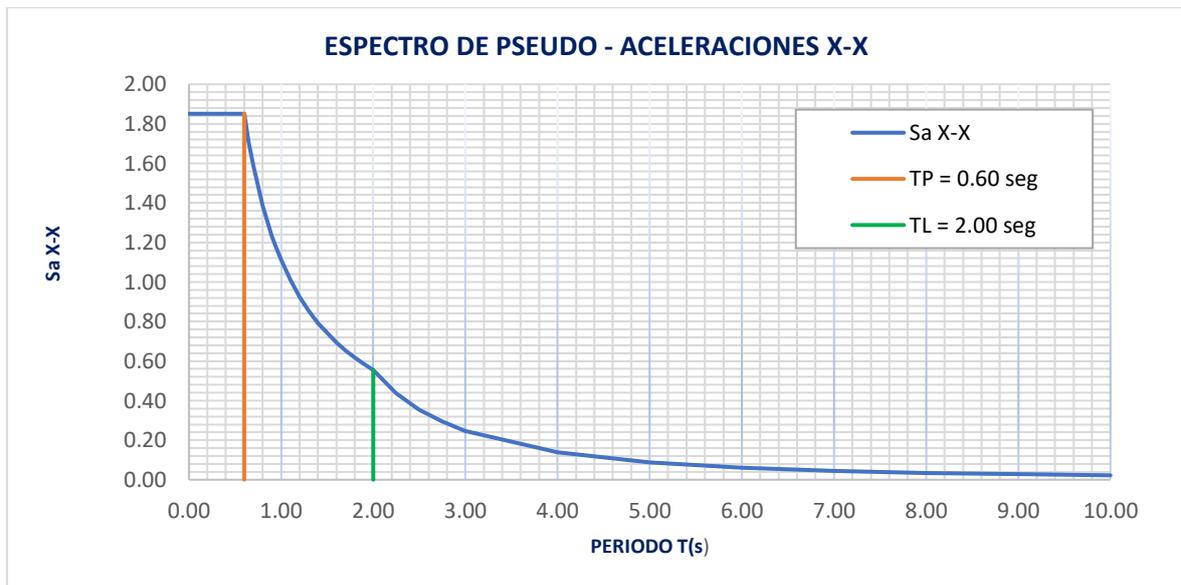
T (s)	Sa X-X	Sa Y-Y	Sa Z-Z
0.00	1.8509	2.1153	0.4936
0.02	1.8509	2.1153	0.6170
0.04	1.8509	2.1153	0.7403
0.06	1.8509	2.1153	0.8637
0.08	1.8509	2.1153	0.9871
0.10	1.8509	2.1153	1.1105
0.12	1.8509	2.1153	1.2339
0.14	1.8509	2.1153	1.2339
0.16	1.8509	2.1153	1.2339
0.18	1.8509	2.1153	1.2339
0.20	1.8509	2.1153	1.2339
0.25	1.8509	2.1153	1.2339
0.30	1.8509	2.1153	1.2339
0.35	1.8509	2.1153	1.2339
0.40	1.8509	2.1153	1.2339
0.45	1.8509	2.1153	1.2339
0.50	1.8509	2.1153	1.2339
0.55	1.8509	2.1153	1.2339
0.60	1.8509	2.1153	1.2339
0.65	1.7085	1.9526	1.1390
0.70	1.5865	1.8131	1.0576
0.75	1.4807	1.6922	0.9871
0.80	1.3882	1.5865	0.9254
0.85	1.3065	1.4931	0.8710
0.90	1.2339	1.4102	0.8226
0.95	1.1690	1.3360	0.7793
1.00	1.1105	1.2692	0.7403
1.10	1.0096	1.1538	0.6730
1.20	0.9254	1.0576	0.6170
1.30	0.8542	0.9763	0.5695
1.40	0.7932	0.9065	0.5288
1.50	0.7403	0.8461	0.4936
1.60	0.6941	0.7932	0.4627
1.70	0.6532	0.7466	0.4355

1.80	0.6170	0.7051	0.4113
1.90	0.5845	0.6680	0.3897
2.00	0.5553	0.6346	0.3702
2.25	0.4387	0.5014	0.2925
2.50	0.3554	0.4061	0.2369
2.75	0.2937	0.3356	0.1958
3.00	0.2468	0.2820	0.1645
4.00	0.1388	0.1586	0.0925
5.00	0.0888	0.1015	0.0592
6.00	0.0617	0.0705	0.0411
7.00	0.0453	0.0518	0.0302
8.00	0.0347	0.0397	0.0231
9.00	0.0274	0.0313	0.0183
10.00	0.0222	0.0254	0.0148

Según los datos obtenidos en el cuadro anterior, se ha realizado el grafica de los espectros de pseudo - aceleraciones en las direcciones X, Y y Z, según lo establecido por la norma E.030, 2018, como se muestra en los siguientes gráficos:

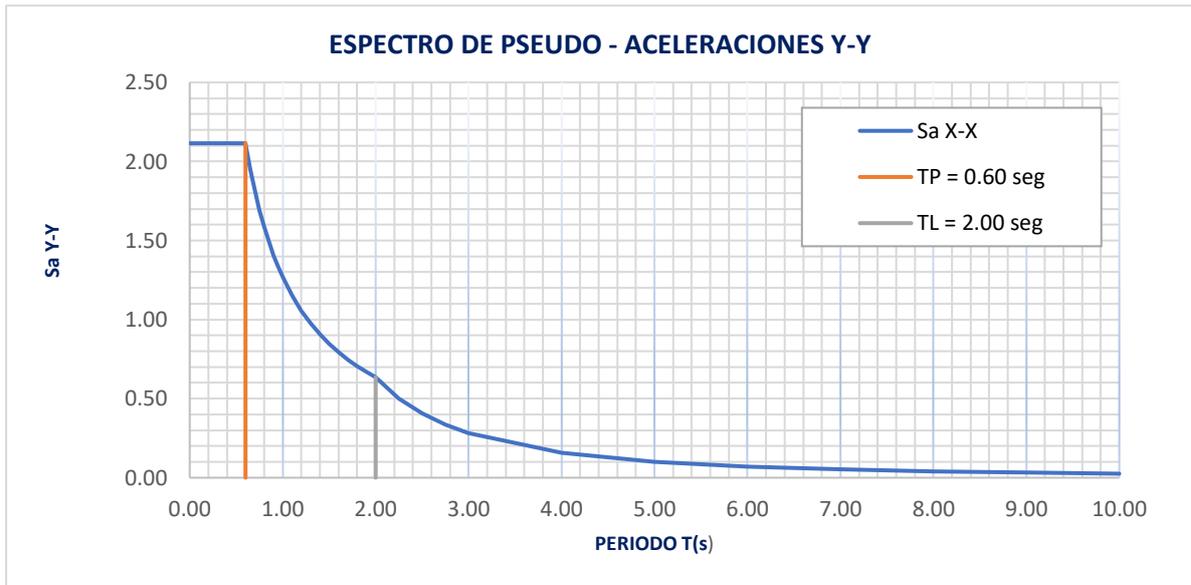
**Figura 21.**

*Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección X-X*



**Figura 22.**

*Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección Y-Y*



**Figura 23.**

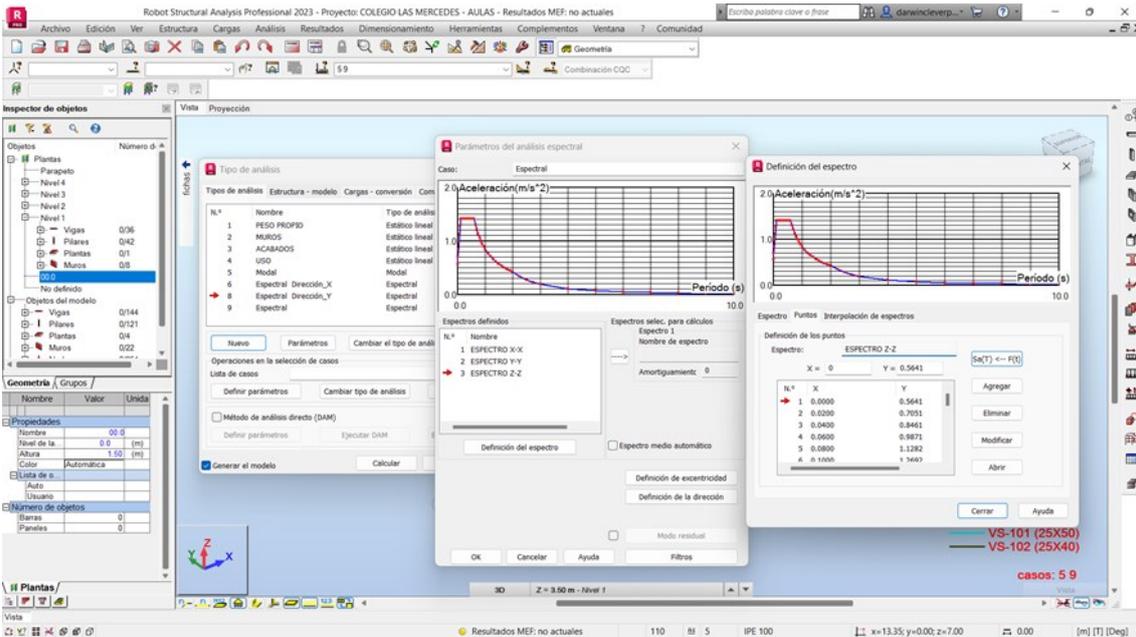
*Espectro de pseudo – aceleraciones para la dirección Z-Z*



Según los datos obtenidos en párrafos predecesoras, estos datos son insertados en los programas de cálculo estructural. En el software Robot Structural se insertó datos obtenidos de los espectros de aceleraciones en las direcciones X, Y y Z, ya que el programa Robot, solicita estos datos para hacer el análisis estructural dinámico, como se muestra en la siguiente imagen:

**Figura 24.**

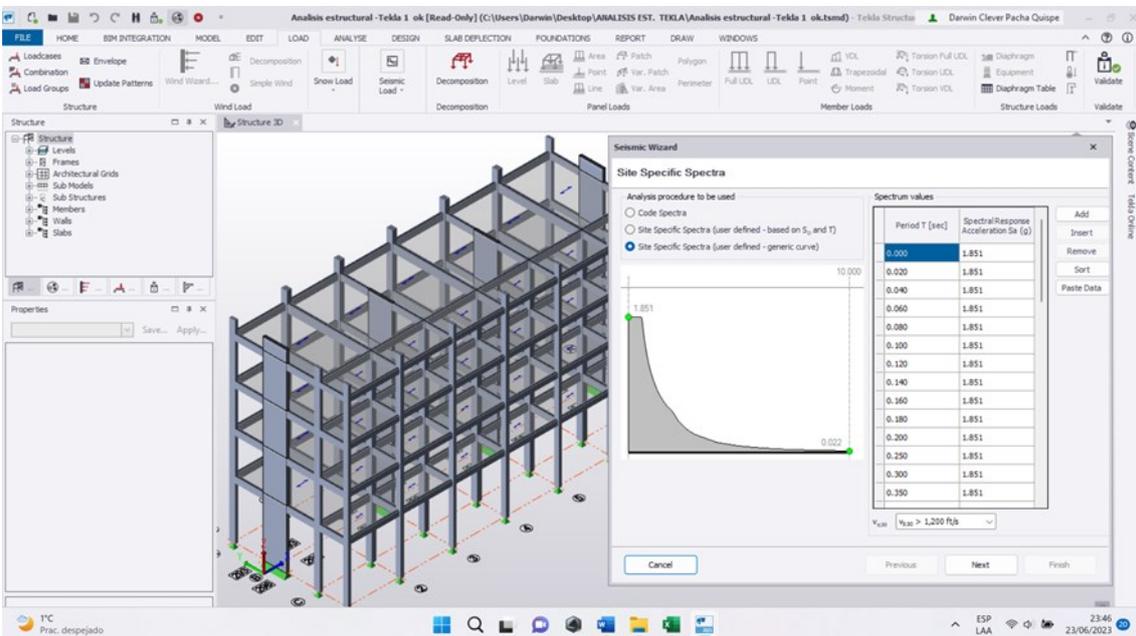
*Inserción del espectro Pseudo- aceleraciones en el programa Robot*



Para el caso del Tekla Structural Designer no permite ingresar los 3 espectros para las direcciones X, Y y Z, por lo que se tomó la decisión de insertar independientemente para cada dirección de análisis, mostrado en la figura 25.

**Figura 25.**

*Inserción del espectro de Pseudo-aceleraciones en el programa Tekla*



Finalmente, insertado los datos y realizado la combinación de cargas (CM y CV), así como las cargas por sismo, según lo dispuesto por la normatividad, el programa

realiza el análisis modal espectral, con el cual se determinan los tres objetivos específicos de nuestro proyecto de investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

El análisis e interpretación de los datos en esta investigación se realizó de según lo dispuesto del análisis cuantitativo, a razón de que se utilizó datos netamente numéricos según los resultados del análisis estructural - sísmico, los cuales fueron obtenidos, expresados y procesados por medio de cuadros y gráficos con la utilización de los instrumentos tecnológicos de análisis estructural como son: Robot Structural Analysis Profesional y Tekla Structural Designer. Además, de la utilización de herramientas.

Mediante el empleo programa Microsoft Excel 2019, se realizó los cuadros de análisis de datos y cuadros comparativos según la información adquirida durante el desarrollo del proyecto de investigación. Además, con la finalidad de mejor comprensión e interpretación se ha realizado los gráficos computarizados.

Mediante la utilización del programa Autodesk Revit 2022 se ha realizado los planos arquitectónicos (plantas, elevaciones, cortes y modelado y diseño en 3D). Así mismo se ha realizado la estructuración y distribución y determinación de las áreas tributarias.

Mediante el programa Microsoft Excel 2019 se ha programado hojas de cálculo para realizar el predimensionamiento y metrado de cargas, realizar el análisis sísmico estático – cortantes basales estáticas y otros aspectos necesarios para determinar los objetivos de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Este proyecto de investigación fue realizado, en concordancia a los principios establecidos en el código de ética en investigación de la universidad cesar vallejo, el mismo que fue aprobado mediante resolución de consejo universitario N.º 0126-2017/UCV, en fecha 23de mayo del 2017. Para lo cual, se tomó en consideración

los procedimientos que fueron establecidos para la elaboración de los proyectos de investigación (tesis), con lo cual se ha cumplido con los requerimientos mínimos establecidos e indicados en el Artículo 01; por lo que se considera que esta investigación cumple con los estándares mínimos y máximos de rigor científico, responsabilidad y honestidad.

Esta investigación, fundamentalmente está basado en el desarrollo de los aspectos éticos los cuales fueron establecidos en el código mencionado en el párrafo precedente, por lo cual, la recolección de la información se ha obtenido a través de fuentes confiables, siendo que estas no sufrieron modificaciones ni alteraciones, el mismo que se realizó las citas y referencias correspondientes, de manera correcta y adecuada respetando de esta manera la autoría de cada una de estas fuentes de donde se extrajo información necesaria.

Por tanto, según lo expuesto se puede acreditar, que el investigador realizó responsablemente el proyecto de investigación respetando las autorías de los libros, tesis y artículos científicos, cumpliendo de esta manera con lo estipulado en la norma ISO-690.

## IV.- RESULTADOS

### Fuerza cortante basal dinámico

La fuerza cortante basal dinámico según el análisis sísmico modal espectral utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. Fueron calculados para la dirección X-X y para la dirección Y-Y, para lo cual, presentamos el cuadro comparativo de los valores obtenidos y las variaciones de las mismas.

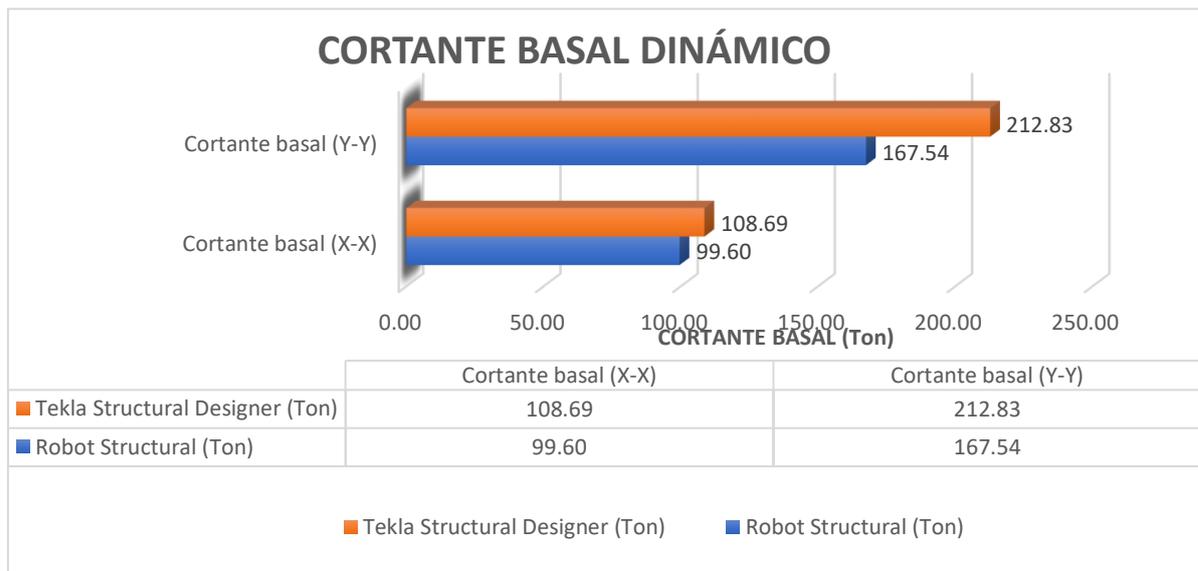
**Tabla 11.**

*Fuerzas de cortante basal dinámico en dirección X-X e Y-Y*

Fuerzas de Cortante Basal Dinámica				
Fuerza cortante basal dinámico	Robot Structural (Ton)	Tekla Structural Designer (Ton)	Variación (Ton)	Variación (%)
Cortante basal (X-X)	99.60	108.69	9.09	<b>9.13%</b>
Cortante basal (Y-Y)	167.54	212.83	45.29	<b>27.03%</b>

**Figura 26.**

*Comparación de fuerzas de cortante basal dinámico*



Según la tabla 11 y figura 26, se observan los resultados de la cortante basal dinámica generado en la base de la estructura, según el análisis sísmico modal espectral realizado para la dirección X-X; en donde, el programa Robot Structural

presenta valores inferiores que a los obtenidos por Tekla Structural Designer, teniendo una diferencia de 9.09 toneladas, el cual representa el 9.13% de variación. Para la cortante basal dinámico en la dirección Y-Y, robot Structural presentó valores menores a los obtenidos por Tekla Structural Designer, siendo la diferencia de 45.29 toneladas, que representa el 27.03%.

Para la verificación de los resultados obtenidos del análisis modal espectral, se ha realizado la verificación de las masas consideradas por cada programa, el cual fue configurado según la norma E.030, donde indica que debe considerarse (100% CM + 50% CV). Los valores arrojados por Robot Structural y Tekla Structural Designer, tiene los siguientes datos mostrados en la tabla 12.

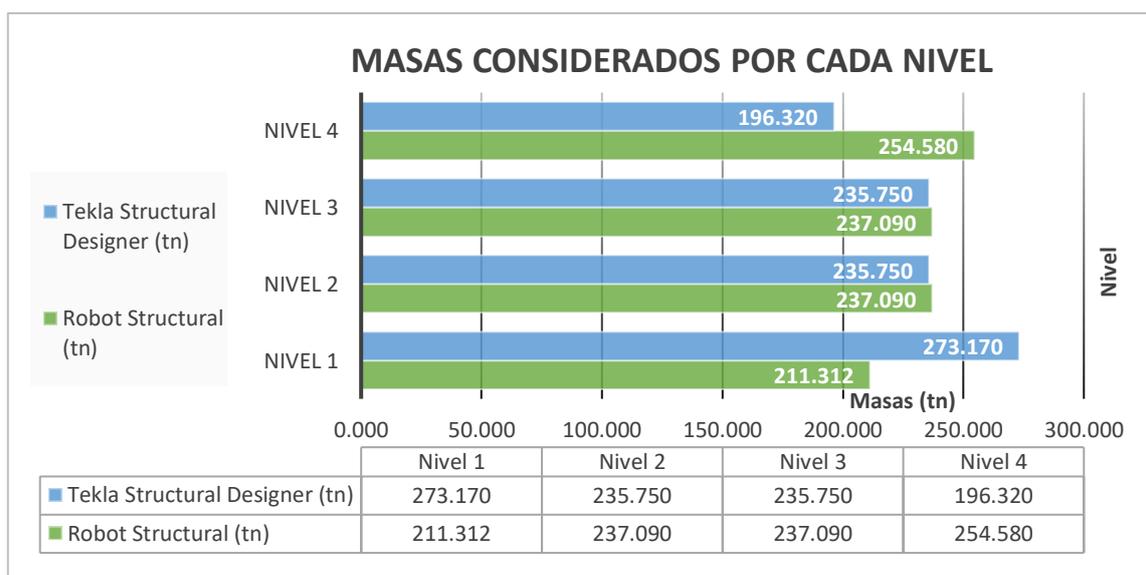
**Tabla 12.**

*Verificación de masas por cada nivel de la estructura*

Masas por nivel de estructura				
Planta de la edificación	Robot Structural (tn)	Tekla Structural Designer (tn)	Variación (tn)	Variación (%)
Nivel 1	211.312	273.170	61.858	<b>29.27%</b>
Nivel 2	237.090	235.750	1.340	<b>0.57%</b>
Nivel 3	237.090	235.750	1.340	<b>0.57%</b>
Nivel 4	254.580	196.320	58.260	<b>22.88%</b>
<b>Total</b>	<b>940.072</b>	<b>940.990</b>	<b>0.918</b>	<b>0.10%</b>

**Figura 27.**

*Comparación de masas por nivel de estructura*



De la tabla 12 y figura 27, se puede interpretar que, los programas tomaron distintos criterios para adoptar las masas por cada nivel de la estructura, teniendo que, se tuvo las siguientes variaciones entre Robot Structural y Tekla Structural Designer, variaciones para el nivel 1 en 58.26 tn (22.88%), Nivel 2 en 1.34 tn (0.57%), Nivel 3 en 1.34 tn (0.57%) y en el nivel 4 en 58.26 (22.88%). Considerando que las variaciones máximas se dieron en el primer nivel y en el último nivel. Sin embargo, realizando la sumatoria de estas masas existe una diferencia irrelevante en un valor de 0.918 toneladas que representa el 0.10%.

Además, se ha realizado la verificación y comparación de los modos de vibración de la estructura y su masa participativa, según lo indicado por la norma E.030. Obteniendo de esta manera los datos de los periodos, frecuencia y masa participativa para cada dirección de análisis "X e Y", para lo cual se muestra el siguiente cuadro comparativo:

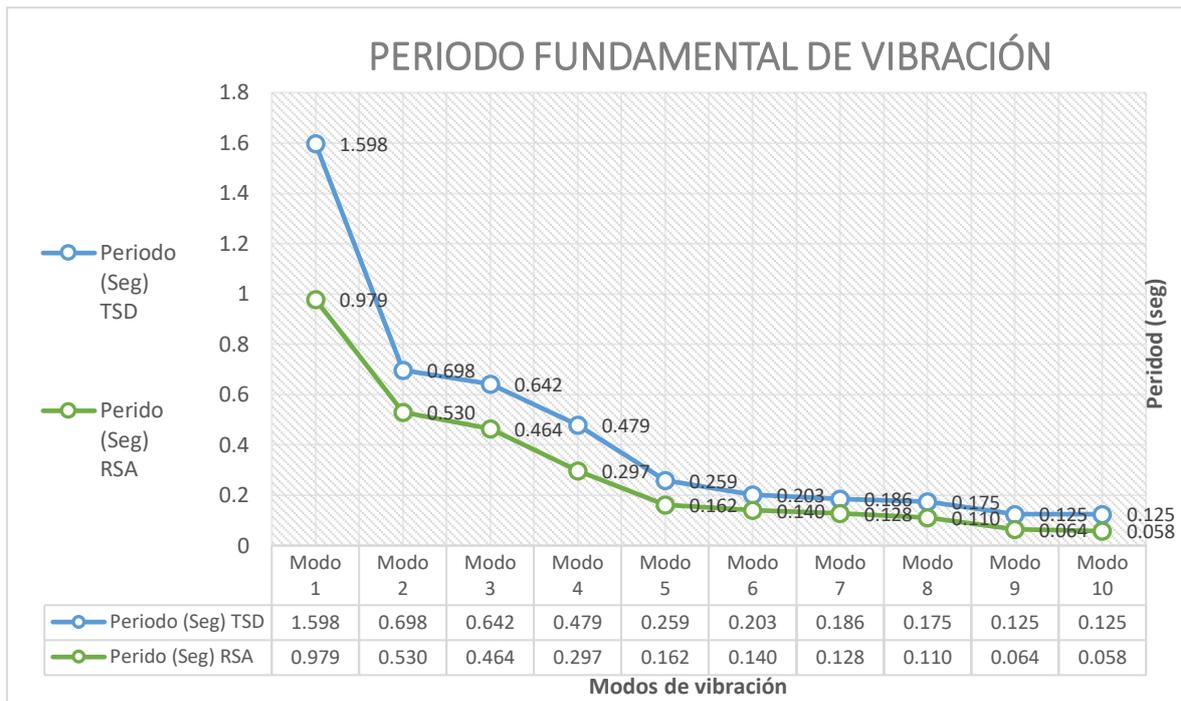
**Tabla 13.**

*Modos de vibración de la estructura y masa participativa.*

modo	Robot Structural				Tekla Structural Designer			
	Periodo (Seg) RSA	Frecuencia (Hz)	Masa UX (%)	Masa UY (%)	Periodo (Seg) TSD	Frecuencia (Hz)	Masa UX (%)	Masa UY (%)
1	0.979	1.02	91.034	0.000	1.598	0.63	93.390	0.000
2	0.530	1.99	0.000	81.530	0.698	1.43	0.000	86.470
3	0.464	2.16	0.010	0.000	0.642	1.56	0.000	0.000
4	0.297	3.36	5.411	0.000	0.479	2.09	4.910	0.000
5	0.162	6.19	0.973	0.000	0.259	3.87	0.840	0.000
6	0.140	7.13	0.000	12.647	0.203	4.94	0.000	9.800
7	0.128	7.82	0.000	0.000	0.186	5.39	0.000	0.000
8	0.110	9.06	0.197	0.000	0.175	5.71	0.180	0.000
9	0.064	15.59	0.000	2.928	0.125	8.01	0.000	0.000
10	0.058	17.29	0.000	0.000	0.125	8.01	0.000	0.000
<b>Total (%)</b>			<b>97.624</b>	<b>97.105</b>			<b>99.320</b>	<b>96.270</b>

**Figura 28.**

*Comparación de periodos de vibración de la estructura*



De la tabla 13, se interpreta que, en los diez modos de vibración efectuados en la estructura, se tiene que para Robot Structural se consiguió una masa participante del 97.62% en "X" y 97.11% en "Y"; y en Tekla Structural Designer se consiguió una masa participante del 99.32% en "X" y 96.27% en "Y". por tanto, en cada software se consiguió más del 90% de masas participativas, cumpliendo de esta manera con lo dispuesto por la norma E.0.30. Además, según figura 28 se puede rescatar los periodos de vibración efectuados por Robot Structural y Tekla Structural Designer, el cual determina que, los casos de mayor vibración, mayor periodo y mayor masa participativa tuvo el programa Tekla Structural Designer respecto a Robot Structural.

#### **Desplazamientos Laterales:**

Los desplazamientos laterales obtenidos según el análisis dinámico modal espectral, de acuerdo a la norma E.030, aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, puno. Fueron obtenidos para cada nivel de la estructura, para lo cual presentamos el siguiente cuadro de valores obtenidos y la variación de las mismas.

**Tabla 14.**

*Desplazamientos laterales en dirección X-X*

Desplazamientos Laterales					
Dirección del desplazamiento	Planta de la edificación	Robot Structural (cm)	Tekla Structural Designer (cm)	Variación (cm)	Variación (%)
X-X	Nivel 1	1.636	1.882	0.246	<b>15.04%</b>
	Nivel 2	2.496	2.785	0.289	<b>11.57%</b>
	Nivel 3	3.077	3.393	0.316	<b>10.26%</b>
	Nivel 4	3.375	3.667	0.292	<b>8.65%</b>
<b>Máximo</b>		<b>3.375</b>	<b>3.667</b>	<b>0.292</b>	<b>8.65%</b>

**Figura 29.**

*Comparación de desplazamientos laterales en X-X*



De la tabla 14 y figura 29, se observan los resultados de los desplazamientos laterales para cada nivel de la estructura, estos desplazamientos fueron obtenidos luego de realizar el análisis sísmico modal espectral para la dirección "X" obtenidas en Robot Structural difieren con respecto a los obtenidos por Tekla Structural Designer, para el nivel 1 en 0.246 cm (15.04%), Nivel 2 en 0.289 cm (11.57%), Nivel 3 en 0.316 cm (10.26%) y en el nivel 4 en 0.292 cm (8.65%). Por lo que, determinamos que los máximos desplazamientos laterales ocurrieron en el último piso (Nivel 4) de la estructura, con una variación del 8.65 %.

De la misma manera, se ha realizado el análisis sísmico modal espectral para la dirección Y-Y, para lo cual presentamos el siguiente cuadro de valores obtenidos:

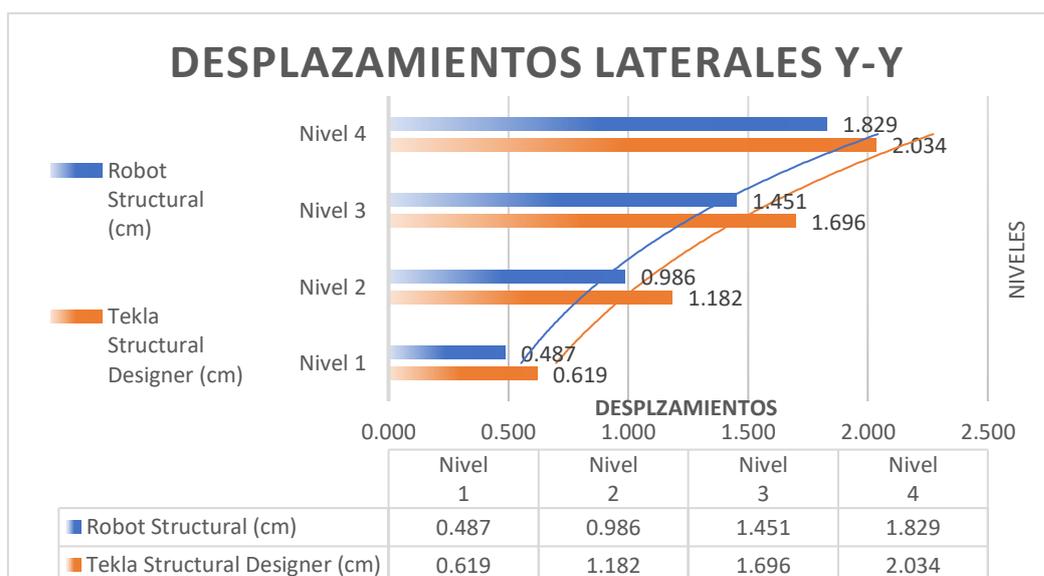
**Tabla 15.**

*Desplazamientos laterales en dirección Y-Y*

Desplazamientos Laterales					
Dirección del desplazamiento	Planta de la edificación	Robot Structural (cm)	Tekla Structural Designer (cm)	Variación (cm)	Variación (%)
Y-Y	Nivel 1	0.487	0.619	0.132	<b>27.08%</b>
	Nivel 2	0.986	1.182	0.196	<b>19.83%</b>
	Nivel 3	1.451	1.696	0.245	<b>16.92%</b>
	Nivel 4	1.829	2.034	0.206	<b>11.24%</b>
<b>Máximo</b>		<b>1.829</b>	<b>2.034</b>	<b>0.206</b>	<b>11.24%</b>

**Figura 30.**

*Comparación de desplazamientos laterales Y-Y*



De la tabla 15 y figura 30, se observan los resultados de los desplazamientos laterales para cada nivel de la estructura, estos desplazamientos fueron obtenidos luego de realizar el análisis sísmico modal espectral realizado para la para la dirección "Y" obtenidas en Robot Structural difieren con respecto a los obtenidos por Tekla Structural Designer, para el nivel 1 en 0.132 cm (27.08%), Nivel 2 en 0.196 cm (19.83%), Nivel 3 en 0.245 cm (16.92%) y en el nivel 4 en 0.206 cm

(11.24%). Por lo que, determinamos que los máximos desplazamientos laterales fueron dados en el último piso (Nivel 4) de la estructura, variando en un 11.24 %.

### Distorsión de entrepisos – Derivas:

El control de las derivas de entrepiso de la estructura, se realizó según la norma E.030, utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno. Este control se realizó, en función a los resultados de desplazamientos laterales y factores que menciona la norma, estableciendo los límites máximos permitidos para cada tipo de sistema estructural y material del mismo.

Para el cálculo y control de las distorsiones se requiere de datos que ya están establecidos en la norma E.030, los cuales son necesarios para el control de derivas, en el sistema estructural en dirección X-X y en la dirección Y-Y.

Factor de irregularidad = 0.75 R

Coefficiente de reducción sísmico en X-X (Rx) = 8.00

Coefficiente de reducción sísmico en Y-Y (Ry) = 7.00

Límite para la distorsión – Concreto armado = 0.007

$$\phi_{ei} = \frac{(U_i - U_{i-1})}{H_i} \quad (13)$$

$$\Delta_i = \phi_{ei} 0.75R \quad (14)$$

**Tabla 16.**

*Cálculo y control de derivas inelásticas para la dirección X-X*

Control de derivas dirección X-X						
Programa	Planta	Altura (cm)	U x-x (cm)	Derivas elásticas	Derivas inelásticas	Obs.
Robot Structural	Nivel 1	500	1.636	0.0033	0.0196	No cumple
	Nivel 2	350	2.496	0.0025	0.0147	No cumple
	Nivel 3	350	3.077	0.0017	0.0100	No cumple
	Nivel 4	350	3.375	0.0009	0.0051	Cumple
Tekla Structural Designer	Nivel 1	500	1.882	0.0038	0.0226	No cumple
	Nivel 2	350	2.785	0.0026	0.0155	No cumple
	Nivel 3	350	3.393	0.0017	0.0104	No cumple
	Nivel 4	350	3.667	0.0008	0.0047	Cumple

En referencia a la Tabla 16, se puede apreciar que los valores obtenidos de las derivas inelásticas para la dirección X-X, específicamente para los tres primeros pisos sobrepasan los límites máximos permitidos por la norma E. 030, los mismos que hacen indicar que la estructura y los pórticos resistentes para la dirección X-X, no son lo suficientemente rígidas. Lo cual significa que debe incrementarse la sección de los elementos estructurales que lo conforman.

**Tabla 17.**

*Cálculo y control de derivas inelásticas para la dirección Y-Y.*

Control de derivas dirección Y-Y						
Programa	Planta	Altura (cm)	U y-y (cm)	Derivas elásticas	Derivas inelásticas	Obs.
Robot Structural	Nivel 1	500	0.487	0.0010	0.0051	Cumple
	Nivel 2	350	0.986	0.0014	0.0075	No cumple
	Nivel 3	350	1.451	0.0013	0.0070	Cumple
	Nivel 4	350	1.829	0.0011	0.0057	Cumple
Tekla Structural Designer	Nivel 1	500	0.619	0.0012	0.0065	Cumple
	Nivel 2	350	1.182	0.0016	0.0084	No cumple
	Nivel 3	350	1.696	0.0015	0.0077	No cumple
	Nivel 4	350	2.034	0.0010	0.0051	Cumple

En referencia a la Tabla 17, se puede apreciar que los valores obtenidos de las derivas inelásticas para la dirección Y-Y, en su mayoría cumple con los límites máximos permitidos por la norma E. 030, a excepción del nivel 2 y 3 los cuales supera el límite permitido, lo cual indica que la estructura conformada por pórticos y muros estructurales (placas) resistentes para la dirección Y-Y, tienen mejor rigidez. teniendo este resultado debe evaluarse el incremento mínimo de la sección de algún elemento estructural.

De acuerdo a los resultados del cálculo de las derivas inelásticas, se realizó la comparación de las derivas inelásticas obtenidas por el programa Robot Structural y Tekla Structural Designer, para lo cual se presenta el siguiente cuadro comparativo para la dirección X-X, mostrando las variaciones de estas.

**Tabla 18.**

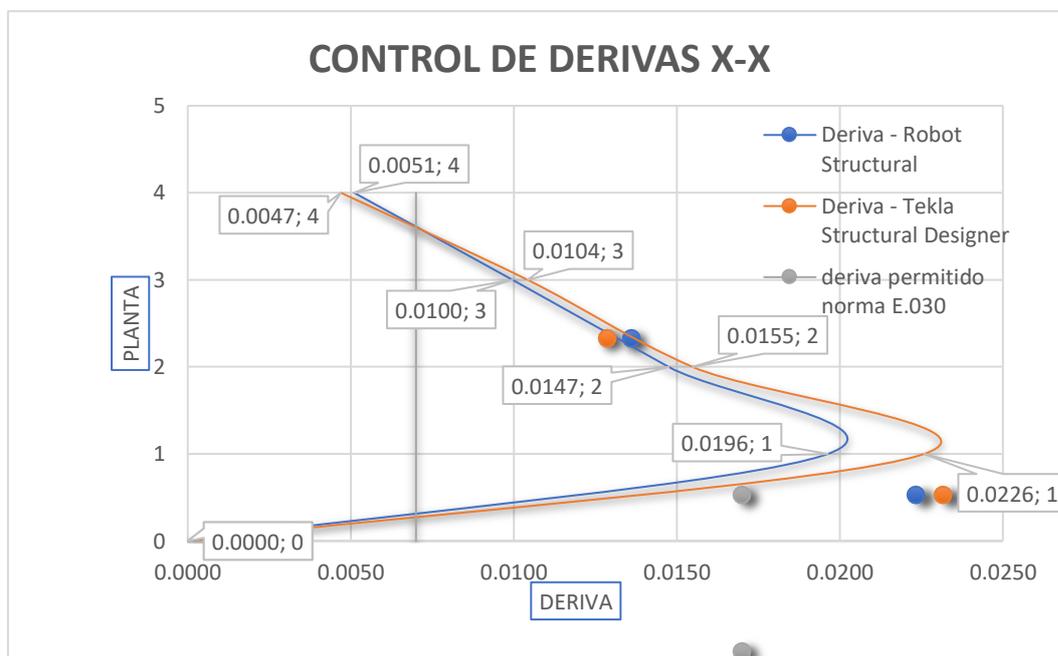
*Comparación de derivas de entrepiso para la dirección X-X*

Control de distorsiones de entrepisos - Derivas X-X	
---	--

Dirección del desplazamiento	Planta de la edificación	Robot Structural	Tekla Structural Designer	Variación	Variación (%)
X-X	Nivel 1	0.0196	0.0226	0.00295	15.04%
	Nivel 2	0.0147	0.0155	0.00073	4.95%
	Nivel 3	0.0100	0.0104	0.00046	4.63%
	Nivel 4	0.0051	0.0047	0.00041	7.99%
<b>Promedio</b>		<b>0.0124</b>	<b>0.0133</b>	<b>0.00054</b>	<b>7.56%</b>

**Figura 31.**

*Control de derivas inelásticas dirección X-X*



Según la tabla 18 y figura 31, se observan los resultados de las derivas inelásticas para cada nivel de la estructura, en donde según la comparación se puede apreciar que las distorsiones de entrepiso para la dirección "X" obtenidas en Robot Structural difieren con respecto a los obtenidos por Tekla Structural Designer, para el nivel 1 en 0.00295 (15.04%), Nivel 2 en 0.00073 (4.95%), Nivel 3 en 0.00046 (4.63%) y en el nivel 4 en 0.00041 (7.99%). Considerando que la variación promedio para las derivas o distorsión de entrepiso para la dirección "X" es 0.00054 que representa el 7.56%. Además, podemos apreciar que la mayor diferencia sucede en el nivel 1, con una diferencia de 0.00295, representando un 15.04% de variación.

Teniendo los resultados del cálculo de las derivas inelásticas para la dirección Y-Y, se realizó la comparación de las derivas inelásticas obtenidas por el programa Robot Structural y Tekla Structural Designer, para lo cual se presenta el siguiente cuadro comparativo, en donde se muestran los valores y las variaciones de estas.

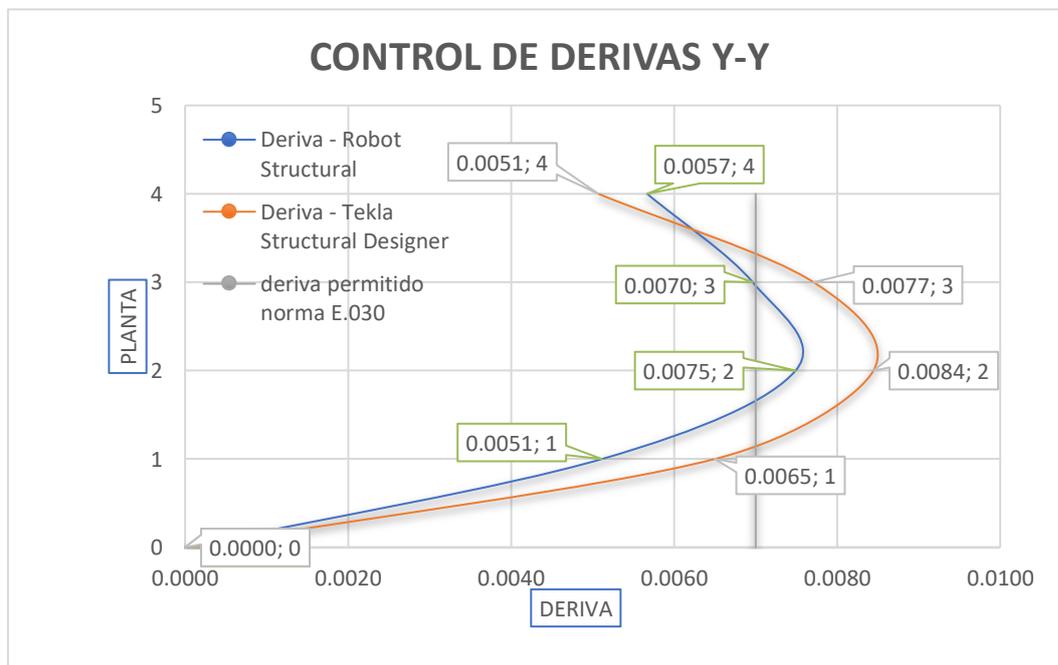
**Tabla 19.**

*Comparación de derivas de entrepiso para la dirección Y-Y*

Control de distorsiones de entre pisos - Derivas Y-Y					
Dirección del desplazamiento	Planta de la edificación	Robot Structural (cm)	Tekla Structural Designer (cm)	Variación (cm)	Variación (%)
Y-Y	Nivel 1	0.0051	0.0065	0.00138	27.08%
	Nivel 2	0.0075	0.0084	0.00096	12.76%
	Nivel 3	0.0070	0.0077	0.00075	10.73%
	Nivel 4	0.0057	0.0051	0.00060	10.56%
<b>Promedio</b>		<b>0.0063</b>	<b>0.0069</b>	<b>0.00062</b>	<b>9.86%</b>

**Figura 32.**

*Control de derivas inelásticas dirección Y-Y*



Según la tabla 19 y figura 32, se observan los resultados de las derivas inelásticas para cada nivel de la estructura, en donde según la comparación se puede apreciar las derivas inelásticas para la dirección "Y", obtenidas en Robot Structural difieren

en el nivel 1 en 0.00138 (27.08%), Nivel 2 en 0.00096 (12.76%), Nivel 3 en 0.00075 (10.73%) y en el nivel 4 en 0.00060 (10.56%). Con respecto a lo determinado por Tekla Structural Designer. Considerando que la variación promedio para las derivas o distorsión de entrepiso para la dirección "Y" es 0.00062 que representa el 9.86%. Además, podemos apreciar que la mayor diferencia ocurre en el nivel 1, con una diferencia de 0.00138, representando un 9.86% de variación.

Po tanto, según los resultados obtenidos mediante la aplicación de los softwares de cálculo estructural como el robot Structural y Tekla Structural Designer, se ha alcanzado los objetivos específicos planteados en la investigación y por consecuente también se ha alcanzado el objetivo principal del presente proyecto de investigación. aclarando que el control de la distorsión de entre pisos – derivas, no fue realizado automáticamente por ninguno de los softwares, puesto que este control se realiza en base a nuestra norma técnica E.030, mediante los datos obtenidos de los desplazamientos laterales o derivas elásticas obtenidos por ambos programas.

## V.- DISCUSIÓN

1.- El análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer, con respecto al análisis de resultados alcanzados y la comparación de estos, mediante el trabajo de gabinete se pudo lograr cuantificar las variaciones que existen al realizar un análisis sísmico modal espectral, en donde según los datos obtenidos del procedimiento (Configuración arquitectónica de la estructura, Estudio de mecánica de suelos - EMS, estructuración, predimensionamiento, metrado de cargas, modelamiento en Robot Structural y Tekla Structural Designer, y su posterior análisis sísmico modal espectral según lo dispuesto por la norma E.030, se han logrado alcanzar los objetivos trazados en la investigación.

Se precisa que, en base a resultados alcanzados por otros autores como: Carabela (2013), quien indica que los resultados obtenidos con la utilización de programas SAP2000, ETABS, STAAD Pro y Robot tienen diferencias mínimas, considerando que estas se efectuaron en las mismas condiciones. Así mismo, Flores (2018) hace referencia que los resultados obtenidos en los programas como SAP 2000, Etabs y Robot Structural arrojaron resultados que tienen diferencias mínimas e insignificantes. Del mismo modo, Huaraca (2018) en la comparación que realizó entre los softwares Robot Structural Analysis y Etabs, presentaron resultados como los desplazamientos en donde con Robot Structural se obtuvo 2.45% mayor que lo obtenido por Etabs, lo cual se interpretó que los valores obtenidos tienen diferencias insignificantes; considerando que ambos resultados son validados. Y Sánchez (2022) concluye que mediante la utilización del software Robot Structural se obtuvieron valores superiores entre el rango de 2.45% a 5% a comparación de Etabs. Además, con Robot Structural se ha obtenido resultados de fuerzas internas que varían 4.4% aproximadamente con referente a Etabs.

Por lo descrito en el párrafo anterior, cabe indicar que, la mayoría de las investigaciones realizadas sobre comparación de Softwares para un análisis estructural en donde se han obtenido resultados muy similares y válidos según consideración de los autores. Resaltando, que en muchos casos el software Robot Structural es el más eficiente y con mayor aceptación para realizar un análisis estructural según la norma E.030.

Cabe aclarar que, la presente investigación se considera como pionera en investigar y comparar el software Robot Structural con el software Tekla Structural Designer, no encontrándose precedentes con referente al objeto del análisis.

De acuerdo con la tabla 12, se puede interpretar que, los programas tomaron distintos criterios para adoptar las masas por cada nivel de la estructura, teniendo que, Robot Structural y Tekla Structural Designer, proporcionaron información con las siguientes variaciones; para el nivel 1 en 58.26 tn (22.88%), Nivel 2 en 1.34 tn (0.57%), Nivel 3 en 1.34 tn (0.57%) y en el nivel 4 en 58.26 (22.88%). Considerando que las variaciones máximas se dieron en el primer nivel y en el último nivel. Sin embargo, realizando la sumatoria de estas masas existe una diferencia irrelevante en un valor de 0.918 toneladas que representa el 0.10%.

Según la tabla 13, se menciona que en los diez modos de vibración efectuados en la estructura considerando que para Robot Structural se consiguió la una masa participante de 97.62% en "X" y 97.11% en "Y"; y en Tekla Structural Designer se consiguió una masa participante del 99.32% en "X" y 96.27% en "Y". por tanto, en cada software se consiguió más del 90% de masas participativas, cumpliendo de esta manera lo dispuesto por la normatividad E.030 diseño sismorresistente. Además, según figura 28, en donde muestra la gráfica de los periodos de vibración efectuados por Robot Structural y Tekla Structural Designer, se interpreta que, los casos de mayor vibración, mayor periodo y mayor masa participativa tuvo el programa Tekla Structural Designer respecto a Robot Structural. Por consecuente en software tekla Strcutural Desigener se ha tenido resultados superiores para las fuerzas de cortante basal dinámica, fuerzas internas, desplazamientos laterales y distorsiones de entrepiso o derivas.

**2.-** Según la tabla 11, se observan los resultados de la cortante basal dinámica generado en la base de la estructura, según el análisis sísmico modal espectral realizado para la dirección X-X y para la dirección Y-Y, en donde el programa Robot Structural presenta valores menores que al de Tekla Structural Designer, teniendo una diferencia de 9.09 toneladas, el cual representa el 9.13% de variación. Para la cortante basal dinámico en la dirección Y-Y, robot Structural presentó valores

menores a los obtenidos por tekla Structural Designer, siendo la diferencia de 45.29 toneladas, que representa el 27.03%.

Los resultados de la cortante basal dinámica o fuerza cortante mínima obtenidos en los programas de cálculo estructural deben ser verificados para cada uno de las direcciones según lo establecido por la Norma E. 030, en donde indica y precisa que las fuerzas cortantes en el primer entrepiso del edificio, no puede ser menor que el 80% del valor obtenido en el análisis sísmico estático para las estructuras de configuración regular. Caso contrario y si fuere necesario, se debe incrementar el valor de la cortante basal dinámica, para cumplir con los mínimos señalados, en consecuencia, se debe escalar proporcionalmente los resultados obtenidos.

**3.-** De la tabla 14, se tiene los resultados de los desplazamientos laterales para cada nivel de la estructura, estos desplazamientos fueron obtenidos luego de realizar el análisis sísmico modal espectral en la dirección X-X, en donde el programa Robot Structural presenta valores menores a los obtenidos por Tekla Structural Designer, teniendo mínimas diferencias, considerando que el máximo desplazamiento ocurre en el último nivel de la estructura, en donde se tuvo un desplazamiento de 3.375 cm y 3.667 cm respectivamente, tendiendo una diferencia de 0.292 cm que representa un 8.65% de variación. Además, tenemos que según la tabla 15, en donde, los desplazamientos laterales para cada nivel de la estructura, en dirección Y-Y, en donde el programa Robot Structural presenta valores inferiores a los obtenidos por Tekla Structural Designer, teniendo mínimas diferencias, considerando que el máximo desplazamiento ocurre en el último nivel de la estructura, en donde se tuvo un desplazamiento de 1.829 cm y 2.034 cm respectivamente, tendiendo una diferencia de 0.206 cm que representa un 11.24 % de variación.

La norma E.030, indica que los valores obtenidos de los desplazamientos laterales se deben calcular multiplicando por 0.75 R del análisis elástico, con las sollicitaciones sísmicas reducidas, para estructuras irregulares, además, indica que para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considera los valores mínimos de C/R ni la fuerza de cortante mínima o fuerza cortante dinámica del primer entrepiso. Por tanto, en la presente investigación, se utilizó los valores

obtenidos en cada programa y en cada dirección según el análisis sísmico modal espectral, de acuerdo con lo dispuesto por la norma E.030 vigente.

**4.-** Según la tabla 18, los resultados de las derivas inelásticas obtenidas para la dirección X-X, y para cada piso de la estructura, en donde según la comparación se puede apreciar que el programa Robot Structural obtuvo valores inferiores a los obtenidos por Tekla Structural Designer, viendo que la mayor diferencia sucede en el nivel 1, en el cual se tiene una diferencia de 0.00259, representando un 15.04% de variación. Además, que la menor variación se da en el nivel 4, teniendo un valor de 0.00046, que representa el 4.63 %. Considerando que el valor promedio de estas variaciones de derivas de entrepisos es de 0.00054 que representa un 7.56%. Además, se tiene que según la tabla 19, los resultados de las derivas inelásticas en la dirección Y-Y, obtenidas para cada nivel de la estructura, en donde según la comparación se puede apreciar que el programa Robot Structural obtuvo valores inferiores a los obtenidos por Tekla Structural Designer, viendo que la mayor diferencia ocurre en el nivel 1, en el cual se tiene una diferencia de 0.00138, representando un 27.08%. Además, la menor variación se da en el nivel 4, con 0.00060 de variación que representa el 9.86 %. Considerando que el valor promedio de estas variaciones de derivas inelásticas para la dirección "Y" es de 0.00062 que representa un 9.86%.

## VI.- CONCLUSIONES

1.- Según los resultados obtenidos en donde se ha determinado, analizado y comparado los resultados obtenidos según el análisis sísmico estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la Infraestructura del colegio Las Mercedes. Determinando que los resultados obtenidos en ambos softwares, muestran variaciones en la menor magnitud, siendo que estas variaciones ocurren por distintos factores del análisis estructural, ya que los softwares toman distintos criterios para adoptar las masas por cada nivel de la estructura, existiendo una diferencia de 0.918 tn (0.10%), así mismo, en cuanto a la inserción de espectros de Pseudo - aceleraciones existen ciertas diferencias, ya que tekla Structural Designer solicita la inserción más datos para el análisis sísmico espectral. Lo cual se podría interpretar que, debido a esos factores, es por la cual se ha tenido las variaciones, considerando que para Robot Structural se consiguió la una masa participante de 97.62% en "X" y 97.11% en "Y"; y en Tekla Structural Designer se consiguió una masa participante del 99.32% en "X" y 96.27% en "Y". Y en cuanto a los periodos fundamentales de vibración se interpreta que, los casos de mayor vibración, mayor periodo y mayor masa participativa se tuvo en el programa Tekla Structural Designer. Por consecuente en software antes dicho ha tenido resultados superiores para las fuerzas de cortante basal dinámica, fuerzas internas, desplazamientos laterales y distorsiones de entrepiso o derivas.

2.- Así mismo, se ha determinado satisfactoriamente las fuerzas **cortantes basales dinámicas**, en la infraestructura del colegio Las Mercedes, utilizando los programas Robot Structural y Tekla Structural Designer, en los cuales se realizó el procedimiento de análisis sísmico modal espectral para la dirección "X-X" y la dirección "Y-Y" de acuerdo a lo estipulado por la norma E.030, producto del análisis se han obtenido resultados los cuales son relativamente similares, siendo que, las cortantes basales dinámicas para la dirección "X" obtenidas en Robot Structural difiere en un valor de 9.09 toneladas que representa el 9.13% a los obtenidos Tekla Structural Designer. Y la cortante basal dinámico para la dirección "Y", obtenidas en Robot Structural difiere en un valor de 45.29 toneladas que representa el 27.03% con referencia a Tekla Structural Designer.

**3.-** En base a los resultados encontrados se ha calculado satisfactoriamente los **desplazamientos laterales** para cada nivel de la estructura del colegio Las Mercedes, aplicando los programas Robot Structural y Tekla Structural Designer, realizando el análisis sísmico modal espectral para la dirección X-X, y para la dirección Y-Y, según lo establecido por la norma E.030, determinando que los máximos desplazamientos laterales se dan en el último nivel de la estructura (Nivel 4), en donde dirección "X" con Robot Structural se desplazó 3.375 cm y con Tekla Structural Designer se tuvo un desplazamiento de 3.667 cm, teniendo una variación de 0.292 cm (8.65%). Y para la dirección "Y" con Robot Structural se desplazó 1.289 cm y con Tekla Structural Designer 2.034 cm, teniendo una variación de 0.206 cm (11.24%).

**4.-** Finalmente, se ha determinado las **derivadas inelásticas** para cada nivel de la estructura del colegio Las Mercedes, aplicando los programas Robot Structural y Tekla Structural Designer, realizando el análisis sísmico modal espectral para la dirección X-X, y para la dirección Y-Y, según lo establecido por la norma E.030, considerando que se ha tenido mínimas diferencias, en donde las distorsiones de entrepiso para la dirección "X", con Robot Structural se tiene una deriva promedio de 0.0124, y con Tekla Structural Designer, se tiene una deriva promedio de 0.0133, teniendo una diferencia de 0.00054 que representa el 7.56%. Y para la dirección "Y" con Robot Structural se tiene una deriva inelástica promedio de 0.0063 y con Tekla Structural Designer se tiene una deriva promedio de 0.0069, presentando una variación de 0.00062, que representa el 9.86%.

## VII.- RECOMENDACIONES

Para realizar un análisis estructural adecuado y eficaz, se recomienda, contar con el diseño arquitectónico ya definido y contar con el estudio de mecánica de suelos (EMS). Así mismo, se deberá realizar la estructuración sin alterar en mayor medida la propuesta arquitectónica, para en lo posterior realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales, de acuerdo a criterios técnicos ya establecidos.

Se recomienda, realizar el modelamiento de cada elemento estructural en los softwares de análisis estructural, tomando en cuenta los materiales a utilizarse y las características de estas, así mismo se deberá verificar del peso total de la estructura en cada uno de los programas y corroborarlos con los metrados de cargas sísmicas realizado manualmente.

Se recomienda, realizar la verificación de los modos de propios de vibración de la estructura, verificando que esta cumpla con aportar como mínimo el 90% de la masa participativa, según la norma E.030.

Se recomienda, insertar los espectros de pseudo – aceleraciones, para cada dirección en particular, considerando la combinación de cargas sísmicas de acuerdo a la normatividad en donde indica los coeficientes de participación tanto de las cargas vivas y de las cargas muertas

Se recomienda que, para la obtención de los resultados como, las fuerzas de cortantes basales dinámicas, desplazamiento laterales y derivas de entepiso, estas deben interpretarse y controlarse según lo dispuesto por la normativa.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar el análisis estructural en edificaciones con otros sistemas estructurales, para de esa manera aportar nuevos conocimientos.

## REFERENCIAS

- Acevedo, L. (2022). *Implementación BIM bajo la norma ISO 19650 en una empresa de construcción de la ciudad de Cartagena*. (Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena) Repositorio institucional de la Universidad de Cartagena.
- Aguiar, R. (2012). Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB. *Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH*.
- Amaguaña, D., & Yumbay, E. (2016). *Análisis de la influencia del número de modos de vibración en la respuesta total de estructuras de hormigón armado* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Araque, L. (2013). Desarrollo de un software en Java para el cálculo de fuerzas sísmicas usando el método de la fuerza horizontal equivalente.
- Barbat, H., Oller, S., & Vielma, J. (2005). *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios: aplicación de la norma NCSE-02*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Barbat, A., Oller, S. y Pujades L. (2005). *Conceptos de vulnerabilidad y ductilidad en el proyecto sismorresistente de edificios Investigación Hormigón y acero*, 238, 61-73.
- Basualdo, R. (2001). *Fundamentos del análisis dinámico de Estructuras* (Doctoral dissertation, Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Ingeniería).
- Blanco, A. (1994). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. *COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ/1994-1995*.
- Blanco, M. (2012) Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(3), 071-084.
- Briones, S. & Álvarez, J. (2018), *Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los Software Etabs y Robot structural analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)*. (Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión) Repositorio de Tesis de la Universidad Peruana Unión.
- Carabela, J. (2013). *Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los programas: SAP2000, ETABS, STAAD Pro y Robot*. (tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México), Repositorio de tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cárdenas, J. (2018). Investigación cuantitativa. *TrAndeS Material Docente, No. 8, Berlín: trAndeS-Programa de Posgrado en Desarrollo Sostenible y Desigualdades Sociales en la Región Andina*.

- Castro, J., Gómez, & Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140–174.
- Chinelo, I. (2016). *Fundamentos de metodología de la investigación y recogida de datos*. Publicaciones académicas LAP Lambert.
- Chopra, A. (2007). *Dynamics of structures*. Pearson Education India.
- Clough, R. & Penzien, J. (2003). *Dynamics of structures*. Berkeley, CA: *Computers and Structures*.
- Colina, J. & Ramírez, H. (2000) La ingeniería estructural. *Revista Científica Multidisciplinaria de prospectiva*, 7(2), 171-177.
- Crisafulli, F. & Villafañe, E. (2002). Espectros de respuesta y de diseño. *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina*.
- Echevarría, M. & Suntaxi, B. (2016). *Análisis y diseño estructural de los edificios Loaiza, Unach y Plus I, en los programas Etabs, Staad.pro y Robot considerando para el diseño la NEC 2015*. (Tesis de Pregrado, Escuela Politecnica Nacional) Repositorio Digital de la Escuela Politecnica Nacional del Ecuador.
- Flores, E. (2018). *Modelación, Diseño Estructural Comparativo y Propuesta de Ampliación Vertical de la Edificación FLORES MENA, ubicada en la Ciudad de Quito-Ecuador, Sector Cofavi*. (Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador) Repositorio de Tesis Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Guevara, G., Verdesoto, A. & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). México DF.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6, pp. 102-256). Mc Graw-Hill: México.
- Huaraca, A. (2018). *Análisis Comparativo Aplicando el Software Robot Structural Analysis y Etabs para Evaluar el Comportamiento Estructural de Viviendas AutoConstruidas*. (Tesis de Pregrado, Universidad Peruana los andes) Repositorio Institucional de la Universidad Peruana los andes.
- Jabi, W. (2013). *Parametric design for architecture*. Hachette UK.
- Kharch, F., Arnaud, M., & Lorrain, M. (2003). Disertación sobre el futuro del Concreto Armado. *Boletín Técnico*, 41(1), 33-39.

- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
- Meli, R. (2016). *Diseño Estructural* (Segunda Ed.). Investigador del Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ministerios de Economía y Finanzas – MEF. (2021). Aprobación del Plan de Implementación y Hora de Ruta del plan BIM Perú.
- Montufar, E. (2022), *Análisis comparativo del modelamiento y diseño estructural en concreto armado utilizando los softwares Sap2000, Etabs, Cypecad y Revit Structure, para la infraestructura educativa Sorapa*. (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano) Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Muñoz, F., Mora, J., Valero, I., & Oñate, E. (2021). Methodological-technological framework for Construction 4.0. *Archives of computational methods in engineering*, 28, 689-711.
- Muñoz, F., Vielma, J., Herrera, R. & Carvallo, J. (2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) implementation in structural engineering companies (SECs). *Advances in Civil Engineering*, 2019.
- Paitán, H., Mejía, E., Ramírez, E., & Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.
- Pellicer, I., Vivas, P. & Rojas, J. (2013). La observación participante y la deriva: dos técnicas móviles para el análisis de la ciudad contemporánea. El caso de Barcelona. *EURE (Santiago)*, 39(116), 119-139.
- Quinchiguango, M. & Taco, D. (2016). *Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del software Robot Analysis Structural*. (Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador) Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador.
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E 0.20: Cargas (2006).
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E 0.30: Diseño sismorresistente (2018).
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E 0.50: Suelos y Cimentaciones (2018).
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E 0.60: Concreto Armado (2009).
- Riddell, R. & Hidalgo, P. (1997). *Diseño estructural*. Ediciones UC.
- Rivas, E. & Salazar, E. (2015) *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de 5 niveles con sótano y semisótano*. (Tesis de Pregrado, Pontificie

Sabino, C. (2014). *El proceso de investigación*. Editorial Episteme.

Sánchez, B. (2022), *Determinar la respuesta estructural del módulo "I" de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, de la ciudad de Jaén al ser analizado con los softwares Robot Structural Analysis Professional y ETABS*. (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca) Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Sondón, I., Guerrero, L., Fernández, J., & Enriquez, S. (2022). Enfoque procedimental en el diseño curricular de la asignatura Autodesk Robot para Ingenieros Civiles. *Revista Científica Mundo Recursivo*, 5(2), 166-185.

Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.

Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación Científica*. (Cuarta Ed.) México: *Limusa*. Noriega Editores.

Tavera, H. (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú.

Tekla, (2023). Tekla Structural Desigener. *TRIMBLE*.

Villarroel, C. (2016). Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis (Primera Ed.). Santa Cruz-Bolivia.

Widiyawati, S., Pratama, D. & Yanuarini, E. (2022). Evaluasi Kapasitas Penampang Struktur Beton Bertulang Menggunakan Tekla Structural Designer. *Revista TEKNIKA*, 16(1), 69-77.

## ANEXOS

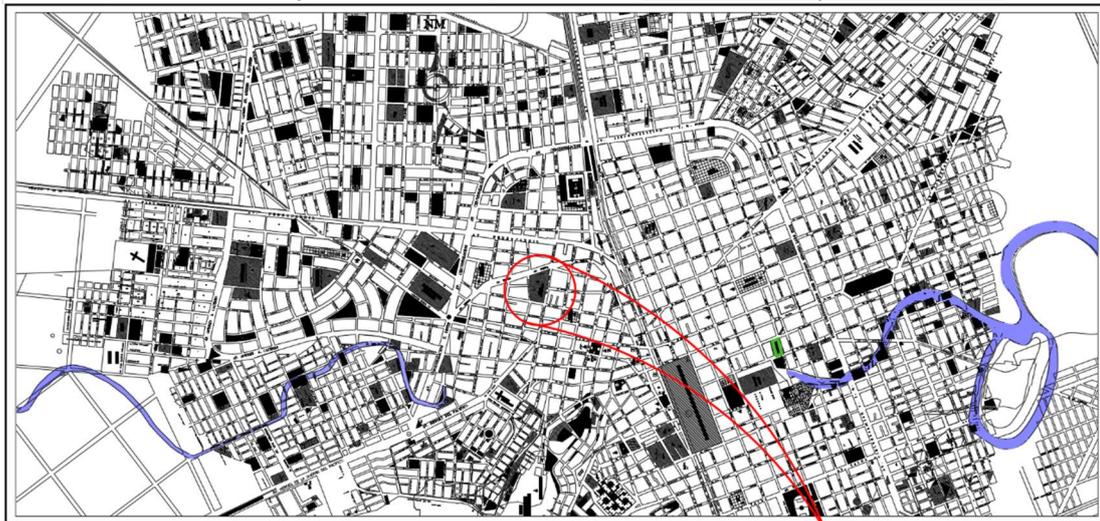
## ANEXO 1: Matriz de consistencia

Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.

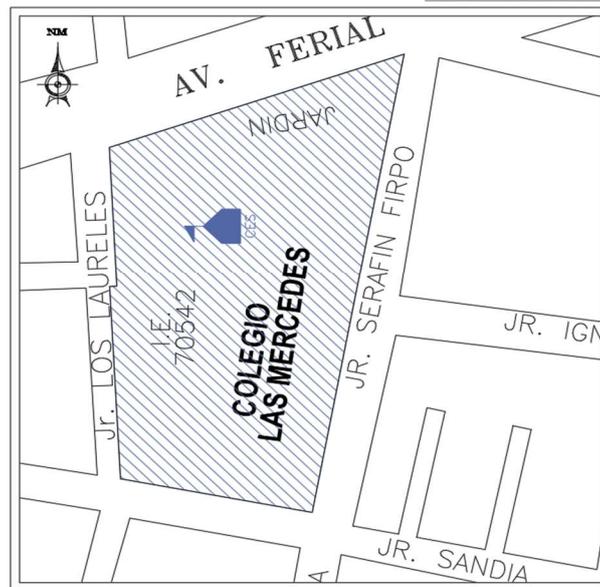
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	Variable 1	<b>Dimensiones</b>	Tipo de investigación: <b>Aplicada</b>
¿Cuáles son las diferencias del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno?	Realizar la comparación del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	Los resultados del análisis estructural utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura Las Mercedes, Juliaca, Puno, presentan valores muy similares.	<b>Análisis estructural</b>	Cortante Basal dinámica  Desplazamientos laterales	Diseño de investigación: <b>no experimental, transversal descriptivo (comparativo)</b>
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	Variable 2	Derivas de entrepiso	
¿Cuál es la cortante basal dinámica en el análisis sísmico modal espectral utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno?	Determinar la cortante basal dinámica mediante análisis sísmico modal espectral utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la Infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	Los valores obtenidos de la cortante basal dinámica difieren en la mínima considerando el más exacto el obtenido por Robot Structural a comparación de Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	<b>Robot Structural</b>	Estudio de mecánica de suelos (EMS)	Enfoque de investigación: <b>Cuantitativo</b>
¿Cómo determinar los desplazamientos laterales según el análisis dinámico modal espectral, de acuerdo a la norma E.030, aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno?	Determinar los desplazamientos laterales según el análisis dinámico modal espectral, de acuerdo a la norma E.030, aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	El cálculo de los desplazamientos laterales según el análisis dinámico modal espectral de acuerdo a la norma E.030, es determinado tanto en Robot Structural como en Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	Variable 3	Diseño arquitectónico	
¿Cómo calcular las derivas de entrepiso según norma E. 030 de diseño sismorresistente utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno?	Calcular las derivas de entrepiso según norma E. 030 de diseño sismorresistente utilizando Robot Structural y Tekla Structural Designer en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	El cálculo las derivas de entrepiso de la estructura según norma E. 030 de diseño sismorresistente, son determinadas con mayor exactitud en Robot Structural con respecto a Tekla Structural Designer aplicado en la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno.	<b>Tekla Structural Designer</b>	Estructuración y predimensionamiento  Modelamiento estructural Metrado de cargas  Análisis sísmico modal espectral (Norma E.030)	Técnicas e instrumentos de recolección de datos: <b>Observación participante y/o no participante</b>

**ANEXO 2: Panel fotográfico y evidencias**

### Ilustración 01:



PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



PLANO PERIMETRICO DEL PROYECTO

*Ubicación política y geográfica del proyecto – Colegio Las Mercedes.*

### Ilustración 02:



*Vista satelital de la ubicación del proyecto – Google Earth.*

### Ilustración 03:



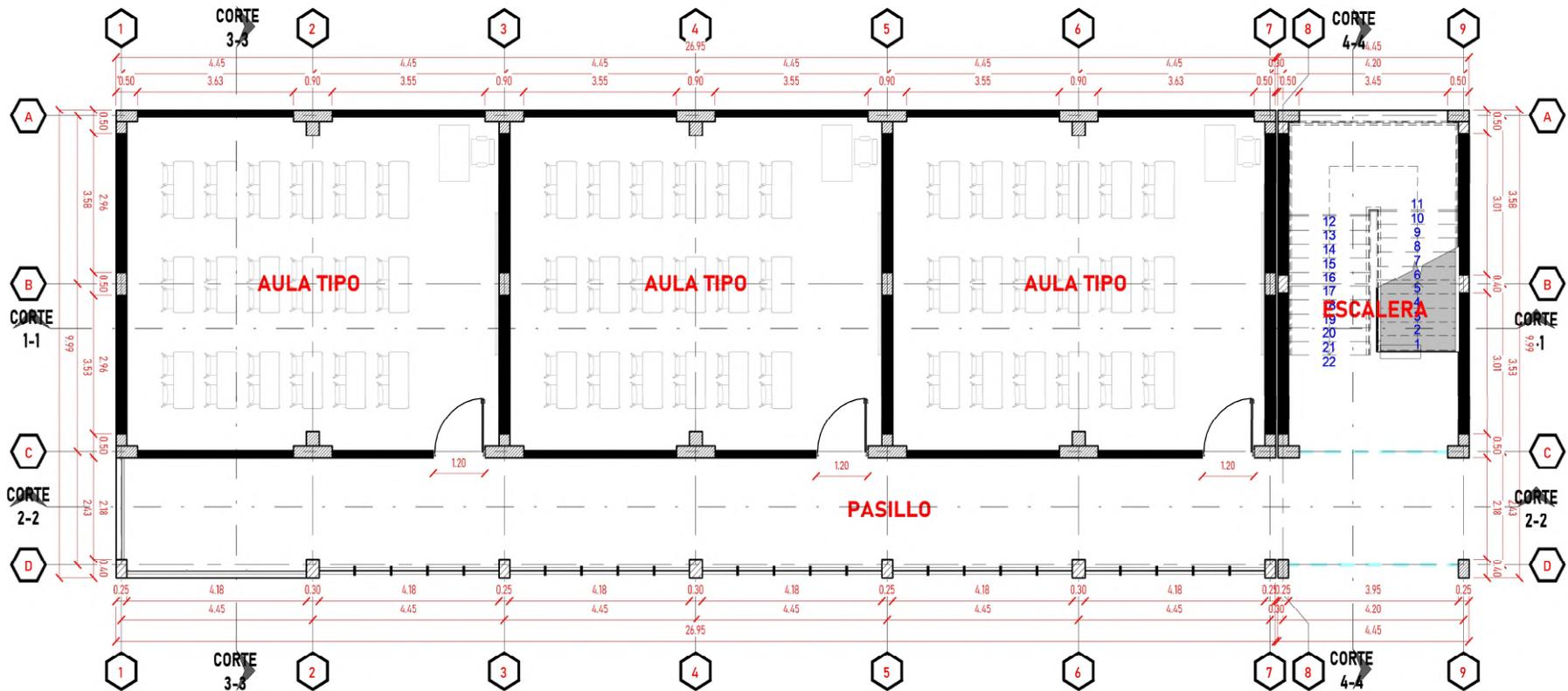
*Reconocimiento de la infraestructura actual – Colegio Las Mercedes.*

### Ilustración 04:



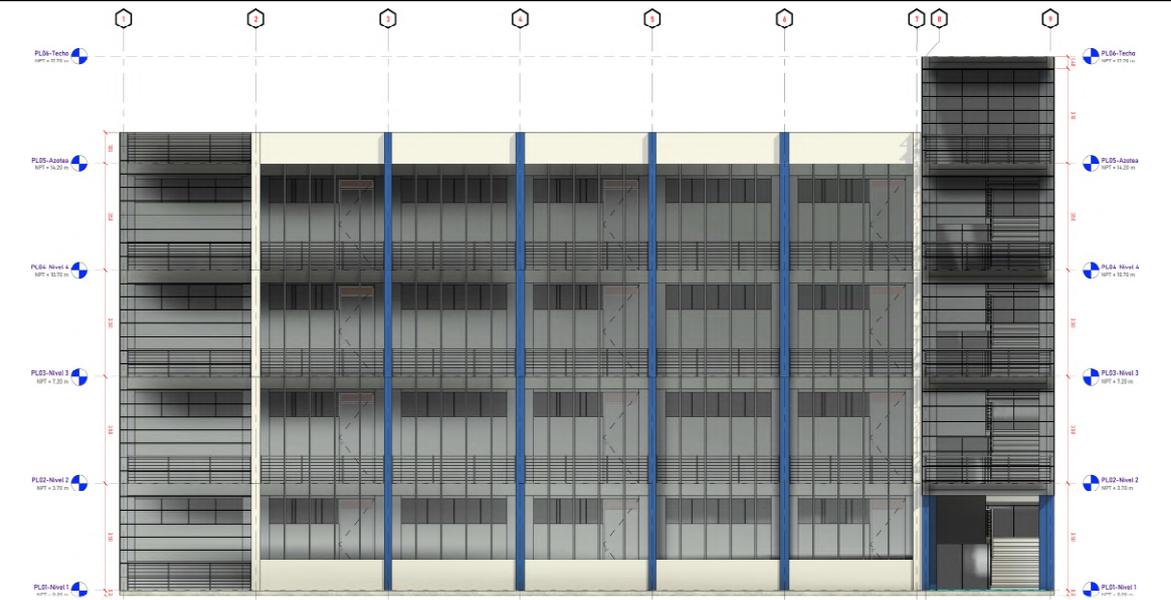
*Verificación de condición de ambientes educativos utilizados – Colegio Las Mercedes.*

**Ilustración 05:**



*Planteamiento de la infraestructura educativa – planos arquitectónicos (Planta Nivel 1 - Nivel 4)*

### Ilustración 06:



*Elevación formal del edificio educativo de aulas pedagógicas del Colegio Las Mercedes.*

### Ilustración 07:



*Corte longitudinal del edificio educativo de aulas pedagógicas del colegio Las Mercedes.*

**Ilustración 08:**



*Vista 3D del proyecto edificio de aulas educativos del colegio Las Mercedes.*

**Ilustración 09:**



*Exploración de suelos mediante Calicata N° 01.*

**Ilustración 10:**



*Excavación de calicata N° 01 a una profundidad de 2.00m.*

**Ilustración 11:**



*Hallazgo del nivel freático a una profundidad de 0.80m - Calicata N° 01.*

**Ilustración 12:**



*Toma de muestra de suelo de la calicata N° 01. (M-01)*

**Ilustración 13:**



*Exploración de suelo mediante calicata N° 02*

**Ilustración 14:**



*Excavación de calicata N° 02 a una profundidad de 2.30m*

**Ilustración 15:**



*Hallazgo del nivel freático a una profundidad de 1.10m - Calicata N° 02*

**Ilustración 16:**



*Toma de muestra de suelo de la calicata N° 02. (M-01)*

## CERTIFICADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - EMS

### **GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS- PAVTMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

#### **INFORME N° 053 – 2023 – GP/AAA/LAB**

PARA : DARWIN CLEVER PACHA QUISPE  
DE : ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
ASUNTO : **REMITE LOS RESULTADOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE  
DEL SUELOS DE FUNDACION**  
OBRA : **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT  
STRUCTURAL Y TEKLA STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO  
LAS MERCEDES, JULIACA, PUNO”.**  
FECHA : Juliaca, 20 de Junio del 2023.

Mediante el presente me dirijo a Ud. con la finalidad de remitirle los resultados de mecánica de suelos (capacidad portante) del suelo de fundación del proyecto **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES, JULIACA, PUNO”.**

#### **CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**

- 1 Se trata de una cimentación sobre suelos de tipo arenas mal graduadas con limo de tipo SP-SM, de poca a nula plasticidad, en condiciones saturadas, que se encuentran en estados semicompactos y estables. Con partículas de hasta de 1 pulgadas de formas subredondeadas de color pardo grisáceo a verduzco.
- 2 El contenido de humedad de los materiales nos permite, realizar las excavaciones a tajo abierto.
- 3 El nivel freático se ha encontrado a una profundidad de excavación de 0.80 a 1.10 m.
- 4 De acuerdo al tipo de suelos encontrados se ha optado por realizar el cálculo de la capacidad portante por el ensayo de densidad relativa.

GEOTECNIA PUNO EIRL

Jr. Tiahuanaco H-17 Urbanizacion Residencial Kollasuyo I Etapa Juliaca Cel 979000742 / 988787001  
geotecniapunoeirl@gmail.com

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Regl. CIP 81732

## **GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECÁNICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

5 De acuerdo a estas referencias podemos asumir parámetros con valores mínimos de acuerdo a las inspecciones de campo de tal forma de estar del lado de la seguridad.

6 El valor del ángulo de fricción interna y la cohesión, resulta del ensayo de densidad relativa, cuyos resultados son:

Calicata 01: $C = 0.000 \text{ Kg/cm}^2$	$\phi = 32.85^\circ$ .
Calicata 02: $C = 0.000 \text{ Kg/cm}^2$	$\phi = 33.58^\circ$ .

Con este valor de ángulo de fricción interna los valores adimensionales de capacidad de carga son:

---

Calicata 01: $N'c = 22.206$	$N'q = 10.560$	$N'\gamma = 6.199$
Calicata 02: $N'c = 23.161$	$N'q = 11.258$	$N'\gamma = 6.842$

---

### Valor de la Capacidad de Carga

Teniendo en cuenta los valores hallados se recomienda tomar el siguiente valor:

Calicata 01: CAPACIDAD DE CARGA ( $q_a$ ) = $0.93 \text{ Kg/cm}^2$
Calicata 02: CAPACIDAD DE CARGA ( $q_a$ ) = $1.10 \text{ Kg/cm}^2$

GEOTECNIA PUNO EIRL

  
ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Regl. CIP 81732

A la profundidad de 1.50 m.

## **GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECÁNICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1 La cimentación de las Edificaciones a proyectar serán dimensionados de tal forma que apliquen al terreno una carga no mayor de **0.93 Kg/cm<sup>2</sup>**. Siendo el menor valor calculado de la capacidad portante del proyecto del estudio de suelos a la profundidad de 1.50 m.
- 2 El nivel freático se ha encontrado a una profundidad de excavación a 0.80 y 1.10 m.
- 3 Por el tipo de suelo encontrado en los suelos de fundación del proyecto se podrá cimentar por medio de cimientos corridos, zapatas aisladas, zapatas combinadas, debidamente armadas y conectadas.
- 4 Retirar la cobertura vegetal y de suelos diseminados de un espesor de 0.30 m, que corresponde a la presencia de suelos orgánicos, relleno y suelos diseminados en la parte superficial.
- 5 Los rellenos en estructuras deberá realizarse cada 20 cm de espesor con material de préstamo y realizarse con equipo apropiado para llegar al grado de compactación.
- 6 La cimentación se realizara sobre los suelos de tipo arena mal graduado con limo, de nula plasticidad de color pardo grisáceo a verdusco, de buena compacidad, estable y de partículas subredondeados de hasta de 1 pulgadas.

Es cuanto informo a usted, para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,

*GEOTECNIA PUNO EIRL*

.....  
ALFREDO ALÁRCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



PROYECTO : ANALISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES,  
JULIACA, PUNO.  
SOLICITANTE : PACHA QUISPE, DARWIN CLEVER  
EXPLORACION : CALICATA N° 01  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFUNDID : 0.00 - 2.00 m

FECHA 10/05/2023

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	ESPESOR	MUESTRA	SUCS	DESCRIPCION
0.10		0.20 m	-	O	Material Organico, de color marron oscuro, arcilloso con presencia de raices delgadas.
0.20					
0.30		1.80m	M-01	SM-SP	Arenas limosas (SM), de grano fino a medio de color plomo grisáceo, de compactad media, y Arena mal graduada (SP) Arenas con presencia de gravas, con poco o nada de finos de cracteristicas generales poca compactas y nada cohesivos.
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					

Presencia de Nivel Freatico encontrado a una profundidad de 0.80m.

GEOTECNIA PUNO EIRL

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



**GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



## HUMEDAD NATURAL

MTC E 108-2016

PROYECTO : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y  
TEKLA STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS  
MERCEDES, JULIACA, PUNO

SOLICITANTE : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

CALICATA : C-01

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

PROFUNDIDA : 0.20 - 2.00 m

TECN. RESPONS. PERSONAL DE LABOR.

ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

FECHA : 11/05/2023

DESCRIPCION		ENSAYO				PROM.
N° MUESTRA		M-01				
N° TARA		TR-12				
1	PESO RECIPIENTE	48.00				
2	AGREGADO HUMEDO + RECIPIENTE	3,319.00				
3	AGREGADO SECO + RECIPIENTE	2,894.00				
4	PESO DE AGUA	425.00				
5	PESO DE AGREGADO SECO	2,846.00				
6	CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.93%			14.93%	

GEOTECNIA PUNO EIRL

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



PROYECTO : ANALISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA STRUCTURAL  
DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES, JULIACA, PUNO

SOLICITANTE : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

CALICATA : C-01

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.20 - 2.00 m

TECN. RESPON. : PERSONAL LABORATORIO

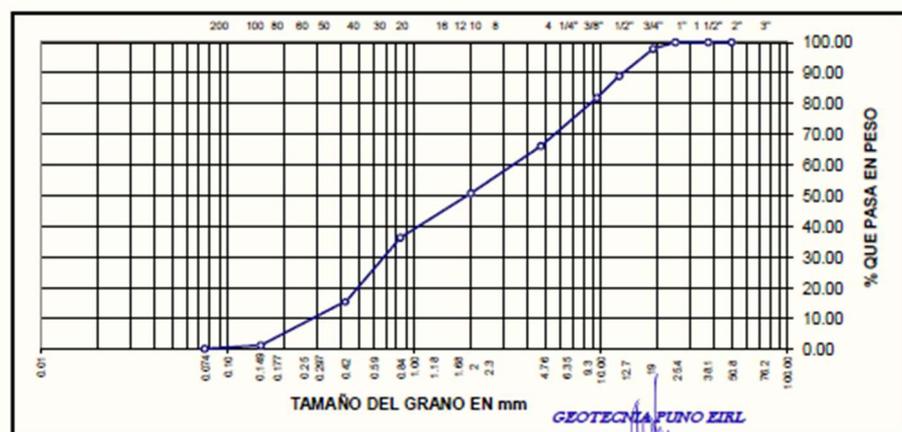
ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

FECHA : 12/05/2023

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso Inicial : 2894 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 0 Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 33.69 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 66.10 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 0.21 %
3/4"	19.000	61.00	2.11	2.11	97.89		W natural : 0.15 %
1/2"	12.500	256.00	8.85	10.96	89.04		
3/8"	9.500	205.00	7.08	18.04	81.96		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	453.00	15.65	33.69	66.31		L.L. : NP %
No.10	2.000	444.00	15.34	49.03	50.97		L.P. : NP %
No.20	0.840	416.00	14.37	63.40	36.60		I.P. : NP %
No.40	0.425	609.00	21.04	84.44	15.56		
No.100	0.150	412.00	14.24	98.68	1.32		CLASIFICACION
No.200	0.075	32.00	1.11	99.8	0.21		SUCS : <b>SP-SM</b>
<No.200		6.00	0.21	100.0			AASHTO : A-1b

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



**PROYECTO** : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES, JULIACA,  
PUNO

**SOLICITANTE** : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

**CALICATA** : C-01

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION

**PROFUNDIDA** : 0.20 - 2.00 m

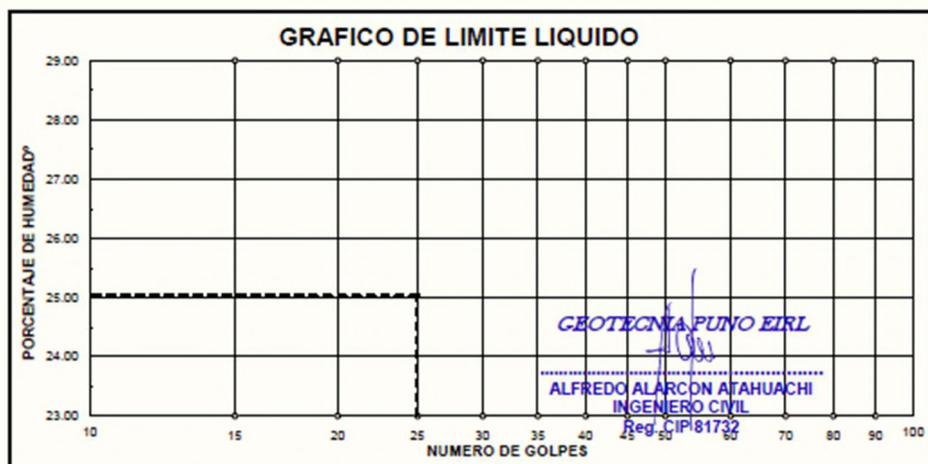
**TECN. RESP.:** PERSONAL LABORATORIO

**ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

**FECHA** : 12/05/23

### LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO				
01. No.DE GOLPES								
02. TARRO No.								
03. SUELO HUMEDO * TARRO g								
04. SUELO SECO * TARRO g		NP			NP			
05. PESO DEL AGUA g								
06. PESO DEL TARRO g								
07. PESO DEL SUELO SECO g								
08. HUMEDAD %								
L.L.=	NP	%	L.P.=	NP	%	I.P.=	NP	%





## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



PROYECTO : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES,  
JULIACA, PUNO

SOLICITANTE : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.20 - 2.00 m

TECN. RESPO PERSONAL DE LABOR.

ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.

FECHA : 14/05/2023

### PESOS UNITARIOS SECOS MAXIMOS Y MINIMOS

DENSIDAD SECA NATURAL (PESO UNITARIO) Yd				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	9,980.0	9,989.0	9,972.0
B. Peso del molde	g	6547.7	6547.7	6547.7
C. Peso del material	g	3432.3	3421.3	3424.3
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,132.7	2,132.7	2,132.7
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.609	1.604	1.606
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.608		
DENSIDAD SECA MINIMO (PESO UNITARIO) Yd mín.				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	9,713.0	9,721.0	9,734.0
B. Peso del molde	g	6547.7	6547.7	6547.7
C. Peso del material	g	3185.3	3173.3	3188.3
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,132.7	2,132.7	2,132.7
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.484	1.488	1.494
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.489		
DENSIDAD SECA MAXIMO (PESO UNITARIO) Yd máx.				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de la Muestra al Aire	g	898	854	981
B. Peso de la Muestra al agua	g	409	502	577
C. Volumen de la Muestra	cm <sup>2</sup>	289.00	352.00	404.00
D. Peso específico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.415	2.428	2.428
E. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	2.423		

GEOTECNIA PUNO EIRL

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732





## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES -  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



PROYECTO : ANALISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES,  
JULIACA, PUNO

SOLICITANTE : PACHA QUISPE, DARWIN CLEVER

EXPLORACIÓN : CALICATA N° 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDID : 0.00 - 2.30 m

FECHA : 10/05/2023

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	ESPESOR	MUESTRA	SUCS	DESCRIPCION
0.10		0.10	-	O	Material de relleno, de color rojizo, arcilloso con presencia de piedras de regular tamaño.
0.20		2.20m	M-01	SM-SP	Arenas limosas (SM), de grano fino a medio de color plomo grisáceo, de compactación media, y Arena mal graduada (SP). Arenas con presencia de gravas, con poco o nada de finos de características generales poca compactas y nada cohesivos.
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					

Presencia de Nivel Freático encontrado a una profundidad de 1.10 m.

GEOTECNIA PUNO EIRL

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 91732



## **GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



### **HUMEDAD NATURAL** MTC E 108-2016

**PROYECTO** : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y  
TEKLA STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS  
MERCEDES, JULIACA, PUNO

**SOLICITANTE** : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

**CALICATA** : C-02

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION

**PROFUNDIDAD** : 0.20 - 2.30 m

**TECN. RESPONS. PERSONAL DE LABOR.**

**ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

**FECHA** : 11/05/2023

DESCRIPCION		ENSAYO				PROM.
N° MUESTRA		M-01				
N° TARA		A-26				
1	PESO RECIPIENTE	45.70				
2	AGREGADO HUMEDO + RECIPIENTE	945.00				
3	AGREGADO SECO + RECIPIENTE	818.00				
4	PESO DE AGUA	127.00				
5	PESO DE AGREGADO SECO	772.30				
6	CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.44%			16.44%	

*GEOTECNIA PUNO EIRL*

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



**GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



PROYECTO : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA STRUCTURAL  
DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES, JULIACA, PUNO

SOLICITANTE : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

CALICATA : C-02

TECN. RESPON. : PERSONAL LABORATORIO

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

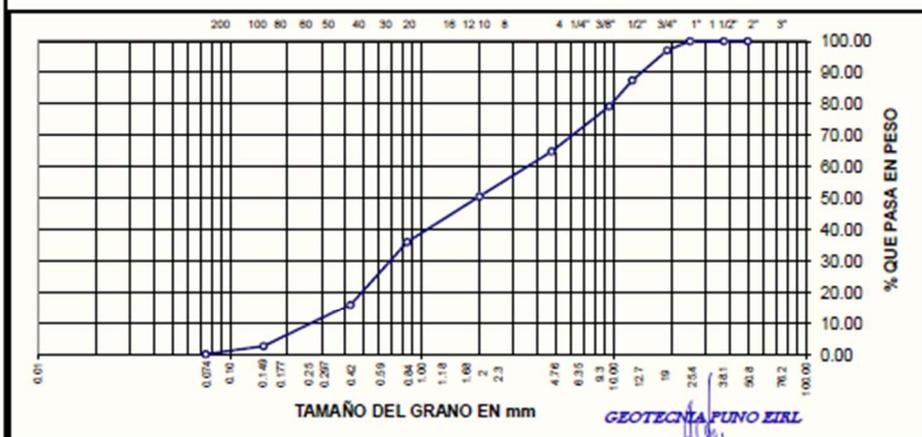
PROFUNDIDA : 0.20 - 2.30 m

FECHA : 12/05/2023

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso Inicial : 3384 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 0 Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 35.05 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 64.63 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 0.32 %
3/4"	19.000	98.00	2.90	2.90	97.10		W natural : 0.16 %
1/2"	12.500	324.00	9.57	12.47	87.53		
3/8"	9.500	278.00	8.22	20.69	79.31		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	486.00	14.36	35.05	64.95		L.L. : NP %
No.10	2.000	482.00	14.24	49.29	50.71		L.P. : NP %
No.20	0.840	491.00	14.51	63.80	36.20		I.P. : NP %
No.40	0.425	678.00	20.04	83.84	16.16		
No.100	0.150	449.00	13.27	97.11	2.89		CLASIFICACION
No.200	0.075	87.00	2.57	99.7	0.32		SUCS : <b>SP-SM</b>
<No.200		11.00	0.33	100.0			AASHTO : <b>A-1b</b>

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR 81732



## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



**PROYECTO** : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES,  
JULIACA, PUNO

**SOLICITANTE** : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

**CALICATA** : C-02

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION

**PROFUNDIDA** : 0.20 - 2.30 m

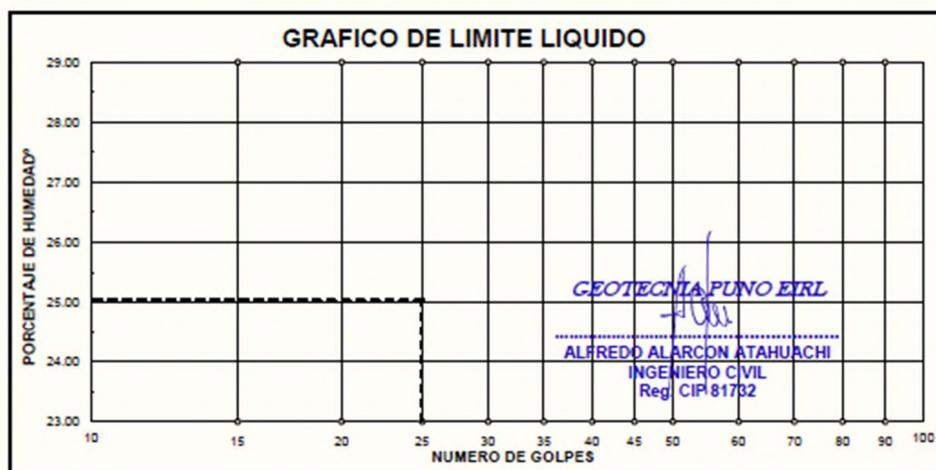
**TECN. RESP.:** PERSONAL LABORATORIO

**ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

**FECHA** : 12/05/23

### LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
01. No.DE GOLPES		
02. TARRO No.		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g		
04. SUELO SECO * TARRO g	NP	NP
05. PESO DEL AGUA g		
06. PESO DEL TARRO g		
07. PESO DEL SUELO SECO g		
08. HUMEDAD %		
L.L.= NP %	L.P.= NP %	I.P.= NP %





## ***GEOTECNIA PUNO EIRL***

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



**PROYECTO :** ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA  
STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS MERCEDES,  
JULIACA, PUNO

**SOLICITANT :** PACHA QUISPE DARWIN CELVER

**CALICATA :** C-02

**MUESTRA :** M-01

**MUESTRA :** 0.20 - 2.30 m

**TECN. RESPO PERSONAL DE LABOR.**

**ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.

**FECHA :** 14/05/2023

### **PESOS UNITARIOS SECOS MAXIMOS Y MINIMOS**

<b>DENSIDAD SECA NATURAL (PESO UNITARIO) Yd</b>				
<b>Número de muestras</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A. Peso de material + molde	g	9,994.0	10,024.0	10,032.0
B. Peso del molde	g	6547.7	6547.7	6547.7
C. Peso del material	g	3446.3	3476.3	3484.3
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,132.7	2,132.7	2,132.7
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.616	1.630	1.634
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.627		
<b>DENSIDAD SECA MINIMO (PESO UNITARIO) Yd mín.</b>				
<b>Número de muestras</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A. Peso de material + molde	g	9,707.0	9,684.0	9,676.0
B. Peso del molde	g	6547.7	6547.7	6547.7
C. Peso del material	g	3159.3	3136.3	3128.3
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,132.7	2,132.7	2,132.7
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.481	1.471	1.467
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.473		
<b>DENSIDAD SECA MAXIMO (PESO UNITARIO) Yd máx.</b>				
<b>Número de muestras</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A. Peso de la Muestra al Aire	g	871	972	1054
B. Peso de la Muestra al agua	g	514	574	621
C. Volumen de la Muestra	cm <sup>2</sup>	357.00	398.00	433.00
D. Peso específico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.440	2.442	2.434
E. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	2.439		

*GEOTECNIA PUNO EIRL*

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES-  
SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA



### DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

**PROYECTO** : ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO APLICANDO ROBOT STRUCTURAL Y  
TEKLA STRUCTURAL DESIGNER DE LA INFRAESTRUCTURA DEL COLEGIO LAS  
MERCEDES, JULIACA, PUNO

**SOLICITANTE** : PACHA QUISPE DARWIN CELVER

**CALICATA** : C-02 **TECN. RESP.** : PERSONAL DE LABOR.

**MUESYRA** : M-01 **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.

**PROFUNDIDAD** : 0.20 - 2.30 m **FECHA** : 14/05/2023

#### DENSIDAD RELATIVA (DR):

Densidad seca natural : Yd  
Densidad seca máxima : Yd máx  
Densidad seca mínima : Yd mín

CALICATA MUESTRA	Yd	Yd máx	Yd mín
C-01 M-01	1.627	2.439	1.473

$$DR = (Yd \text{ máx}/Yd) * ((Yd - Yd \text{ mín}) / (Yd \text{ máx} - Yd \text{ mín}))$$

Reemplazando valores se tiene:

CALICATA C-01; MUESTRA	M-01	M-02	M-03
DENSIDAD RELATIVA (%)	23.85		

#### ANGULO DE FRICCION INTERNA ( $\phi$ )

Según Meyerhoff:

$$\phi = 25 + 0.15 * DR \dots\dots\dots (\text{Para suelos granulares con más de 5\% de finos})$$

$$\phi = 30 + 0.15 * DR \dots\dots\dots (\text{Para suelos granulares con menos de 5\% de finos})$$

Reemplazando valores se tiene:

CALICATA C-01; MUESTRA	M-01	M-02	M-03
$\phi$	33.58		

*ALFREDO ALARCON*  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

Cohesión estimado para la muestra (Kg/cm<sup>2</sup>) : 0

## CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE. POR NIVEL DE AGUAS FREATICAS

Parámetros e hipótesis de Cálculo para capacidad de carga último, por las modificaciones efectuadas por Terzaghi para la cimentación cuadrada es como sigue:

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4YBN'_y$$

Donde :

c	:	Cohesión
Y	:	Peso específico del suelo
Df	:	Profundidad de desplante
B	:	Ancho de zapata.
N'c, N'q, N'y	:	Factores de capacidad de carga.

Si el nivel freático se localiza encima de la zapata, el factor de sobrecarga efectiva "q" tomará la forma:

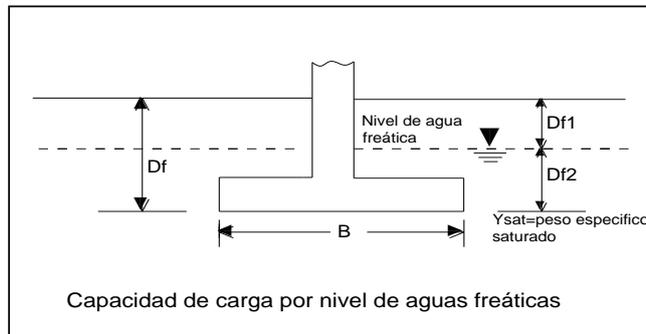
$$q = Df1*Y + Df2(Y')$$



$$q = Df1*Y + Df2 (Y_{sat}-Y_w)$$

Donde :

Y <sub>sat</sub>	:	Peso específico saturado del suelo
Y <sub>w</sub>	:	Peso específico del agua



La capacidad de carga admisible del suelo esta dado por :

$$q_a = \frac{q_u}{FS}$$

Donde :

q <sub>a</sub>	:	capacidad de carga admisible
q <sub>u</sub>	:	capacidad de carga última
FS	:	Factor de seguridad.

Para el Factor de Seguridad tomaremos las siguientes consideraciones:

Existe las variaciones naturales en la resistencia al corte de los suelos.

Las incertidumbres que como es lógico, contienen los métodos o fórmulas para la determinación de la capacidad última del suelo. Excesivo asentamiento en suelos compresibles que haría fluir un suelo cuando éste está próximo a la carga de rotura por corte.

Por lo expuesto adoptaremos FS = 3,00 establecido para estructuras permanentes.

## CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE (CALICATA C-01, M-01)

Para Zapatas Cuadradas:

A partir del ensayo se tiene los siguientes valores:

Cohesión	:	0.000	Kg/cm <sup>2</sup>
∅	:	32.85	°
Df	:	200	cm
B	:	200	cm
Y	:	1.606	g/cm <sup>3</sup>
Y <sub>sat</sub>	:	1.843	g/cm <sup>3</sup>
N' <sub>c</sub>	:	22.206	
N' <sub>q</sub>	:	10.560	
N' <sub>y</sub>	:	6.199	

El nivel freático se encuentra a un nivel de **80.00 cm = 0.80 m**

**Cuando el nivel freático se encuentra encima de la zapata, se tiene:**

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 50 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 160 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: -30 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 80 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 50 cm	Para Df= 160 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: -30 cm	Df2: 80 cm	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 60 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 170 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: -20 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 90 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 60 cm	Para Df= 170 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: -20 cm	Df2: 90 cm
Para Df= 50 cm	Para Df= 160 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: -30 cm	Df2: 80 cm												
Para Df= 60 cm	Para Df= 170 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: -20 cm	Df2: 90 cm												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 70 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 180 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: -10 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 100 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 70 cm	Para Df= 180 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: -10 cm	Df2: 100 cm	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 80 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 190 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 0 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 110 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 80 cm	Para Df= 190 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 0 cm	Df2: 110 cm
Para Df= 70 cm	Para Df= 180 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: -10 cm	Df2: 100 cm												
Para Df= 80 cm	Para Df= 190 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 0 cm	Df2: 110 cm												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 90 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 200 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 10 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 120 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 90 cm	Para Df= 200 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 10 cm	Df2: 120 cm	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 100 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 210 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 20 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 130 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 100 cm	Para Df= 210 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 20 cm	Df2: 130 cm
Para Df= 90 cm	Para Df= 200 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 10 cm	Df2: 120 cm												
Para Df= 100 cm	Para Df= 210 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 20 cm	Df2: 130 cm												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 110 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 220 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 30 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 140 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 110 cm	Para Df= 220 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 30 cm	Df2: 140 cm	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 120 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 230 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 40 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 150 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 120 cm	Para Df= 230 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 40 cm	Df2: 150 cm
Para Df= 110 cm	Para Df= 220 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 30 cm	Df2: 140 cm												
Para Df= 120 cm	Para Df= 230 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 40 cm	Df2: 150 cm												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Para Df= 130 cm</td> <td style="width: 50%;">Para Df= 240 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df1: 80 cm</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 50 cm</td> <td style="padding-left: 20px;">Df2: 160 cm</td> </tr> </table>	Para Df= 130 cm	Para Df= 240 cm	Df1: 80 cm	Df1: 80 cm	Df2: 50 cm	Df2: 160 cm							
Para Df= 130 cm	Para Df= 240 cm												
Df1: 80 cm	Df1: 80 cm												
Df2: 50 cm	Df2: 160 cm												

Para Df= 140 cm

Df1: 80 cm

Df2: 60 cm

Para Df=

250 cm

Df1: 80 cm

Df2: 170 cm

Para Df= 150 cm

Df1: 80 cm

Df2: 70 cm

Los valores para cada profundidad tenemos:

<b>PROF. Df (cm)</b>	<b>qu (Kg/cm2)</b>	<b>qa (Kg/cm2)</b>
50	1.89	0.63
60	1.98	0.66
70	2.06	0.69
80	2.15	0.72
90	2.24	0.75
100	2.33	0.78
110	2.42	0.81
120	2.51	0.84
130	2.60	0.87
140	2.69	0.90
150	2.78	0.93
160	2.87	0.96
170	2.95	0.98
180	3.04	1.01
190	3.13	1.04
200	3.22	1.07
210	3.31	1.10
220	3.40	1.13
230	3.49	1.16
240	3.58	1.19
250	3.67	1.22

## CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE (CALICATA C-02, M-01)

Para Zapatas Cuadradas:

A partir del ensayo se tiene los siguientes valores:

Cohesión	:	0.000	Kg/cm <sup>2</sup>
Ø	:	33.58	°
Df	:	200	cm
B	:	200	cm
Y	:	1.627	g/cm <sup>3</sup>
Y <sub>sat</sub>	:	1.879	g/cm <sup>3</sup>
N <sub>c</sub>	:	23.161	
N <sub>q</sub>	:	11.258	
N <sub>y</sub>	:	6.842	

El nivel freático se encuentra a un nivel de **110.00 cm = 1.10 m**

**Cuando el nivel freático se encuentra encima de la zapata, se tiene:**

Para Df= 50 cm Df1: 110 cm Df2: -60 cm	Para Df= 160 cm Df1: 110 cm Df2: 50 cm
Para Df= 60 cm Df1: 110 cm Df2: -50 cm	Para Df= 170 cm Df1: 110 cm Df2: 60 cm
Para Df= 70 cm Df1: 110 cm Df2: -40 cm	Para Df= 180 cm Df1: 110 cm Df2: 70 cm
Para Df= 80 cm Df1: 110 cm Df2: -30 cm	Para Df= 190 cm Df1: 110 cm Df2: 80 cm
Para Df= 90 cm Df1: 110 cm Df2: -20 cm	Para Df= 200 cm Df1: 110 cm Df2: 90 cm
Para Df= 100 cm Df1: 110 cm Df2: -10 cm	Para Df= 210 cm Df1: 110 cm Df2: 100 cm
Para Df= 110 cm Df1: 110 cm Df2: 0 cm	Para Df= 220 cm Df1: 110 cm Df2: 110 cm
Para Df= 120 cm Df1: 110 cm Df2: 10 cm	Para Df= 230 cm Df1: 110 cm Df2: 120 cm
Para Df= 130 cm Df1: 110 cm Df2: 20 cm	Para Df= 240 cm Df1: 110 cm Df2: 130 cm

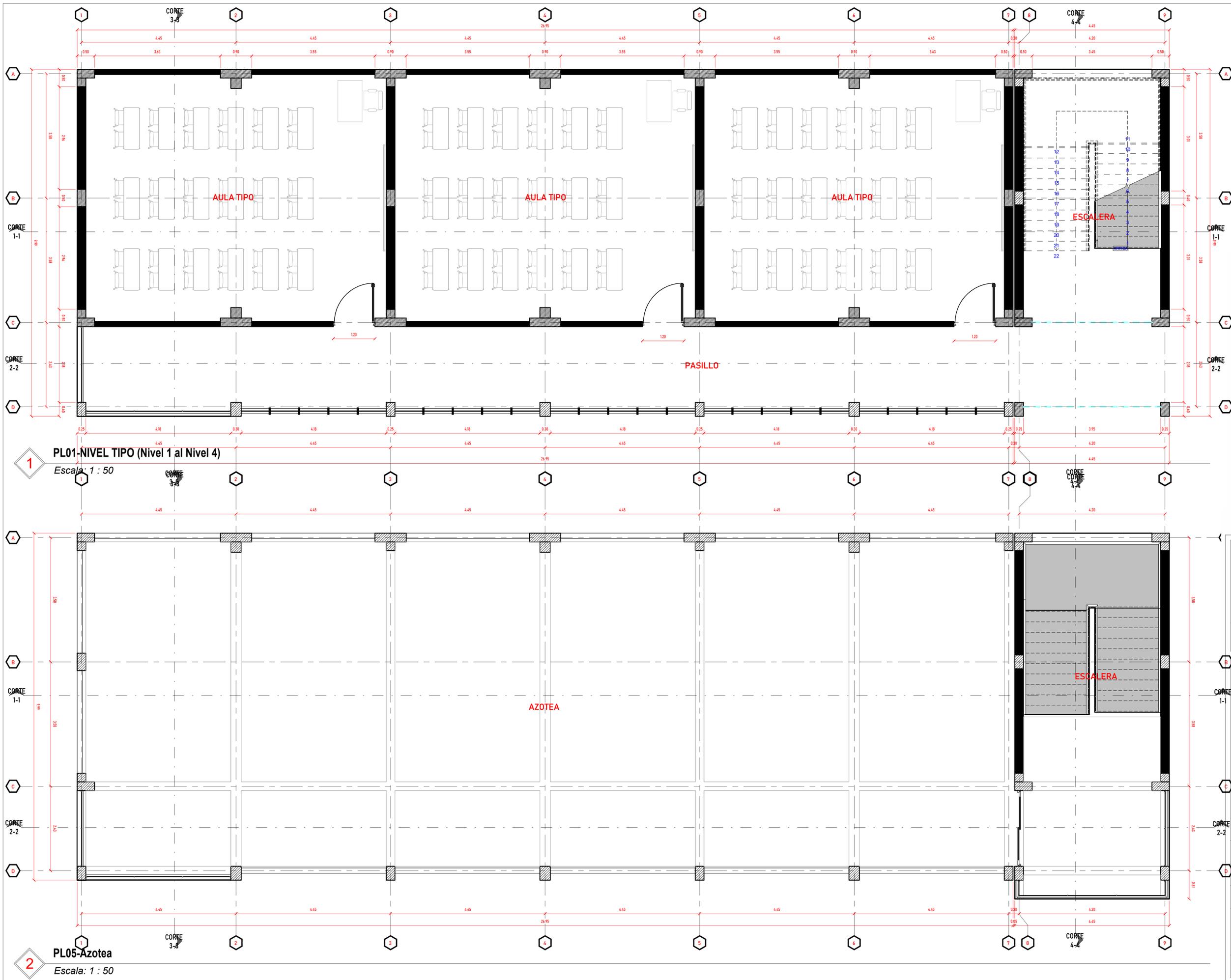
Para Df= 140 cm  
Df1: 110 cm  
Df2: 30 cm

Para Df= 250 cm  
Df1: 110 cm  
Df2: 140 cm

Para Df= 150 cm  
Df1: 110 cm  
Df2: 40 cm

Los valores para cada profundidad tenemos:

<b>PROF. Df (cm)</b>	<b>qu (Kg/cm2)</b>	<b>qa (Kg/cm2)</b>
50	2.31	0.77
60	2.41	0.80
70	2.51	0.84
80	2.61	0.87
90	2.71	0.90
100	2.81	0.94
110	2.90	0.97
120	3.00	1.00
130	3.10	1.03
140	3.20	1.07
150	3.30	1.10
160	3.40	1.13
170	3.50	1.17
180	3.60	1.20
190	3.70	1.23
200	3.80	1.27
210	3.89	1.30
220	3.99	1.33
230	4.09	1.36
240	4.19	1.40
250	4.29	1.43



**1** PL01-NIVEL TIPO (Nivel 1 al Nivel 4)  
Escala: 1 : 50

**2** PL05-Azotea  
Escala: 1 : 50

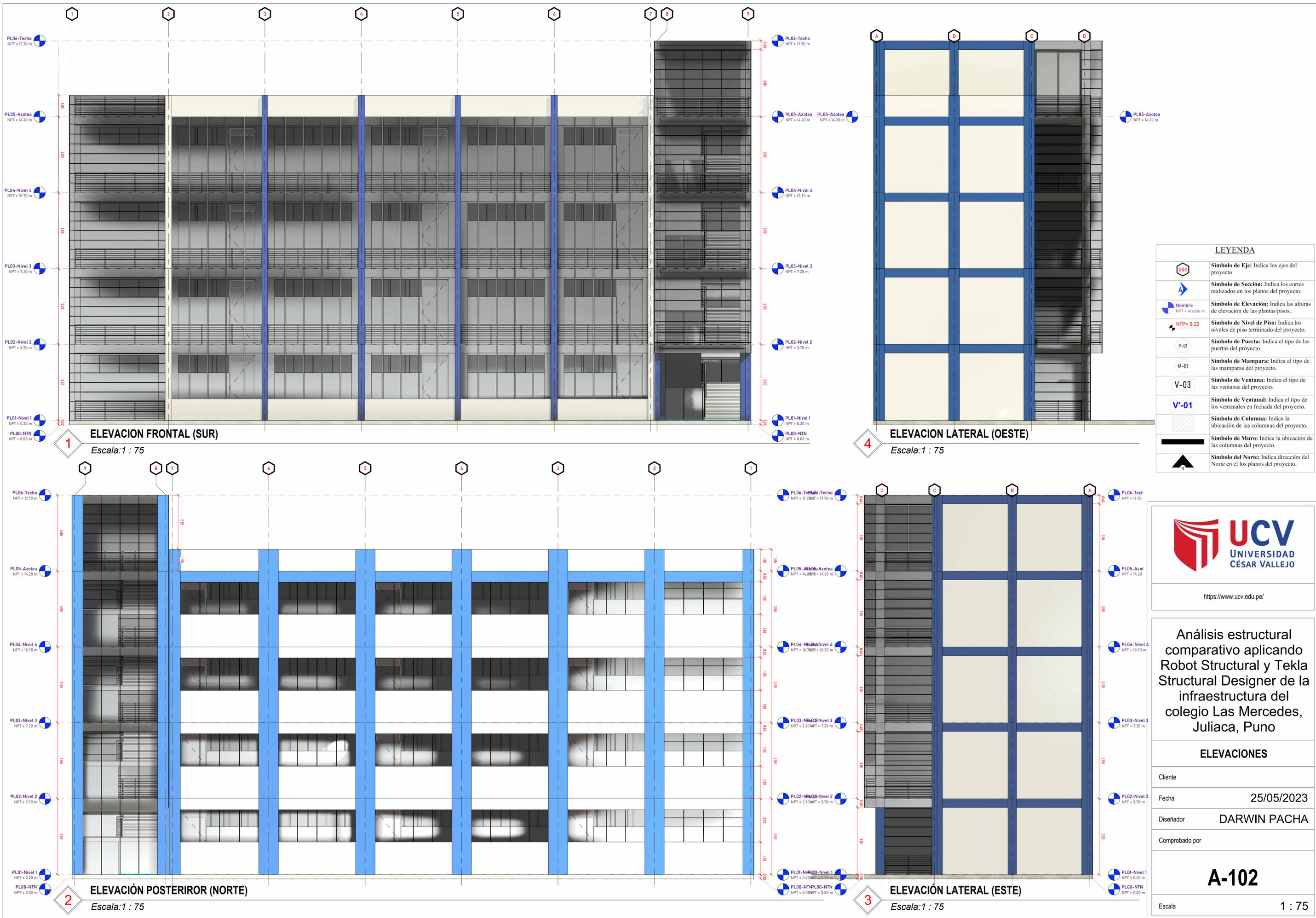
LEYENDA	
	<b>Símbolo de Eje:</b> Indica los ejes del proyecto.
	<b>Símbolo de Sección:</b> Indica los cortes realizados en los planos del proyecto.
	<b>Símbolo de Elevación:</b> Indica las alturas de elevación de las plantas pisos.
	<b>Símbolo de Nivel de Piso:</b> Indica los niveles de piso terminado del proyecto.
	<b>Símbolo de Puerta:</b> Indica el tipo de las puertas del proyecto.
	<b>Símbolo de Mampara:</b> Indica el tipo de las mamparas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventana:</b> Indica el tipo de las ventanas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventanal:</b> Indica el tipo de los ventanales en fechada del proyecto.
	<b>Símbolo de Columna:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo de Muro:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo del Norte:</b> Indica dirección del Norte en el planos del proyecto.



<https://www.ucv.edu.pe/>

**Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno**

PLANTA	
Cliente	
Fecha	25/05/2023
Diseñador	DARWIN PACHA
Comprobado por	
<b>A-101</b>	
Escala	1 : 50



LEYENDA	
	<b>Símbolo de Eje:</b> Indica los ejes del proyecto.
	<b>Símbolo de Sección:</b> Indica los cortes realizados en los planos del proyecto.
	<b>Símbolo de Elevación:</b> Indica las alturas de elevación de las plantas/pisos.
	<b>Símbolo de Nivel de Piso:</b> Indica los niveles de piso terminado del proyecto.
	<b>Símbolo de Puerta:</b> Indica el tipo de las puertas del proyecto.
	<b>Símbolo de Mampara:</b> Indica el tipo de las mamparas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventana:</b> Indica el tipo de las ventanas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventanal:</b> Indica el tipo de los ventanales en fechada del proyecto.
	<b>Símbolo de Columna:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo de Muro:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo del Norte:</b> Indica dirección del Norte en el los planos del proyecto.



<https://www.ucv.edu.pe/>

**Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno**

ELEVACIONES	
Ciente	
Fecha	25/05/2023
Diseñador	DARWIN PACHA
Comprobado por	
<b>A-102</b>	
Escala	1 : 75



**CORTE 2-2**

Escala: 1 : 75

**CORTE 3-3**

Escala: 1 : 75

LEYENDA	
	<b>Símbolo de Eje:</b> Indica los ejes del proyecto.
	<b>Símbolo de Sección:</b> Indica los cortes realizados en los planos del proyecto.
	<b>Símbolo de Elevación:</b> Indica las alturas de elevación de las plantas/pisos.
	<b>Símbolo de Nivel de Piso:</b> Indica los niveles de piso terminado del proyecto.
	<b>Símbolo de Puerta:</b> Indica el tipo de las puertas del proyecto.
	<b>Símbolo de Mampara:</b> Indica el tipo de las mamparas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventana:</b> Indica el tipo de las ventanas del proyecto.
	<b>Símbolo de Ventanal:</b> Indica el tipo de los ventanales en fachada del proyecto.
	<b>Símbolo de Columna:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo de Muro:</b> Indica la ubicación de las columnas del proyecto.
	<b>Símbolo del Norte:</b> Indica dirección del Norte en el los planos del proyecto.



**CORTE 1-1**

Escala: 1 : 75

**CORTE 4-4**

Escala: 1 : 75

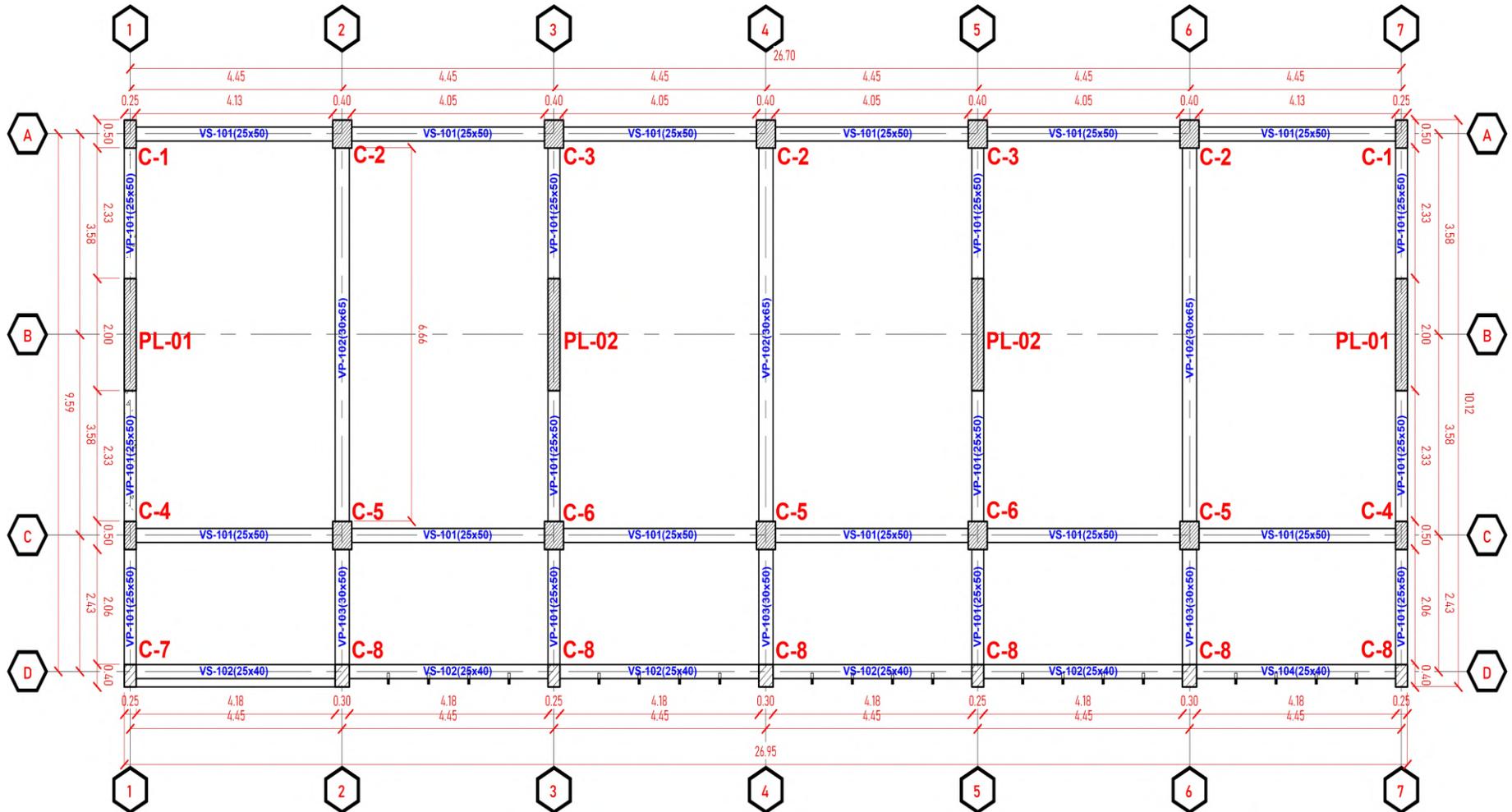


<https://www.ucv.edu.pe/>

**Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno**

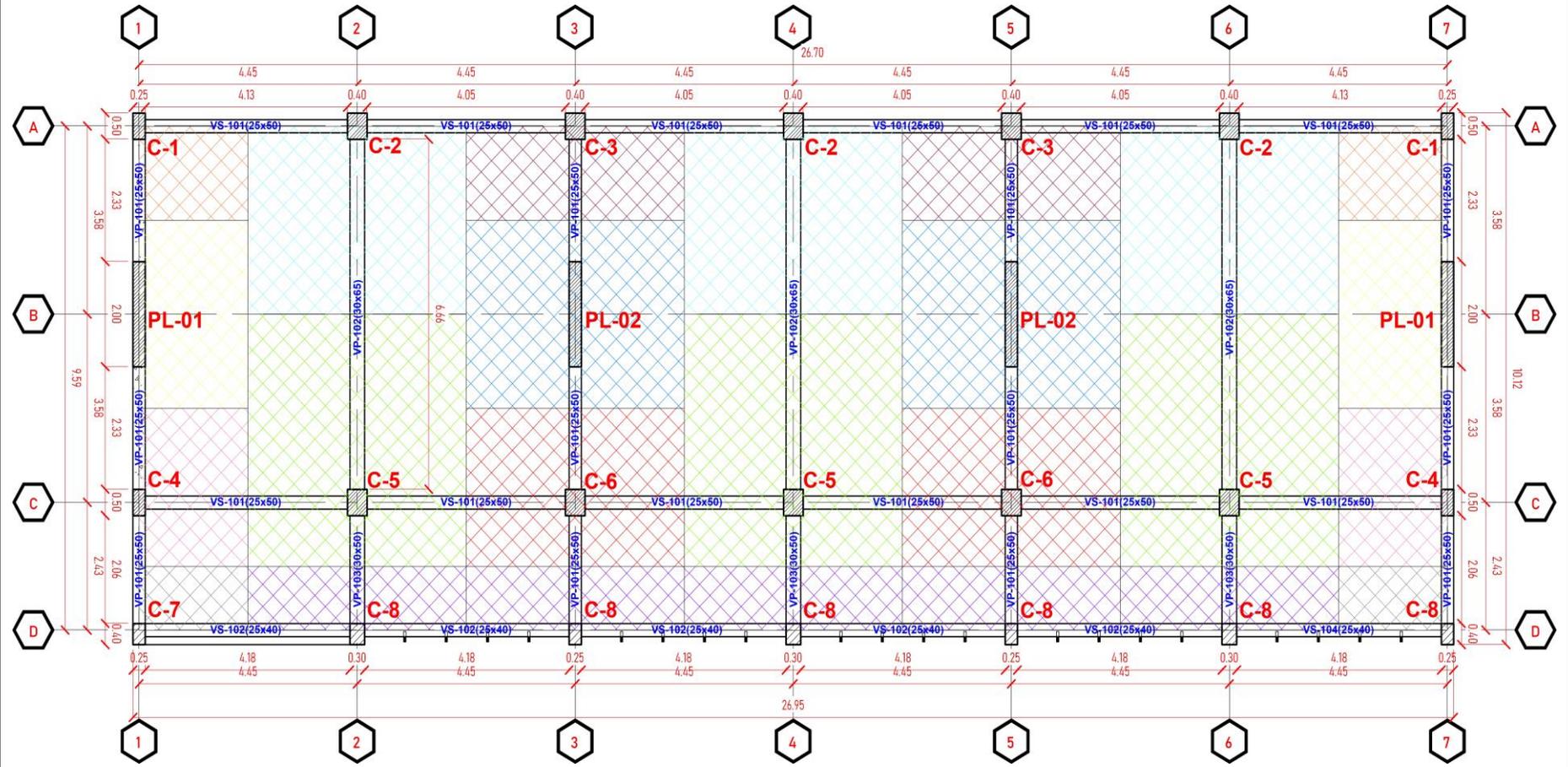
CORTES	
Cliente	
Fecha	25/05/2023
Diseñador	DARWIN PACHA
Comprobado por	
<b>A-103</b>	
Escala	1 : 75

**Ilustración 17:**



*Estructuración de los elementos estructurales de la infraestructura educativa de aulas pedagógicas -Colegio Las Mercedes.*

**Ilustración 18:**



*Determinación de áreas tributarias de la infraestructura educativa de aulas pedagógicas -Colegio Las Mercedes.*

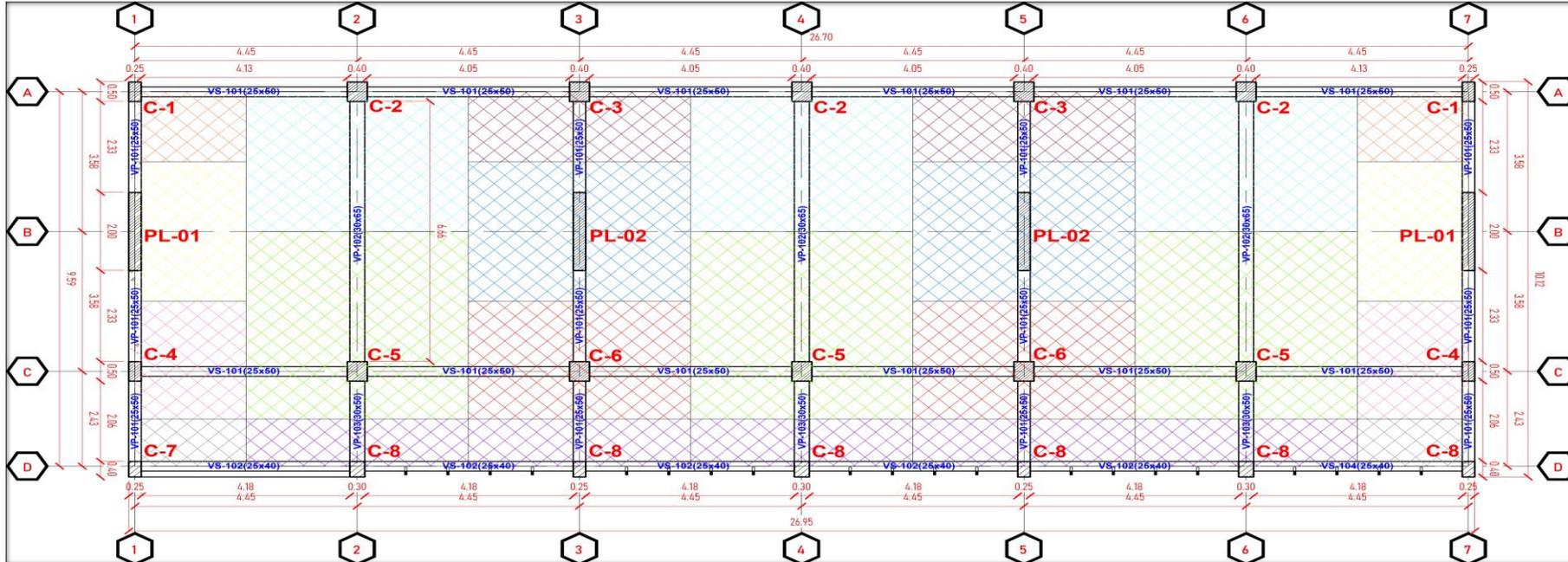
## PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

PROYECTO: Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno  
 AUTOR: Bach. DARWIN CLEVER PACHA QUISPE  
 FECHA: May-23

LEYENDA	
DATOS	SUGERIDO
CALCULADO	DEFINIDO



### PLANO EN PLANTA DE LA ESTRUCTURACION



### 1. LOSA ALIGERADA

#### LOSA ALIGERADA EN 1 DIRECCIÓN

##### 1° CRITERIO

$$h = \frac{L}{25}$$

Luz libre	=	4.45 m
Espesor losa	=	0.18 m    0.20 m
H ladrillo	=	0.15 m

**h = 0.20 m** Cumple

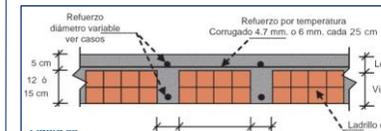
##### 2° CRITERIO

$$S/C = 250$$

$$h = \frac{L}{26}$$

Luz libre	=	4.45 m
Espesor losa	=	0.17 m    0.20 m
H ladrillo	=	0.15 m

**h = 0.20 m** Cumple



$h = 17\text{cm}$  Para luces menores a 4m  
 $h = 20\text{cm}$  Para luces entre de 4 a 5.5m  
 $h = 25\text{cm}$  Para luces entre de 5 a 6.5m  
 $h = 30\text{cm}$  Para luces entre de 6 a 7.5m



Ln	h "losa"	h "ladrillo"
4 m	17 cm	12 cm
5 m	20 cm	15 cm
6 m	25 cm	20 cm
7 m	30 cm	25 cm

MOMBRE DEL ELEMENTO	IDENT.	LUZ	h. LOSA	h. LADRILLO	DETALLE
LOSA ALIGERADA	LOSA ALIG. (X-X)	4.45 m	20.00 cm	15.00 cm	Cumple

### 3. VIGAS

#### VIGA PRINCIPAL

##### 1° CRITERIO

$H = \frac{L}{10}$	$L = 10$
--------------------	----------

Categoria	A
Luz =	6.66 m
Peralte =	0.67 m    0.70 m
Base =	0.35 m    0.50 m

$$\frac{L}{10} \alpha \frac{L}{12}$$

B =	0.35 m
H =	0.70 m

VS (0.35x0.7)

  
Cumple

0.2375

##### 2° CRITERIO

$S/C = 250$	$Luz = 6.66 \text{ m}$
$H = \frac{L}{11}$	$\alpha = 11$
	$Peralte = 0.61 \text{ m} \quad 0.65 \text{ m}$
	$Base = 0.35 \text{ m} \quad 0.45 \text{ m}$

B =	0.35 m
H =	0.65 m

VS (0.35x0.65)

  
Cumple

##### 3° CRITERIO ACI

$S/C = 250$	$Luz = 6.66 \text{ m}$
Viga Continua	$\alpha = 11.9$
	$K = 1$
$H = \frac{K \cdot L}{11.9}$	$Peralte = 0.56 \text{ m} \quad 0.60 \text{ m}$
	$Base = 0.30 \text{ m} \quad 0.40 \text{ m}$

B =	0.30 m
H =	0.65 m

VS (0.3x0.65)

  
Cumple

MOMBRE DEL ELEMENTO	IDENT.	LUZ	BASE	PERALTE	DETALLE
VIGA PRINCIPAL	VP-101	2.33 m	25.00 cm	50.00 cm	Cumple
VIGA PRINCIPAL	VP-102	6.66 m	30.00 cm	65.00 cm	Cumple
VIGA PRINCIPAL	VP-103	2.06 m	25.00 cm	50.00 cm	Cumple

#### VIGA SECUNDARIA

##### 1° CRITERIO

$H = \frac{L}{13}$	$L = 13$
--------------------	----------

Categoria	A
Luz =	4.45 m
Peralte =	0.34 m    0.50 m
Base =	0.25 m    0.25 m

$$\frac{L}{13} \alpha \frac{L}{15}$$

B =	0.25 m
H =	0.50 m

VS (0.25x0.5)

  
Cumple

##### 2° CRITERIO ACI

$S/C = 250$	$Luz = 4.45 \text{ m}$
$H = \frac{L}{13}$	$\beta = 13$
	$Peralte = 0.34 \text{ m} \quad 0.35 \text{ m}$
	$Base = 0.25 \text{ m} \quad 0.30 \text{ m}$

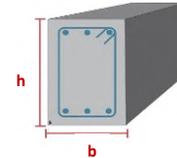
B =	0.25 m
H =	0.40 m

VS (0.25x0.4)

  
Cumple

VIGAS PRINCIPALES	
W s/c	$\alpha$
$S/C \leq 350 \text{ Kg/m}^2$	12
$200 < S/C \leq 350 \text{ Kg/m}^2$	11
$350 < S/C \leq 600 \text{ Kg/m}^2$	10
$600 < S/C \leq 750 \text{ Kg/m}^2$	9

$L \leq 5.5 \text{ m}$	25x50, 30x50
$L \leq 6.5 \text{ m}$	25x60, 30x60, 40x60
$L \leq 7.5 \text{ m}$	25x70, 30x70, 40x70, 50x70
$L \leq 8.5 \text{ m}$	30x75, 40x75, 30x80, 40x80
$L \leq 9.5 \text{ m}$	30x85, 30x90, 40x85, 40x90



$$b = \frac{h}{2}, \frac{2+h}{3}, \frac{\text{Ancho trib}}{20}$$

Consideraciones  
 $b_{min} \geq 0.25 \text{ m}$

MOMBRE DEL ELEMENTO	IDENT.	LUZ	BASE	PERALTE	DETALLE
VIGA SECUNDARIA	VS-101	4.50 m	25.00 cm	50.00 cm	Cumple
VIGA SECUNDARIA	VS-102	4.50 m	25.00 cm	40.00 cm	Cumple

#### 4. COLUMNAS

##### 1° CRITERIO ACI

Categoría	A
Columna	Excéntrica

Peso de edf	=	1500 kg/m <sup>2</sup>
Área Trib	=	5.41 m <sup>2</sup>
N° pisos	=	4
P Servicio	=	32460 kg
n	=	0.35
Concreto f'c	=	210 kg/cm <sup>2</sup>
Área Req	=	442 cm <sup>2</sup>
Col Circular	=	24 cm
Área Col	=	25 cm x 25 cm

$$\text{ÁREA COL} = \frac{P \text{ Servicio}}{0.35 f'c}$$

b =	0.25 m
D =	0.25 m

Área Columna (0.25x0.25)

Cumple

$$P_{servicio} = P * A_{tributaria} * N^{\circ} \text{pisos}$$

Categoría "A"	P=1500 kg/m <sup>2</sup>
Categoría "B"	P=1250 kg/m <sup>2</sup>
Categoría "C"	P=1000 kg/m <sup>2</sup>

**Consideraciones:**  
Zonas de alta sismicidad  
Acol min ≥ 1000cm<sup>2</sup>

##### 2° CRITERIO

Categoría	A
Columna	Excéntrica

Peso de edf	=	1500 kg/m <sup>2</sup>
Área Trib	=	5.41 m <sup>2</sup>
N° pisos	=	4
P Gravedad	=	32460 kg
n	=	0.25
Concreto f'c	=	210 kg/cm <sup>2</sup>
Área Req	=	773 cm <sup>2</sup>
Col Circular	=	31 cm
Área Col	=	30 cm x 30 cm

$$b * D = \frac{1.25 * P_G}{n * f'c}$$

b =	0.30 m
D =	0.40 m

Área Columna (0.3x0.4)

Cumple

Tipo C1 (para los primeros pisos)	Columna interior	P = 1.10 P <sub>G</sub> n = 0.30
Tipo C1 (para los 4 últimos pisos superiores)	Columna interior	P = 1.10 P <sub>G</sub> n = 0.25
Tipo C2, C3	Columnas Extremas de pórticos interiores	P = 1.25 P <sub>G</sub> n = 0.25
Tipo C4	Columna de esquina	P = 1.50 P <sub>G</sub> n = 0.20

**Consideraciones:**  
Icol ≥ Ivig

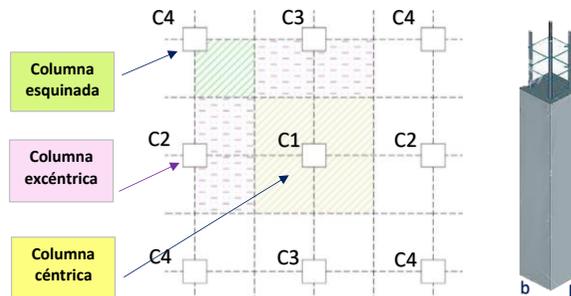
Nota: se considera primeros pisos a los restantes de los 4 últimos pisos.

##### 3° CRITERIO

Columna	Excéntrica
---------	------------

H entre piso	=	3.50 m
Área Col	=	0.40 x 0.40

$$\text{ÁREA COL} = \frac{H}{9}$$



$$P_G = P * A_{tributaria} * N^{\circ} \text{pisos}$$

MOMBRE DEL ELEMENTO	IDENT.	AREA TRIB.	AREA COL. REQUERIDO	b	D	Detalle
COLUMNA ESQUINADA	C-01	3.98 m <sup>2</sup>	325 cm <sup>2</sup>	25.00 cm	40.00 cm	Cumple
COLUMNA EXCENTRICA	C-02	15.93 m <sup>2</sup>	1300 cm <sup>2</sup>	40.00 cm	40.00 cm	Cumple
COLUMNA EXCENTRICA	C-03	7.97 m <sup>2</sup>	651 cm <sup>2</sup>	30.00 cm	40.00 cm	Cumple
COLUMNA EXCENTRICA	C-04	6.67 m <sup>2</sup>	544 cm <sup>2</sup>	30.00 cm	40.00 cm	Cumple
COLUMNA CENTRAL	C-05	21.34 m <sup>2</sup>	1355 cm <sup>2</sup>	40.00 cm	50.00 cm	Cumple
COLUMNA CENTRAL	C-06	13.37 m <sup>2</sup>	849 cm <sup>2</sup>	30.00 cm	40.00 cm	Cumple
COLUMNA ESQUINADA	C-07	2.70 m <sup>2</sup>	220 cm <sup>2</sup>	25.00 cm	30.00 cm	Cumple
COLUMNA EXCENTRICA	C-08	5.41 m <sup>2</sup>	442 cm <sup>2</sup>	30.00 cm	30.00 cm	Cumple

#### 6. PLACAS

##### 1° CRITERIO

Longitud, x

V basal, x	=	188360 kg
Coef φ	=	0.85
Concreto f'c	=	210 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor b	=	25.00 cm
Longitud Lx	=	721 cm

$$Lx = \frac{V_{basal,x}}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * 0.8}$$

Lx = 7.20 m Cumple

Longitud, y

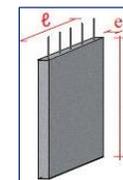
V basal, y	=	215260 kg
Coef φ	=	0.85
Concreto f'c	=	210 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor b	=	25.00 cm
Longitud Ly	=	824 cm

$$Ly = \frac{V_{basal,y}}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * 0.8}$$

Lx = 8.20 m Cumple

N° DE PISOS	Espesor (b)
< a 5 niveles	0.20 m
6 a 10 niveles	0.25 m
> a 10 niveles	0.30m

**Consideraciones:**  
Lmin=1.20m  
bmin=0.20m Zonas de alta sismicidad



MOMBRE DEL ELEMENTO	IDENT.	CORTNATE	ESPESOR	L	Cantidad	Detalle
PLACA DIRECCION (Y-Y)	PL-01	1100260 kg	25.00 cm	2.000 m	2.00 cm	Cumple
PLACA DIRECCION (Y-Y)	PL-02	1100260 kg	25.00 cm	2.000 m	2.00 cm	Cumple

## METRADO DE CARGAS PARA SISMO

**PROYECTO:** Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno  
**AUTOR :** PACHA QUISPE DARWIN CLEVER  
**FECHA :** May-23



### 1.- METRADO DE CARGAS MUERTAS

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m3)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Base B (m)	Altura H (m)	Longitud L (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>1.- METRADO DE VIGAS</b>									
<b>NIVEL 1 A 4</b>									
	VP-101 (eje: 1,3,5,7)	Ton	4.00	2.40	0.25	0.50	7.59	9.11	<b>44.21</b>
	VP-102 (eje: 2,4,6)	Ton	3.00	2.40	0.30	0.65	7.16	10.05	
	VP-103 (eje: 2,4,6)	Ton	3.00	2.40	0.30	0.50	2.43	2.62	
	VS-101 (eje:A,C)	Ton	2.00	2.40	0.25	0.50	26.70	16.02	
	VS-102 (eje:D)	Ton	1.00	2.40	0.25	0.40	26.70	6.41	

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m3)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Base B (m)	Longitud L (m)	Altura He (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>2.- METRADO DE COLUMNAS</b>									
<b>NIVEL 1</b>									
	Columna C-1	Ton	4.00	2.40	0.25	0.50	5.00	6.00	<b>39.12</b>
	Columna C-2	Ton	10.00	2.40	0.40	0.50	5.00	24.00	
	Columna C-3	Ton	4.00	2.40	0.25	0.40	5.00	4.80	
	Columna C-4	Ton	3.00	2.40	0.30	0.40	5.00	4.32	
<b>NIVEL 2 y 3</b>									
	Columna C-1	Ton	8.00	2.40	0.25	0.50	3.50	8.40	<b>31.58</b>
	Columna C-2	Ton	10.00	2.40	0.40	0.50	3.50	16.80	
	Columna C-3	Ton	4.00	2.40	0.25	0.40	3.50	3.36	
	Columna C-4	Ton	3.00	2.40	0.30	0.40	3.50	3.02	
<b>NIVEL 4</b>									
	Columna C-1	Ton	4.00	2.40	0.25	0.50	4.50	5.40	<b>24.41</b>
	Columna C-2	Ton	5.00	2.40	0.40	0.50	4.50	10.80	
	Columna C-3	Ton	4.00	2.40	0.25	0.40	4.50	4.32	
	Columna C-4	Ton	3.00	2.40	0.30	0.40	4.50	3.89	

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m2)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Ancho A (m)	Longitud L (m)	-	PARCIAL	TOTAL
<b>3.- METRADO DE LOSA</b>									
<b>NIVEL 1 A 3</b>									
	Losa entre A - C (A1)	Ton	1.00	0.30	7.16	26.70		57.35	<b>76.82</b>
	Losa entre C - D (A2)	Ton	1.00	0.30	2.43	26.70		19.46	
<b>NIVEL AZOTEA</b>									
	Losa entre A - C (A1)	Ton	1.00	0.30	7.16	26.70		57.35	<b>76.82</b>
	Losa entre C - D (A2)	Ton	1.00	0.30	2.43	26.70		19.46	

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m3)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Ancho A (m)	Longitud L (m)	Altura He (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>4.- PLACAS f<sub>c</sub> =210Kg/cm<sup>2</sup></b>									
<b>NIVEL 1</b>									
	Muro portante (Eje: 1,3,5,7)	Ton	4.00	2.40	0.20	2.00	6.75	25.92	<b>13.44</b>
<b>NIVEL 2 A 3</b>									
	Muro portante (Eje: 1,3,5,7)	Ton	4.00	2.40	0.20	2.00	3.50	13.44	
<b>NIVEL AZOTEA</b>									
	Muro portante (Eje: 1,3,5,7)	Ton	2.00	2.40	0.20	2.00	2.75	5.28	<b>5.28</b>

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m3)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Ancho A (m)	Longitud L (m)	Altura He (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>5.- METRADO DE TABIQUERIA</b>									
	<b>NIVEL 1 A 3</b>	<b>Ton</b>							<b>32.96</b>
	Muro 1 (Eje: 1,3,5,7)	Ton	4.00	1.35	0.15	5.16	3.10	12.96	
	Muro 1 (Eje: C)	Ton	1.00	1.35	0.15	26.70	2.20	11.89	
	Muro 2 (Eje: A)	Ton	1.00	1.35	0.15	26.70	1.50	8.11	
	<b>NIVEL AZOTEA</b>	<b>Ton</b>							<b>12.90</b>
	Muro 1 (Eje: 1,7)	Ton	2.00	1.35	0.15	5.16	1.00	2.09	
	Muro 1 (Eje: A)	Ton	1.00	1.35	0.15	26.70	1.00	5.41	
	Muro 2 (Eje: D)	Ton	1.00	1.35	0.15	26.70	1.00	5.41	

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m2)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Ancho A (m)	Longitud L (m)	Altura He (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>6.- METRADO DE ACABADOS</b>									
	<b>NIVEL 2 A 4</b>	<b>Ton</b>							<b>25.61</b>
	Losa entre A - C (A1)	Ton	1.00	0.10	7.16	26.70		19.12	
	Losa entre C - D (A2)	Ton	1.00	0.10	2.43	26.70		6.49	

## 2.- METRADO DE CARGAS VIVAS

ITEM	PARTIDA DESCRIPCIÓN	UND	N° de veces	P.E (Tn/m2)	MEDIDAS			RESULTADOS	
					Ancho A (m)	Longitud L (m)	Altura He (m)	PARCIAL	TOTAL
<b>7.- SOBRECARGA</b>									
	<b>NIVEL 1 A 3</b>	<b>Ton</b>							<b>64.01</b>
	Losa entre A - C (A1)	Ton	1.00	0.25	7.16	26.70		47.79	
	Losa entre C - D (A2)	Ton	1.00	0.25	2.43	26.70		16.22	
	<b>AZOETA</b>	<b>Ton</b>							<b>38.41</b>
	Losa entre A - C (A1)	Ton	1.00	0.15	7.16	26.70		28.68	
	Losa entre C - D (A2)	Ton	1.00	0.15	2.43	26.70		9.73	

## 3.- RESUMEN DE CARGAS

NIVEL	C. MUERTA							C. VIVA	
	VIGAS	COLUMNAS	LOSA	MURO EST.	TABIQUERIA	ACABADOS	TOTAL CM	TOTAL CV	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	44.21	24.41	76.82	5.28	12.90	25.61	189.23	38.41	
3	44.21	31.58	76.82	13.44	32.96	25.61	224.62	64.01	
2	44.21	31.58	76.82	13.44	32.96	25.61	224.62	64.01	
1	44.21	39.12	76.82	25.92	32.96	25.61	244.64	64.01	
<b>TOTAL</b>	<b>176.85</b>	<b>126.70</b>	<b>307.26</b>	<b>58.08</b>	<b>111.79</b>	<b>102.42</b>	<b>883.10</b>	<b>230.45</b>	
	<b>668.89</b>				<b>214.21</b>		<b>PT= CM+CV</b>	<b>1,113.55</b>	

### Estimación del Peso (P)

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

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

NIVEL	50% CV	100% CM	PI TOTAL (tn)
5	0.00	0.00	0.00
4	19.20	189.23	208.43
3	32.01	224.62	256.63
2	32.01	224.62	256.63
1	16.00	244.64	260.64
<b>TOTAL</b>	<b>99.22</b>	<b>883.10</b>	<b>982.32</b>

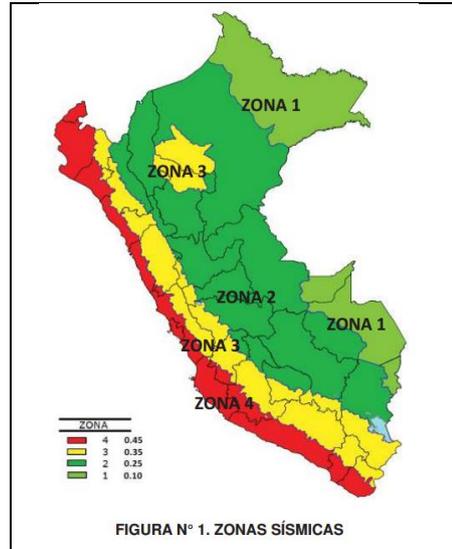


## ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NORMA E-030

<b>PROYECTO :</b>	Análisis estructural comparativo aplicando Robot Structural y Tekla Structural Designer de la infraestructura del colegio Las Mercedes, Juliaca, Puno		
<b>AUTOR :</b>	PACHA QUISPE DARWIN CLEVER	FECHA	22/05/2023

### 1.- FACTOR DE ZONA SÍSMICA / SEGÚN E.030 ART. 10

Departamento	:	Puno.
Provincia	:	San_Román
Distrito	:	Juliaca
Región geográfica	:	Sierra
Zona sísmica	:	3
Factor zona	Z =	0.35



### 2.- FACTOR DE SUELO / SEGÚN E.030 ART. 13

Perfil de suelo Tipo	:	S2
Descripción	:	Suelos Intermedios
Suelos Intermedios: Suelos medianamente rígidos, arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, suelo cohesivo compacto.		
Factor de suelo	S =	1.15
Período Tp	Tp =	0.60
Período TL	TL =	2.00
V Prom. Ond. de C. $\bar{V}_s$	$\bar{V}_s =$	180 m/s a 500 m/s
Prom. Pond SPT $\bar{N}_{60}$	$\bar{N}_{60} =$	15 a 50
Prom. Pond RCCND $\bar{S}_u$	$\bar{S}_u =$	50 kPa a 100 Kpa

### 3.- FACTOR DE USO / SEGÚN E.030 ART. 15

Categoría de edificación	:	A2
Descripción	:	Esenciales
Tipo de edificación	:	Instituciones educativas niv
Factor de uso	U =	1.50

Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. Edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional.

### 4.- SISTEMA ESTRUCTURAL Y RESTRICCIONES DE IRREGULARIDAD / SEGÚN E.030 ART. 17 Y 21

<b>Sistema Estructural</b> Estructuras de acero tipo SCBF y EBF - Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado - Albañilería Armada o Confinada.	<b>Restricciones de Irregularidad</b> No se permiten irregularidades.
--	--

### 5.- COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS / SEGÚN E.030 ART. 18

Dirección	Sistema estructural	Ro
X-X	Concreto Armado: Pórticos	Ro (X-X) = <b>8</b>
Y-Y	Concreto Armado: Dual	Ro (Y-Y) = <b>7</b>

### 6.- FACTORES DE IRREGULARIDADES / SEGÚN E.030 ART. 20

Irregularidades estructurales en altura	Ia X-X	Ia Y-Y
No presenta irregularidades	<input checked="" type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00
Irregularidades de Resistencia - Piso Débil	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	0.00
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	0.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	0.00
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD Ia :</b>	<b>Valor más crítico</b>	<b>1.00</b>

Irregularidades estructurales en planta		Ip X-X	Ip Y-Y
No presenta irregularidades	<input checked="" type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00	0.00
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00	0.00
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00	0.00
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	0.00	0.00
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> X-X <input type="checkbox"/> Y-Y	0.00	0.00
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD Ip :</b>	<b>Valor más crítico</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

**7.- COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS / SEGÚN E.030 ART. 22**

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X**

$$R (X-X) = R_0 \times I_a \times I_p = \boxed{8.00}$$

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y**

$$R (Y-Y) = R_0 \times I_a \times I_p = \boxed{7.00}$$

**8.- PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN / SEGÚN E.030 ART. 28.4**

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X**

Elementos resistentes en la dirección considerada:

Coefficiente para estimar el período fundamental:

$$C_T = \boxed{35}$$

Altura total de la edificación:

$$h_{nx} = \boxed{15.00} \text{ m}$$

Período fundamental de vibración:

$$T (X-X) = \boxed{0.43} \text{ seg} \quad T = \frac{h_n}{C_T}$$

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y**

Elementos resistentes en la dirección considerada:

Coefficiente para estimar el período fundamental:

$$C_T = \boxed{60}$$

Altura total de la edificación:

$$h_{ny} = \boxed{15.00} \text{ m}$$

Período fundamental de vibración:

$$T (Y-Y) = \boxed{0.25} \text{ seg}$$

**9.- DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA EN ALTURA / SEGÚN E.030 ART. 28.3**

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X**

Exponente k relacionado con el período fundamental T:

$$k_X = \boxed{1.00}$$

**SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y**

Exponente k relacionado con el período fundamental T:

$$k_Y = \boxed{1.00}$$

Copiar los valores de "kx", "ky", y pegarlos en la generación de los patrones de la carga sísmica estática para ambas direcciones de análisis "X" e "Y", en los programas de cálculo estructural como el Etabs y Sap2000. El valor de "K" será ingresado en la casilla "Building Height Exp. K" de la ventana "Seismic Load Pattern - User Defined", ambos ubicados dentro de la ventana "Define Load Patterns"

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

10.- FUERZA CORTANTE EN LA BASE DE LA ESTRUCTURA / SEGÚN E.030 ART. 28.2

SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

Fuerza Cortante en la Base:

$$VX = \frac{Z U C S}{R_x} P \quad (\text{Tonf})$$

Factor de Amplificación Sísmica C:

$T_p = 0.60$  seg  
 $T_L = 2.00$  seg  
 $T_x = 0.43$  seg  
 $C_x = 2.50$

El valor de C/Rx no deberá considerarse menor que:

$$C_x/R_x = 0.313 \geq 0.11$$

Coefficiente de Cortante Basal:

$Z = 0.35$   
 $U = 1.50$   
 $C_x = 2.50$   
 $R_x = 8.00$   
 $S = 1.15$

$$V(X-X) = 0.189 P$$

SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y

Fuerza Cortante en la Base:

$$VY = \frac{Z U C S}{R_y} P \quad (\text{Tonf})$$

Factor de Amplificación Sísmica C:

$T_p = 0.60$  seg  
 $T_L = 2.00$  seg  
 $T_y = 0.25$  seg  
 $C_y = 2.50$

El valor de C/Rx no deberá considerarse menor que:

$$C_y/R_x = 0.357 \geq 0.11$$

Coefficiente de Cortante Basal:

$Z = 0.35$   
 $U = 1.50$   
 $C_y = 2.50$   
 $R_y = 7.00$   
 $S = 1.15$

$$V(Y-Y) = 0.216 P$$

Copiar los valores de V ("Cb<sub>x</sub>", "Cb<sub>y</sub>"), y pegarlos en la generación de los patrones de la carga sísmica estática para ambas direcciones de análisis "X" e "Y", en los programas de cálculo estructural como el Etabs y Sap2000. El valor "Cb" será ingresado en la casilla "Base Shear Coefficient, C" de la ventana "Seismic Load Pattern - User Defined", ambos ubicados dentro de la ventana "Define Load Patterns"

11.- RESUMEN DE PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Z =	0.35	Factor de zona	Tabla 01 (E.030)
U =	1.50	Factor de uso o importancia	Tabla 05 (E.030)
S =	1.15	Factor de amplificación del suelo	Tabla 03 (E.030)
TP =	0.60	Período que define la plataforma del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)
TL =	2.00	Período que define el inicio de la zona del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)
<b>DIRECCIÓN X-X</b>			
T <sub>x</sub> =	0.43	Período fundamental de vibración X (s)	Art. 28.4 (E.030)
C <sub>x</sub> =	2.50	Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)
R <sub>o</sub> =	8.00	Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
I <sub>ax</sub> =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
I <sub>px</sub> =	1.00	Irregularidad en planta	Tabla 09 (E.030)
R <sub>x</sub> =	8.00	Coefficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)
C <sub>x</sub> /R <sub>x</sub> =	0.313	C <sub>X</sub> /R <sub>X</sub> = 0.313 ≥ 0.11	<b>Cumple</b> Art. 28.2.2 (E.030)
<b>DIRECCIÓN Y-Y</b>			
T <sub>y</sub> =	0.25	Período fundamental de vibración Y (s)	Art. 28.4 (E.030)
C <sub>y</sub> =	2.50	Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)
R <sub>o</sub> =	7.00	Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
I <sub>ay</sub> =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
I <sub>py</sub> =	1.00	Irregularidad en planta ( Torsión)	Tabla 09 (E.030)
R <sub>y</sub> =	7.00	Coefficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)
C <sub>y</sub> /R <sub>y</sub> =	7.000	C <sub>Y</sub> /R <sub>Y</sub> = 7.000 ≥ 0.11	<b>Cumple</b> Art. 28.2.2 (E.030)

12.- CÁLCULO Y GRÁFICO DEL ESPECTRO DE SISMO DE DISEÑO

ESPECTRO DE SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

Z =	0.35	Factor de zona
U =	1.50	Factor de uso o importancia
S =	1.15	Factor de amplificación del suelo
TP =	0.60	Periodo que define la plataforma del factor C (s)
TL =	2.00	Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)
R (X-X) =	8.00	Coefficiente de reducción sísmico en X
R (Y-Y) =	7.00	Coefficiente de reducción sísmico en Y
g =	9.81 m/s <sup>2</sup>	Gravedad

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

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

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

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

29.2.2 Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de  $C_v$  definidos en el artículo 14, excepto para la zona de periodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considera:

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

C	T (s)	Sa X-X	Sa Y-Y	Sa Z-Z
2.50	0.00	1.8509	2.1153	0.4936
2.50	0.02	1.8509	2.1153	0.6170
2.50	0.04	1.8509	2.1153	0.7403
2.50	0.06	1.8509	2.1153	0.8637
2.50	0.08	1.8509	2.1153	0.9871
2.50	0.10	1.8509	2.1153	1.1105
2.50	0.12	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.14	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.16	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.18	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.20	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.25	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.30	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.35	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.40	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.45	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.50	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.55	1.8509	2.1153	1.2339
2.50	0.60	1.8509	2.1153	1.2339
2.31	0.65	1.7085	1.9526	1.1390
2.14	0.70	1.5865	1.8131	1.0576
2.00	0.75	1.4807	1.6922	0.9871
1.88	0.80	1.3882	1.5865	0.9254
1.76	0.85	1.3065	1.4931	0.8710
1.67	0.90	1.2339	1.4102	0.8226
1.58	0.95	1.1690	1.3360	0.7793
1.50	1.00	1.1105	1.2692	0.7403
1.36	1.10	1.0096	1.1538	0.6730
1.25	1.20	0.9254	1.0576	0.6170
1.15	1.30	0.8542	0.9763	0.5695
1.07	1.40	0.7932	0.9065	0.5288
1.00	1.50	0.7403	0.8461	0.4936
0.94	1.60	0.6941	0.7932	0.4627
0.88	1.70	0.6532	0.7466	0.4355
0.83	1.80	0.6170	0.7051	0.4113
0.79	1.90	0.5845	0.6680	0.3897
0.75	2.00	0.5553	0.6346	0.3702
0.59	2.25	0.4387	0.5014	0.2925
0.48	2.50	0.3554	0.4061	0.2369
0.40	2.75	0.2937	0.3356	0.1958
0.33	3.00	0.2468	0.2820	0.1645
0.19	4.00	0.1388	0.1586	0.0925
0.12	5.00	0.0888	0.1015	0.0592
0.08	6.00	0.0617	0.0705	0.0411
0.06	7.00	0.0453	0.0518	0.0302
0.05	8.00	0.0347	0.0397	0.0231
0.04	9.00	0.0274	0.0313	0.0183
0.03	10.00	0.0222	0.0254	0.0148

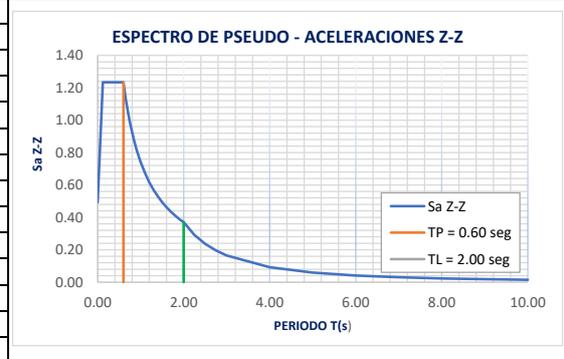
Espectro de sismo de diseño Sa X-X



Espectro de sismo de diseño Sa Y-Y



Espectro de sismo de diseño Sa Z-Z



## ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO - DIRECCIÓN "X"

### 1.- RESUMEN DE PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Z =	0.35	Factor de zona	Tabla 01 (E.030)
U =	1.50	Factor de uso o importancia	Tabla 05 (E.030)
S =	1.15	Factor de amplificación del suelo	Tabla 03 (E.030)
TP =	0.60	Periodo que define la plataforma del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)
TL =	2.00	Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)

DIRECCIÓN X-X			
Tx =	0.43	Periodo fundamental de vibración X (s)	Art. 28.4 (E.030)
Cx =	2.50	Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)
Ro =	8.00	Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
Iax =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
Ipx =	1.00	Irregularidad en planta	Tabla 09 (E.030)
Rx =	8.00	Coeficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)
Cx/Rx =	0.313	Cx/Rx = 0.313 ≥ 0.11	<b>Cumple</b> Art. 28.2.2 (E.030)

### 2.- COEFICIENTE SÍSMICO

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

Z =	0.35	
U =	1.50	
Cx =	2.50	
S =	1.15	
Rx =	8.00	
V (X-X) =	<b>0.189</b>	P

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

### 3.- CORTANTE BASAL ESTÁTICA

	824.85	
CM =	883.10	tn
CV =	230.45	tn
% CV =	50%	

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

V (X-X) =	<b>188.36</b>	tn
-----------	---------------	----

### 4.- DISTRIBUCIÓN DE FUERZA LATERAL

#### Parámetros

- \* Para T menor o igual a 0.5 segundos :
- \* Para T mayor a 0.5 segundos :

$$K = 1$$

$$K = (0.75 + 0.5T) < 2.0$$

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

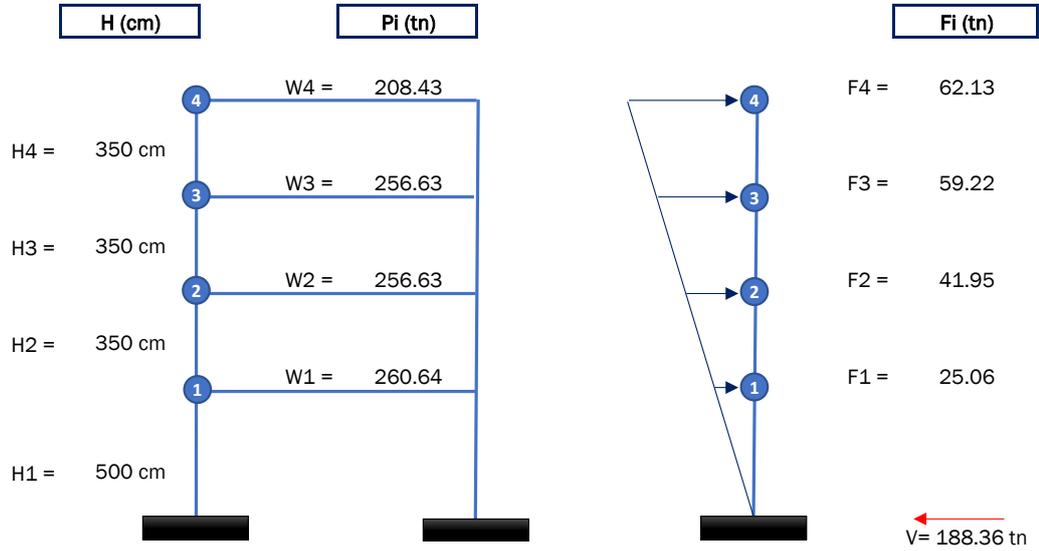
- T: Periodo fundamental de vibración X (s)
- K: Exponente relacionado con el período fundamental (Building Height Exp.)

0.43	seg
<b>1.00</b>	

Distribución de fuerza lateral X-X							
Descripción	Nivel	Pi (tn)	Hi (m)	hi (m)	Pi*hi <sup>k</sup>	αi	Fi (tn)
Planta	4	208.430	3.50	15.50	3230.66	0.33	62.13
Planta	3	256.627	3.50	12.00	3079.52	0.31	59.22
Planta	2	256.627	3.50	8.50	2181.33	0.22	41.95
Planta	1	260.639	5.00	5.00	1303.20	0.13	25.06
Total =					9794.70	1.00	188.36

### 5.- DIAGRAMA DE FUERZAS

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X



## ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO - DIRECCIÓN "Y"

### 1.- RESUMEN DE PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Z =	0.35	Factor de zona	Tabla 01 (E.030)
U =	1.50	Factor de uso o importancia	Tabla 05 (E.030)
S =	1.15	Factor de amplificación del suelo	Tabla 03 (E.030)
TP =	0.60	Periodo que define la plataforma del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)
TL =	2.00	Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)

DIRECCIÓN Y-Y			
Ty =	0.25	Periodo fundamental de vibración Y (s)	Art. 28.4 (E.030)
Cy =	2.50	Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)
Ro =	7.00	Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
Iay =	1.00	Irregularidad en altura	Tabla 08 (E.030)
Ipy =	1.00	Irregularidad en planta	Tabla 09 (E.030)
Ry =	7.00	Coeficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)
Cy/Ry =	7.000	Cy/Ry = 7.000 ≥ 0.11	<b>Cumple</b> Art. 28.2.2 (E.030)

### 2.- COEFICIENTE SÍSMICO

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y

Z =	0.35	
U =	1.50	
Cy =	2.50	
S =	1.15	
Ry =	7.00	
V (X-X) =	0.216	P

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

### 3.- CORTANTE BASAL ESTÁTICA

CM =	883.10	tn
CV =	230.45	tn
% CV =	50%	

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y

V (Y-Y) =	215.26	tn
-----------	--------	----

### 4.- DISTRIBUCIÓN DE FUERZA LATERAL

#### Parámetros

\* Para T menor o igual a 0.5 segundos :

$$K = 1$$

\* Para T mayor a 0.5 segundos :

$$K = (0.75 + 0.5T) < 2.0$$

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN Y-Y

T: Periodo fundamental de vibración Y (s)

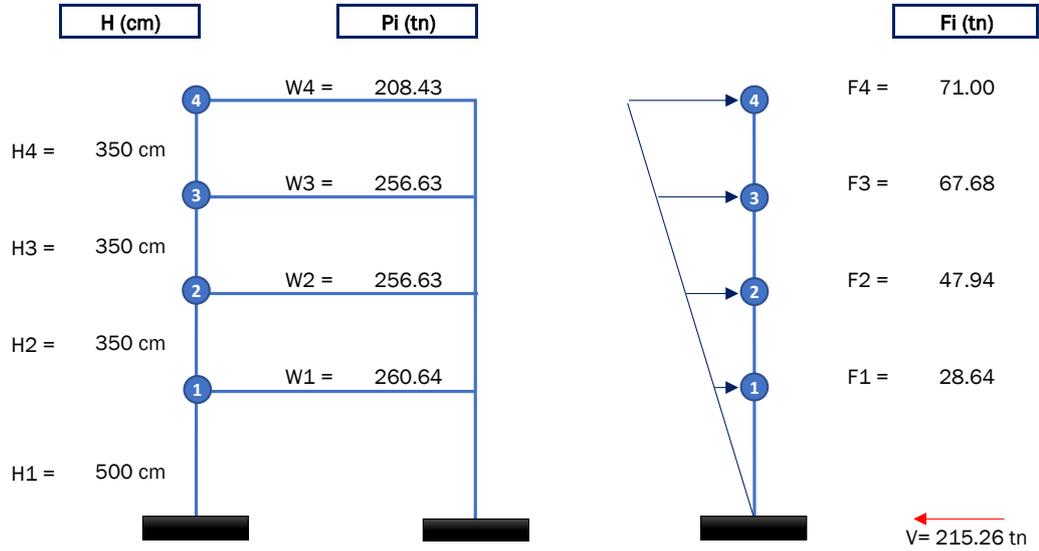
K: Exponente relacionado con el período fundamental (Building Height Exp.)

0.25	seg
1.00	

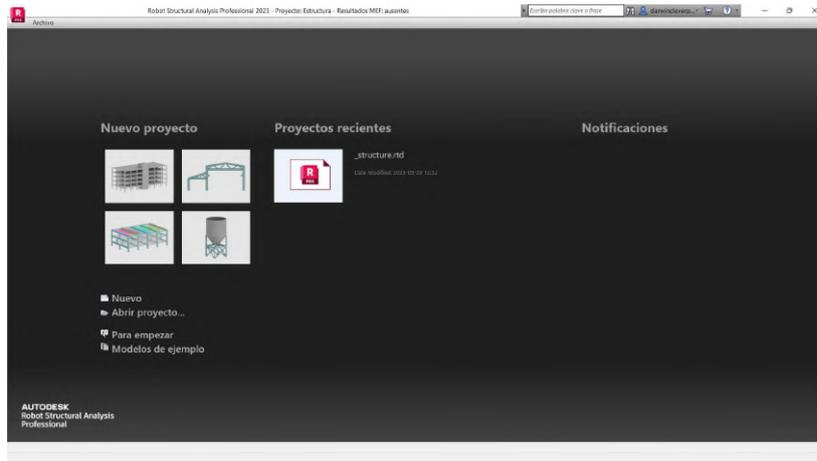
Distribución de fuerza lateral Y-Y							
Descripción	Nivel	Pi (tn)	Hi (m)	hi (m)	Pi*hi <sup>k</sup>	αi	Fi (tn)
Planta	4	208.430	3.50	15.50	3230.66	0.33	71.00
Planta	3	256.627	3.50	12.00	3079.52	0.31	67.68
Planta	2	256.627	3.50	8.50	2181.33	0.22	47.94
Planta	1	260.639	5.00	5.00	1303.20	0.13	28.64
		<b>Total =</b>			<b>9794.70</b>	<b>1.00</b>	<b>215.26</b>

### 5.- DIAGRAMA DE FUERZAS

#### SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN X-X

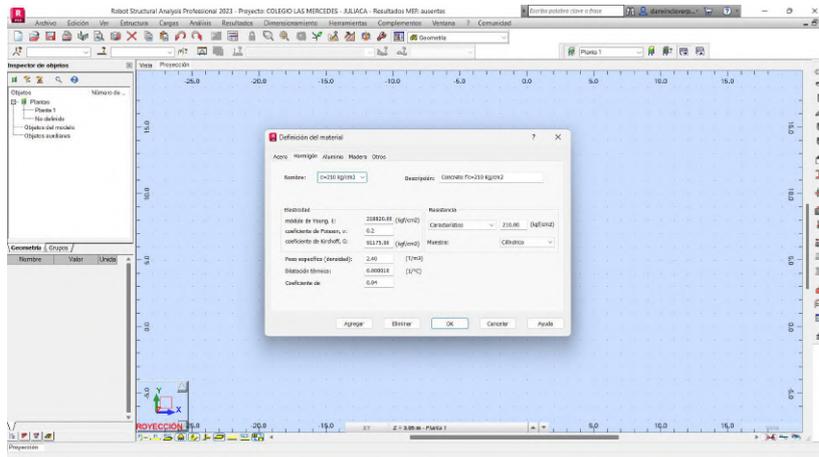


### Ilustración 19:



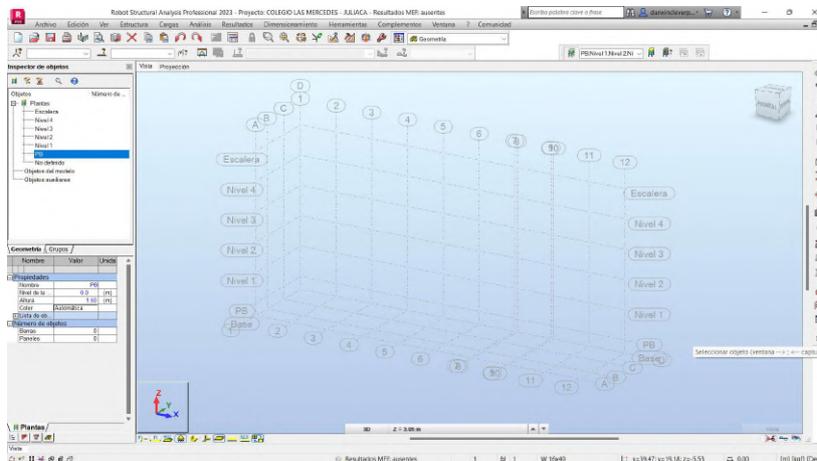
Pantalla de Inicio de Robot Structural 2023.

### Ilustración 20:



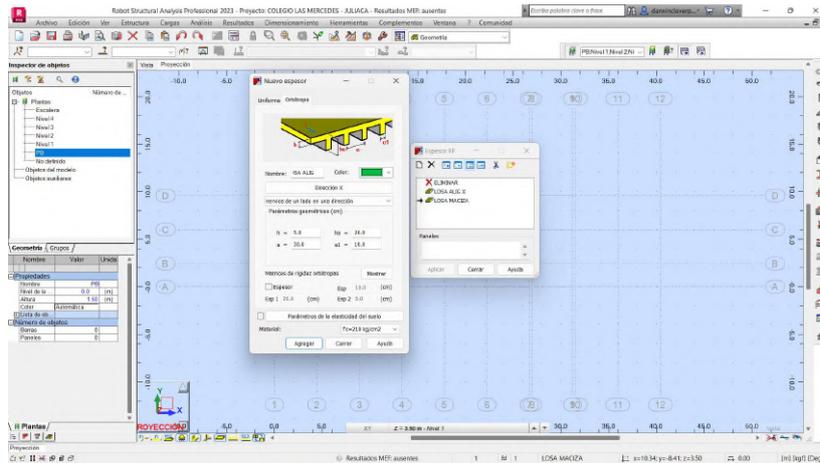
Configuración de material Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### Ilustración 21:



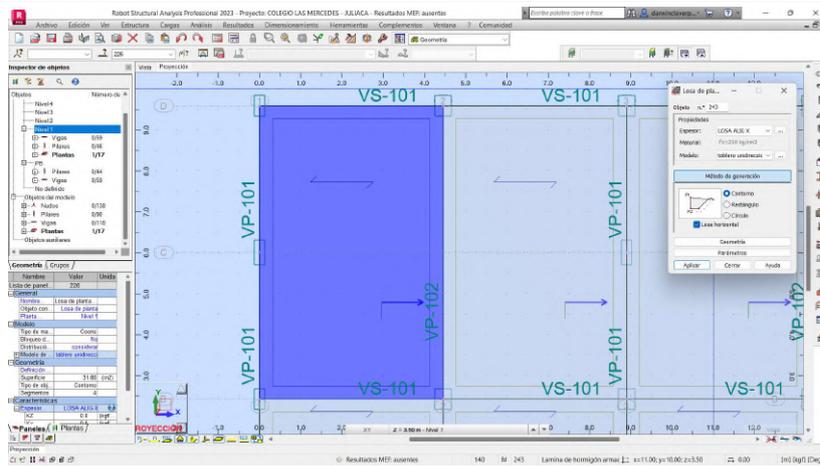
Creación de niveles y ejes -Vista 3D en Robot Structural.

## Ilustración 22:



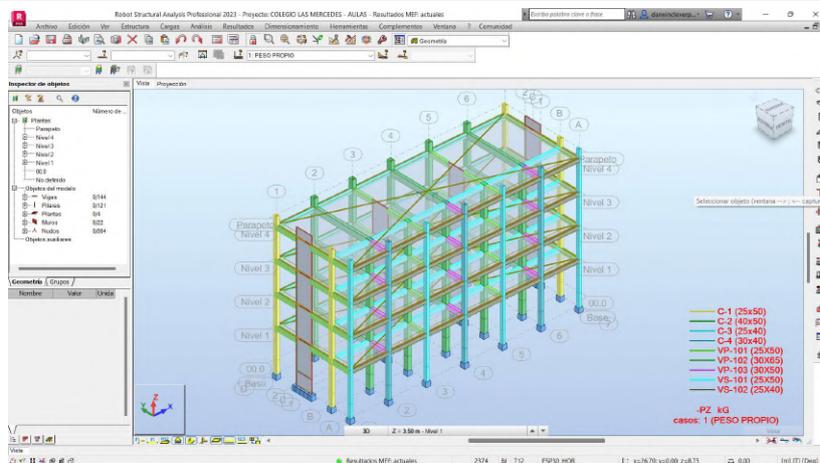
*Creación de losa aligerado en Robot Structural.*

## Ilustración 23:



*Modelado de losas aligeradas unidireccional en Robot Structural.*

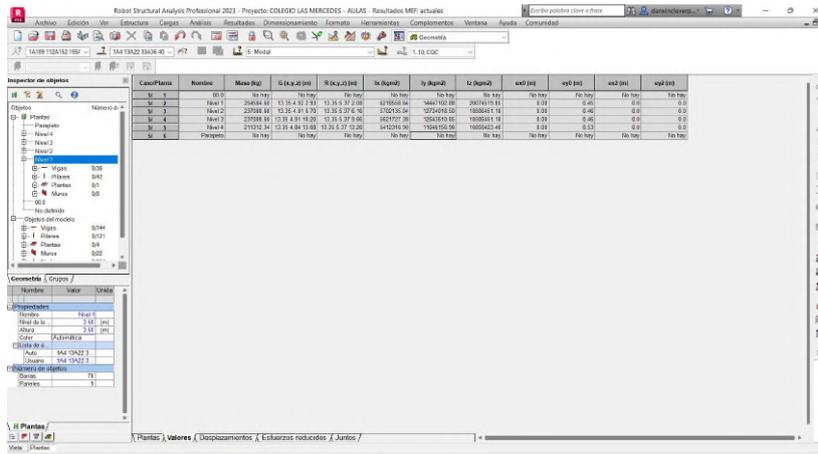
## Ilustración 24:



*Modelado completo de las aulas educativas en Robot Structural.*

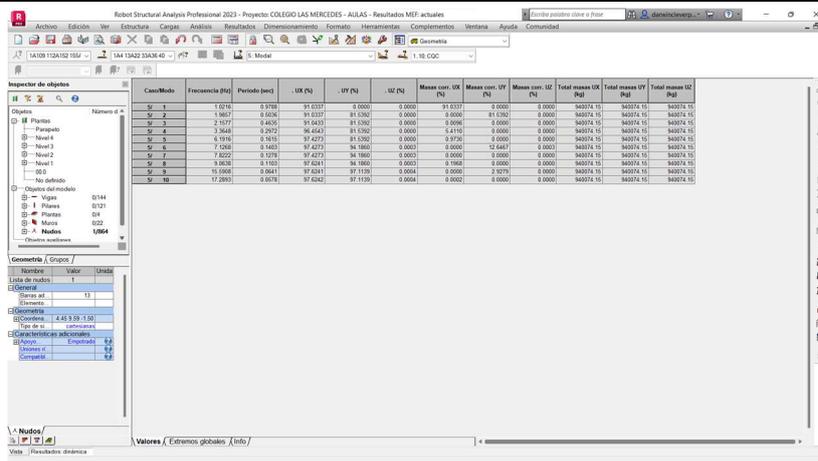


### Ilustración 28:



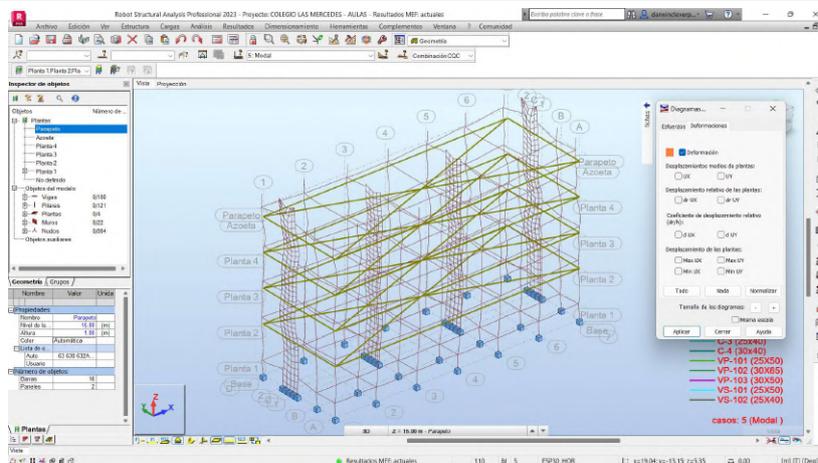
Determinación de masas aplicados por cada nivel de la estructura en Robot Structural.

### Ilustración 29:



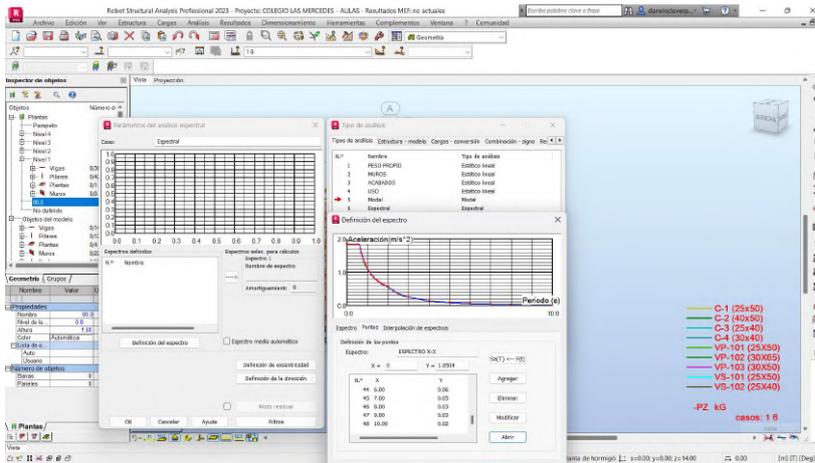
Modos de vibración con más del 90 % de masas participativas en Robot Structural.

### Ilustración 30:



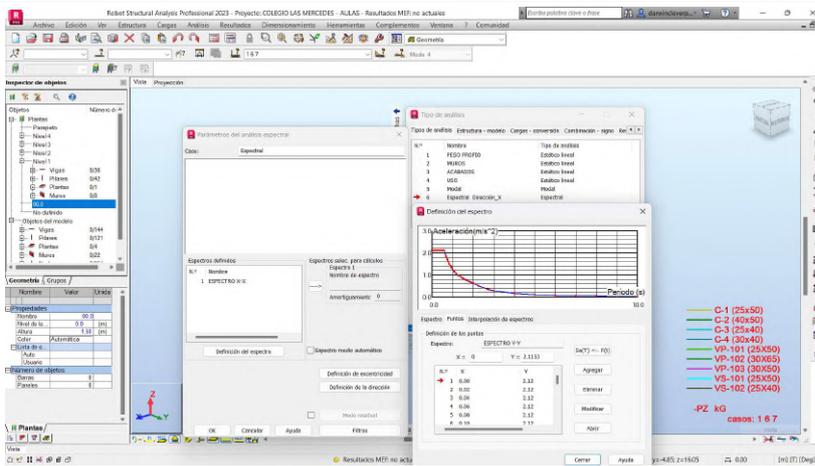
Vista de deformaciones según el análisis modal en Robot Structural.

**Ilustración 31:**



*Inserción del espectro de pseudo aceleraciones dirección X-X en Robot Structural.*

**Ilustración 32:**



*Inserción del espectro de pseudo aceleraciones dirección Y-Y en Robot Structural.*

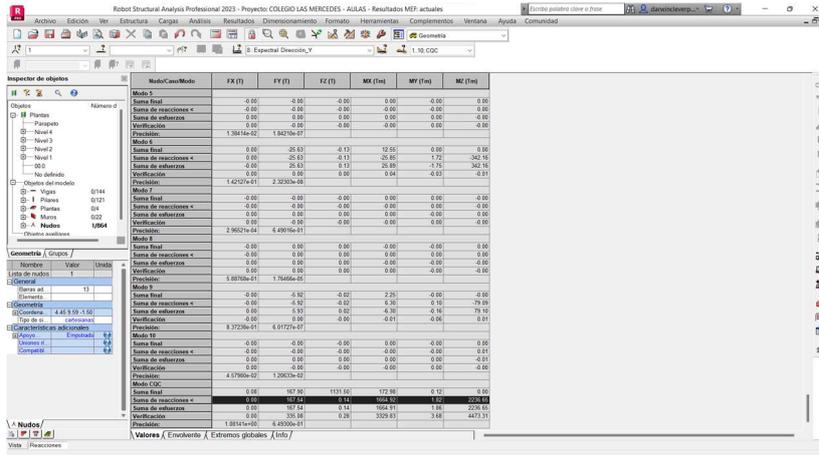
**Ilustración 33:**

The screenshot shows the 'Resultados' window in Robot Structural Analysis. The table displays the dynamic base shear forces for direction X-X. The values are as follows:

Objeto	FX (T)	FY (T)	FZ (T)	MX (Tm)	MY (Tm)	MZ (Tm)
Modo 1	-1.72	0.00	0.00	0.00	-3.79	0.00
Modo 2	-1.72	0.00	0.00	0.00	3.63	-0.40
Modo 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 4	1.3625e+02	1.8421e+07	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 5	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 6	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 7	1.4272e+01	2.3203e+08	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 8	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 9	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 10	2.3602e+04	6.4905e+11	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 11	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 12	5.9870e+01	1.7646e+05	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 13	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 16	8.3725e+01	8.0127e+07	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 17	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 18	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.39
Modo 20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 21	4.5786e+02	1.2003e+02	0.00	0.00	0.00	-0.00
Modo 22	101.04	3.60	76.70	2.00	216.83	1.37
Modo 23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 25	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modo 26	1.0810e+06	4.4300e+11	0.00	0.00	0.00	0.00

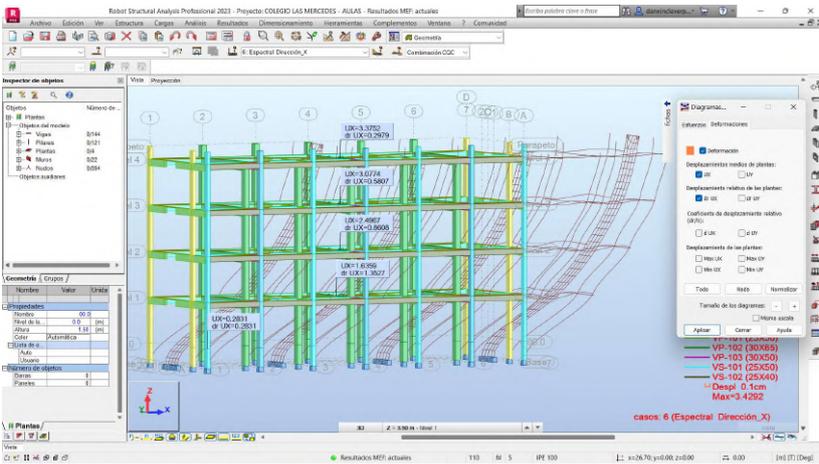
*Fuerza de cortante basal dinámica en dirección X-X en Robot Structural.*

### Ilustración 34:



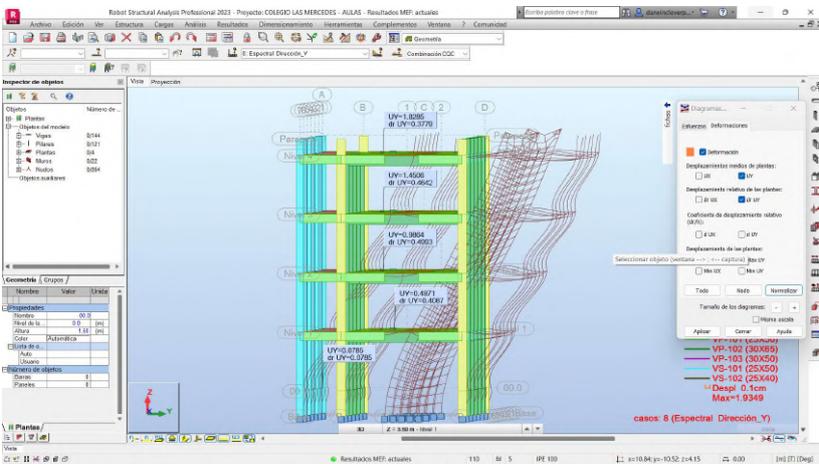
Fuerza de cortante basal dinámica en dirección Y-Y, en Robot Structural.

### Ilustración 35:



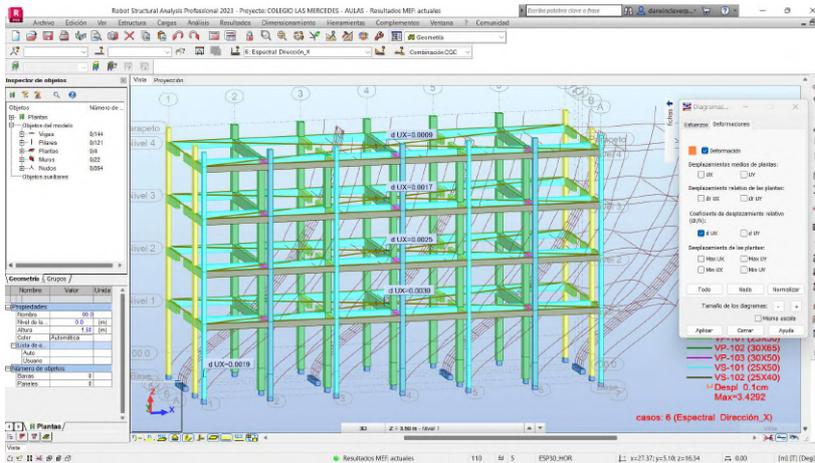
Vista de desplazamientos laterales por nivel en dirección X-X, en Robot Structural.

### Ilustración 36:



Vista de desplazamientos laterales por nivel en dirección Y-Y, en Robot Structural.

### Ilustración 37:



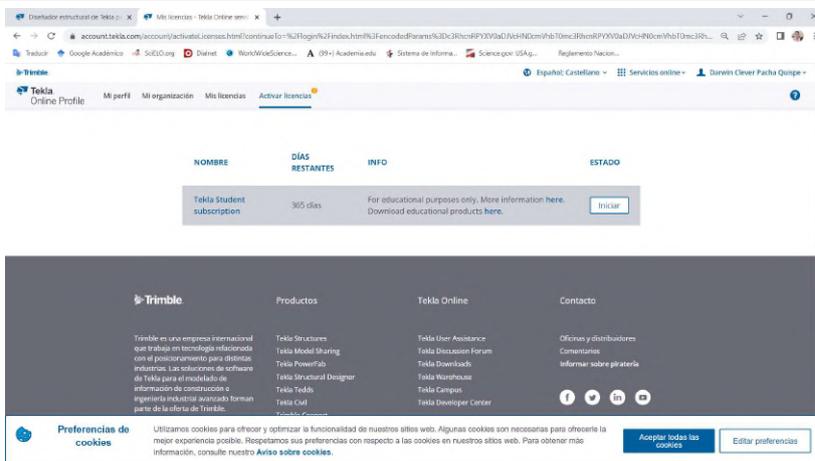
Vista de distorsión de entrepiso elástica por nivel dirección X-X, en Robot Structural.

### Ilustración 38:



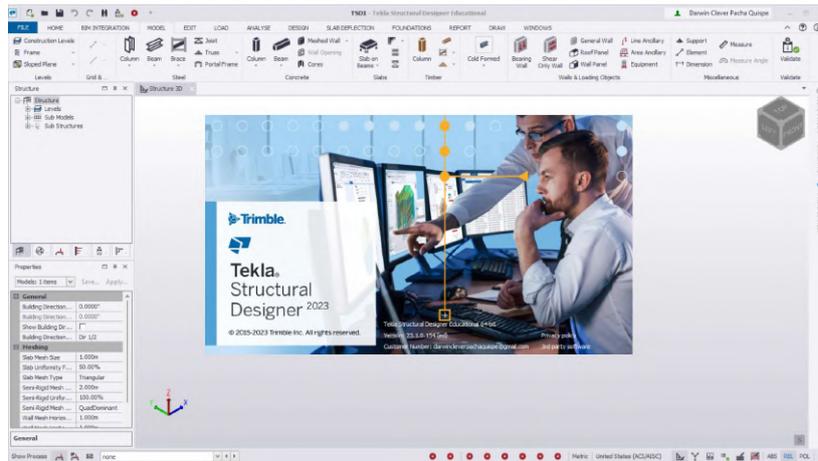
Vista de distorsión de entrepiso elástica por nivel dirección Y-Y, en Robot Structural.

### Ilustración 39:



Obtención de licencia por 365 días de Tekla Structural Designer.

### Ilustración 40:



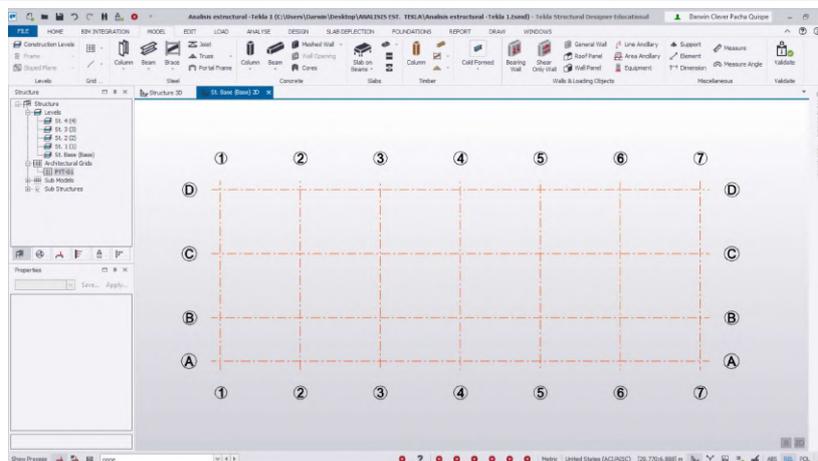
*Pantalla de inicio de Tekla Structural Designer.*

### Ilustración 41:



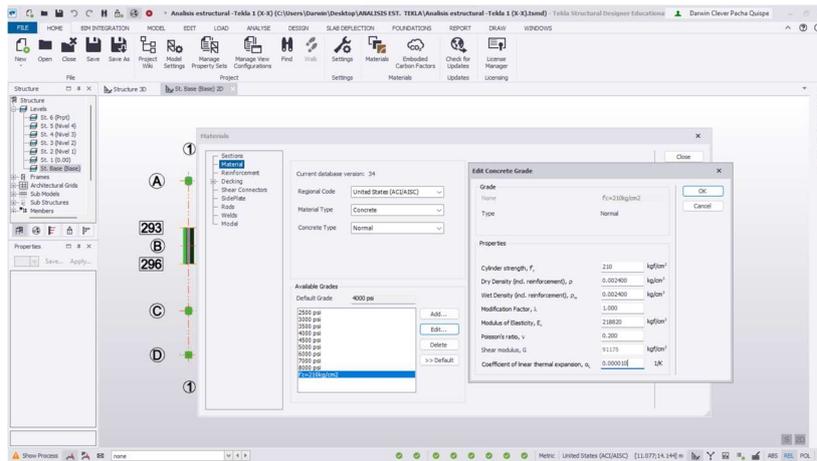
*Creación de niveles de la estructura en Tekla Structural Designer.*

### Ilustración 42:



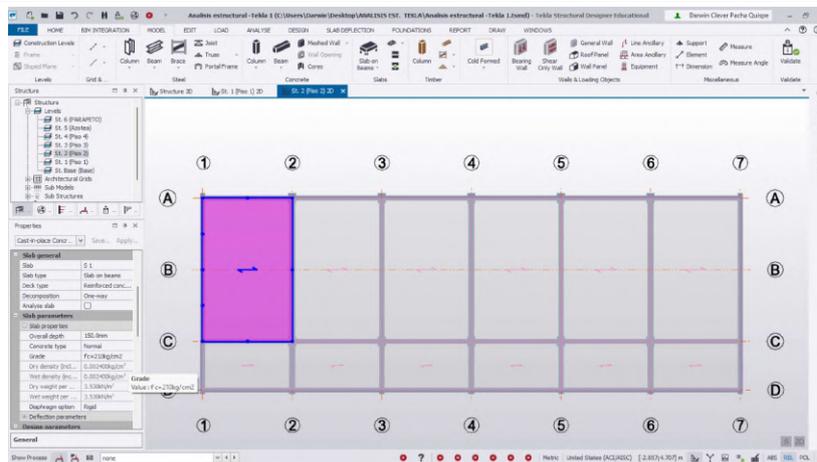
*Creación de ejes en Tekla Structural Designer.*

### Ilustración 43:



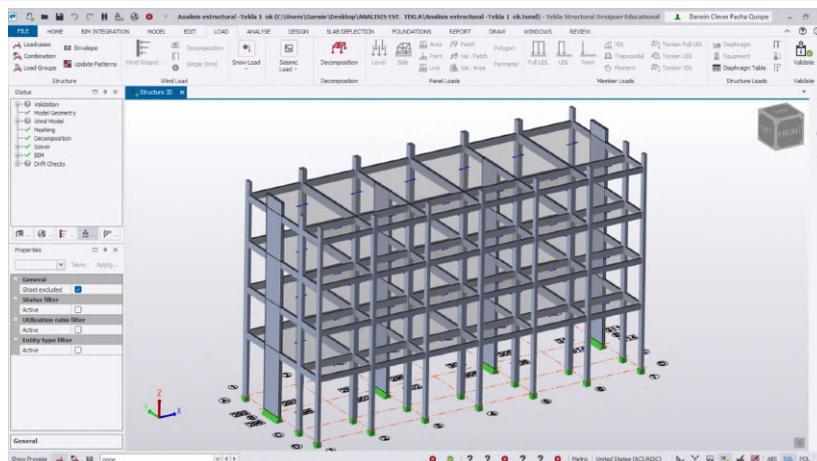
Creación del material concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en Tekla Structural Designer.

### Ilustración 44:



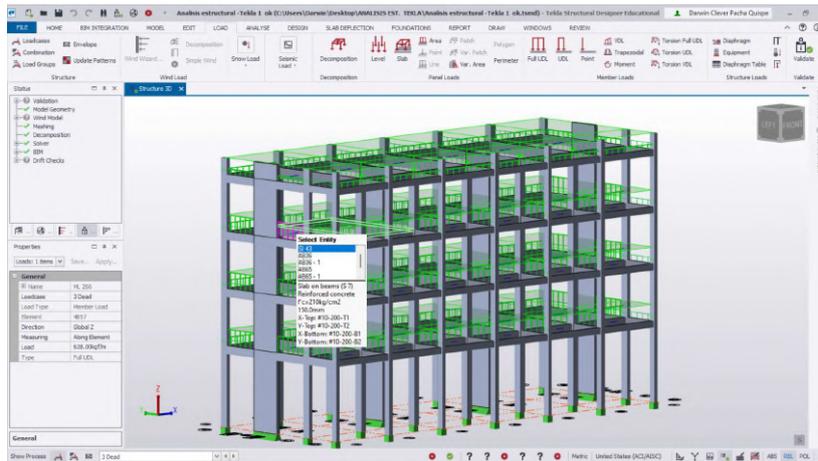
Modelamiento de losa aligerada en Tekla Structural Designer.

### Ilustración 45:



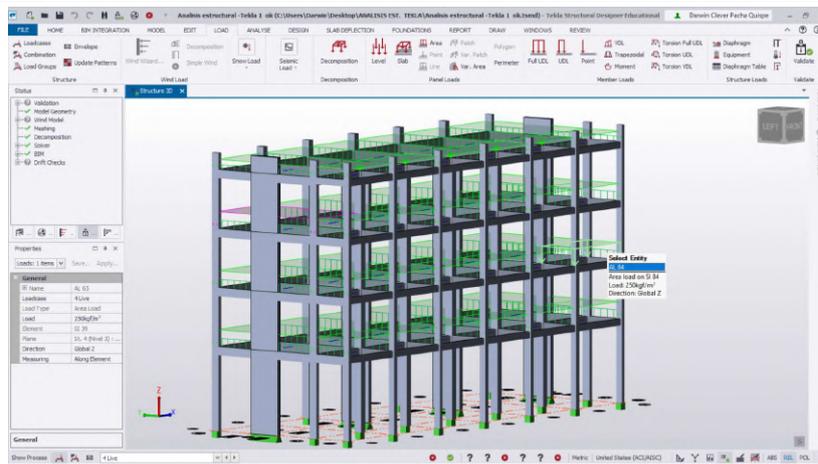
Modelado completo de la infraestructura educativa en Tekla Structural Designer.

**Ilustración 46:**



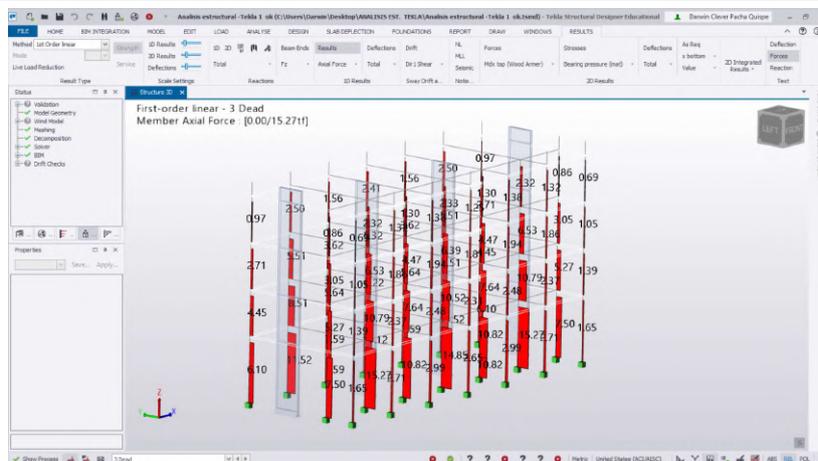
*Aplicación de cargas muertas (CM) en la estructura, en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 47:**



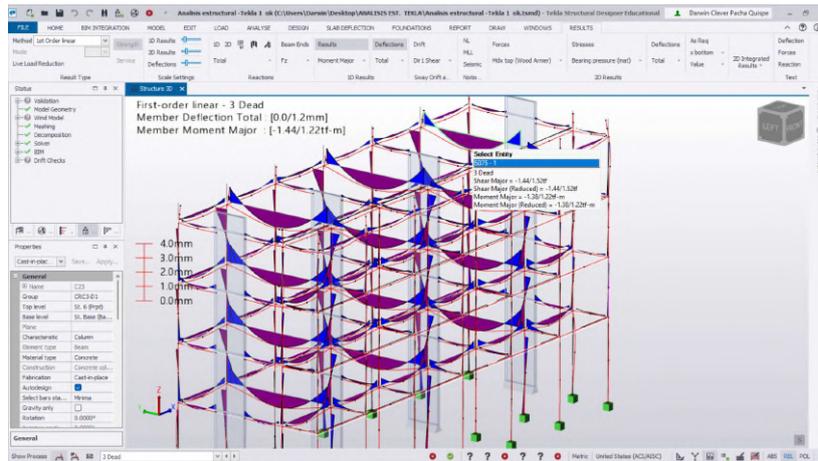
*Aplicación de cargas vivas (CV) en la estructura, en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 48:**



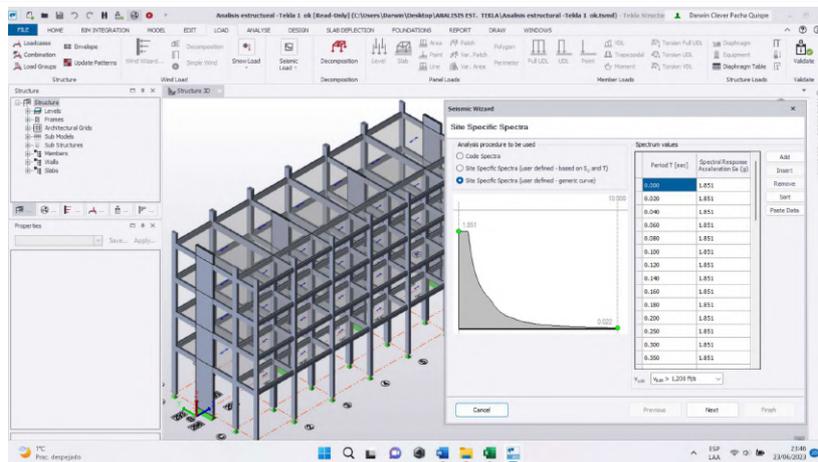
*Vista de fuerzas axiales debido a las cargas en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 49:**



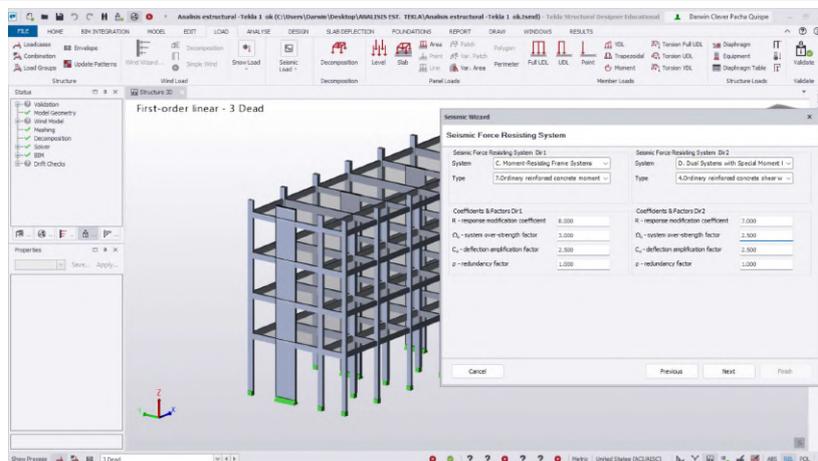
*Vista de Momentos flectores en la estructura en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 50:**



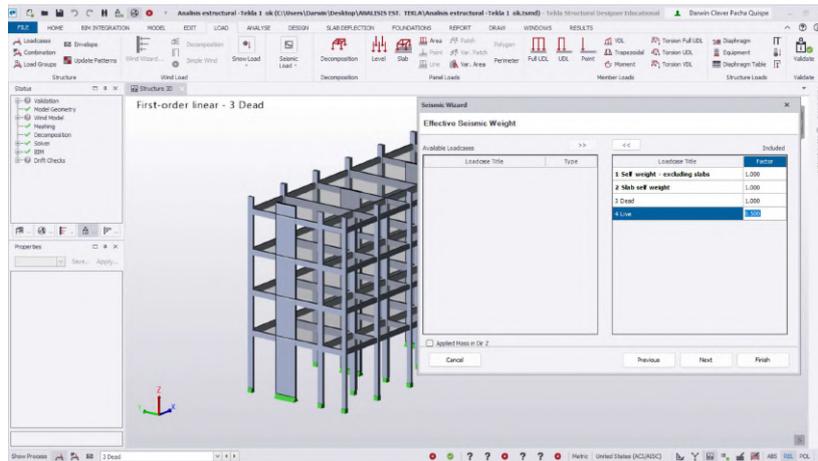
*Inserción del espectro de diseño en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 51:**



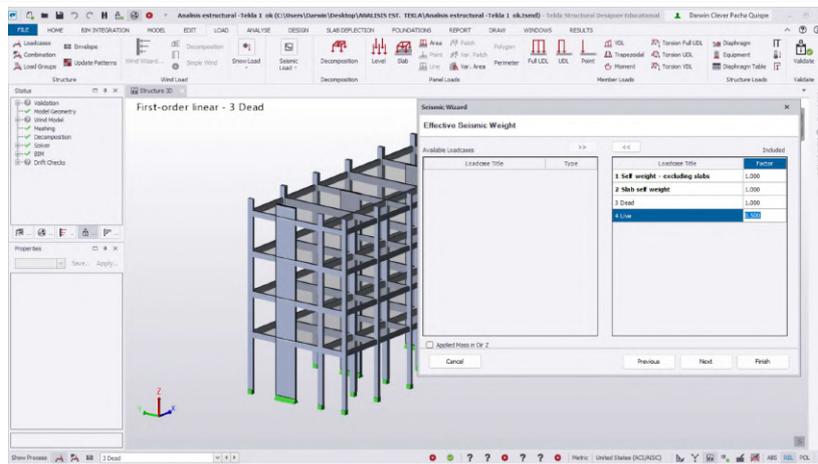
*Asignación del tipo de estructura para la dirección X y Y en Tekla Structural Designer.*

### Ilustración 52:



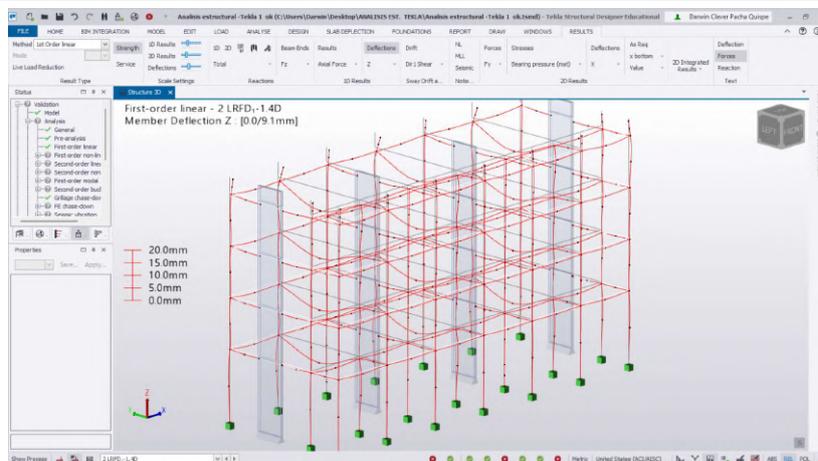
Combinación de cargas 100 % (CM) + 50% (CV) en Tekla Structural Designer.

### Ilustración 53:



Combinación de cargas 100 % (CM) + 50% (CV) en Tekla Structural Designer.

### Ilustración 54:



Verificación de flexiones de la estructura en Tekla Structural Designer.

### Ilustración 55:

Level	Level Name	Dynamic Mass (kN)	Dynamic Mass (kN)	Centre of Mass (m)	Centre of Mass (m)	Mass Moment of Inertia (kN·m²)	Mass Moment of Inertia (kN·m²)
1	Level 1	151,200	156,100	13,728	4,533	15467,944	
4	Level 3	15,300	226,75	226,75	13,390	4,884	18711,009
3	Level 2	7,200	226,75	226,75	13,390	4,884	18711,009
2	Level 1	13,900	273,17	273,17	13,390	4,533	12211,126

Verificación de distribución de masas por nivel de estructura en Tekla Structural

### Ilustración 56:

Mode Number	Period (s)	Frequency (Hz)	Error (%)	Mass Participation (1) (%)	Mass Participation (2) (%)	Modal Mass (kN)
1	1,568	0,63	0,00	93,39	0,00	568,77
2	0,698	1,43	0,00	0,00	86,47	442,60
3	0,642	1,56	0,00	0,00	0,00	175,24
4	0,479	2,09	0,00	4,91	0,00	384,81
5	0,239	3,87	0,00	0,84	0,00	268,03
6	0,203	4,94	0,00	0,00	9,80	238,51
7	0,186	5,39	0,00	0,00	0,00	129,34
8	0,175	5,71	0,00	0,18	0,00	217,75
9	0,123	8,01	0,00	0,00	0,00	439
10	0,123	8,01	0,00	0,00	0,00	9,79

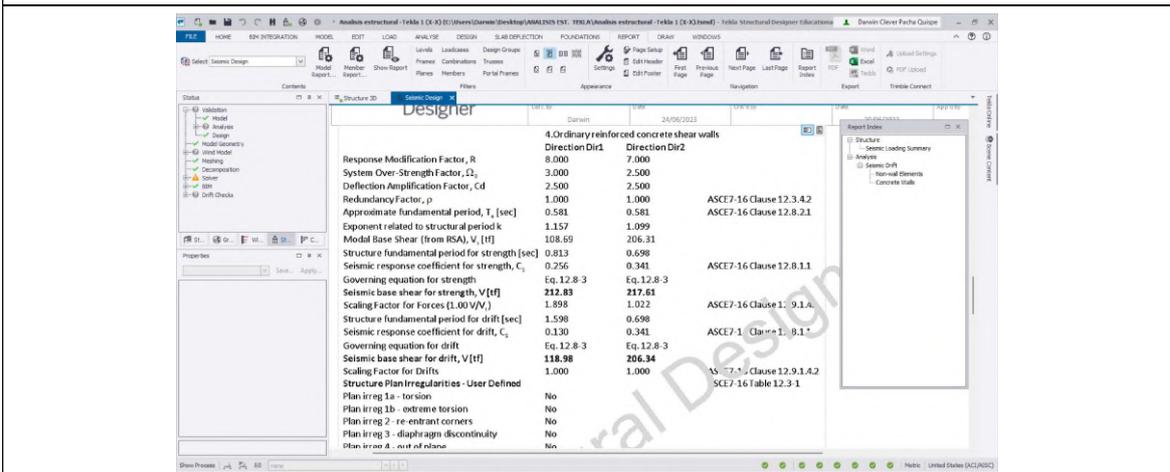
Modos de vibración con mas del 90% de masa participativa en Tekla Structural.

### Ilustración 57:

Height to highest level	16,500	m
Ignore seismic in floor (and below)	SL 1 (0,00)	
Number of storeys	4	
Max earthquake spectral response acceleration		
Site Specific Spectrum defined		
<b>Period T (s)</b>		<b>Spectral Response Acceleration S<sub>a</sub> (g)</b>
0,000	1,851	
0,020	1,851	
0,040	1,851	
0,060	1,851	
0,080	1,851	
0,100	1,851	
0,120	1,851	
0,140	1,851	
0,160	1,851	
0,180	1,851	
0,200	1,851	
0,250	1,851	
0,300	1,851	
0,350	1,851	
0,400	1,851	
0,450	1,851	
0,500	1,851	
0,550	1,851	
0,600	1,851	
0,650	1,709	
0,700	1,550	
0,750	1,400	
0,800	1,250	
0,850	1,100	
0,900	1,234	
0,950	1,169	
1,000	1,111	

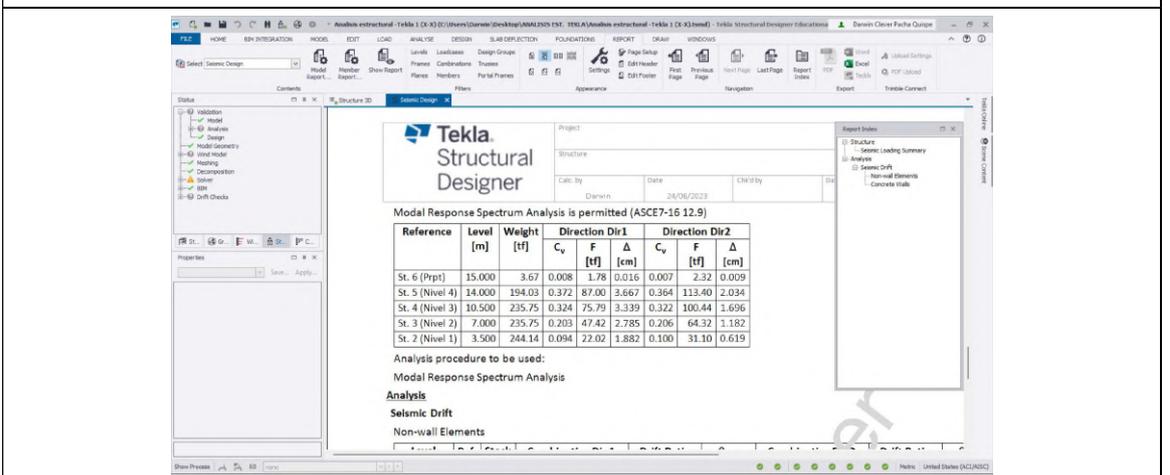
Verificación del reporte del diseño sísmico en Tekla Structural Designer.

**Ilustración 58:**



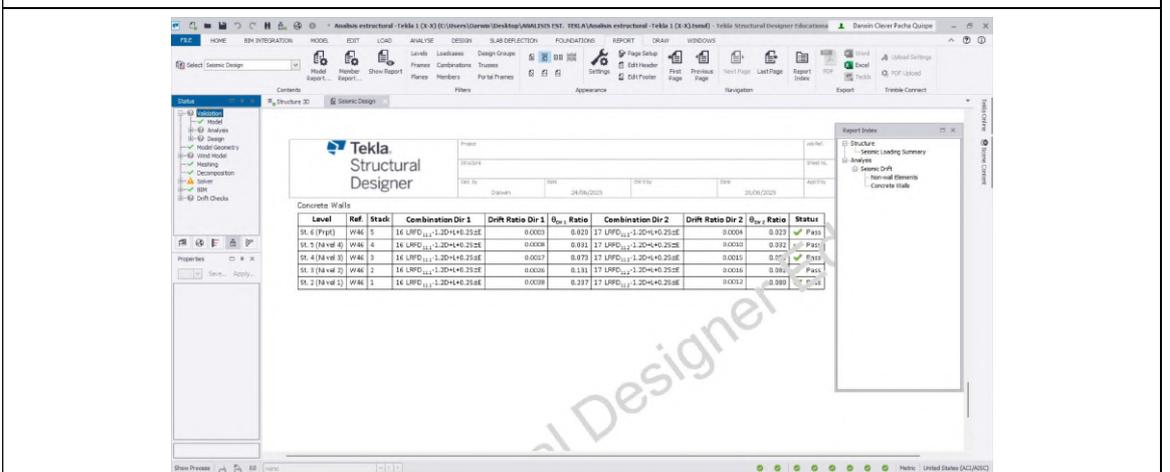
*Vista de reporte de fuerzas cortantes basales dinámicas en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 59:**



*Vista de reporte de desplazamientos laterales en Tekla Structural Designer.*

**Ilustración 60:**



*Vista de reporte de derivas elásticas o Drith en Tekla Structural Designer.*