



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando
softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San
Sebastián, Cusco - 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Portugal Morales, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-0198-8298)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mis padres y hermanos que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional para el logro de este objetivo en mi vida.

Agradecimiento

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres y hermanos, quienes a lo largo de mi vida han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional, un reconocimiento especial a mi asesor el Dr. Luis Alberto Vargas Chacaltana por su paciencia y exigencia en favor de mi bienestar y educación para todos ellos mi total gratitud.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	7
III.METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	32
3.2. Variables y operacionalización.....	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5. Procedimientos.....	39
3.6. Método de análisis de datos.....	93
3.7. Aspectos éticos.....	106
IV. RESULTADOS.....	107
V. DISCUSIÓN.....	133
VI. CONCLUSIONES.....	142
VII. RECOMENDACIONES.....	145
REFERENCIAS.....	146
ANEXOS.....	149

Índice de tablas

Tabla 1	Normas técnicas RNE	17
Tabla 2	Factores de zona sísmica	21
Tabla 3	Niveles de confianza	37
Tabla 4	Metrados por pisos de la edificación	44
Tabla 5	Datos para el factor de escala y detalle de uso	71
Tabla 6	Datos para el factor de escala	93
Tabla 7	Fuerzas en X e Y por nivel	95
Tabla 8	Resultados de desplazamientos para análisis estático calculados con Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=200$ kg/cm ² por niveles de la edificación.	96
Tabla 9	Frecuencia de datos sísmicos Periodo / Valor	100
Tabla 10	Resultados de desplazamientos para análisis dinámico calculados con Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=200$ kg/cm ² por niveles de la edificación.	101
Tabla 11	Resultados de derivas con el software Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=200$ para análisis estático	103
Tabla 12	Resultados de derivas con el software Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=200$ para análisis Dinámico	104
Tabla 13	Tabla comparativa de características de Etabs y Sap2000 en el diseño de vivienda multifamiliar de 4 Pisos	112
Tabla 14	Resumen de resultados de desplazamientos máximos para análisis estático en “mm”	120
Tabla 15	Resumen de resultados de desplazamientos máximos para análisis dinámico en “mm”	122

Tabla 16	Resultados porcentuales deriva	125
Tabla 17	Valores calculados de acuerdo a la normatividad y que fueron usados en Etabs y Sap2000	128
Tabla 18	Tabla comparativa de pesos por niveles	135
Tabla 19	Valores máximo para las derivas en X e Y	137

Índice de figuras

Figura 1	Mapa zonas sísmicas	20
Figura 2	Viga	24
Figura 3	Columna	25
Figura 4	Losa	25
Figura 5	Diafragma	26
Figura 6	Arco	26
Figura 7	Cable	26
Figura 8	Bóveda	27
Figura 9	Cascara	27
Figura 10	Paraboloide elíptico	27
Figura 11	Cubierta prismática	28
Figura 12	Celosías	28
Figura 13	Carga Puntual	28
Figura 14	Carga lineal	29
Figura 15	Carga Superficial	29
Figura 16	Diseño de vigas	40
Figura 17	Ubicación de empalmes de vigas	40
Figura 18	Especificaciones Técnicas	40
Figura 19	Estribado de columnas	41
Figura 20	Cuadro de Columnas	41
Figura 21	Vigas con refuerzo corrido	41
Figura 22	Diseño de escaleras primer tramo	42

Figura 23	Diseño de escaleras segundo tramo	42
Figura 24	Vigas de conexión	43
Figura 25	Secciones típicas de cimentaciones	43
Figura 26	Planta de cimentación	44
Figura 27	Ingreso de dimensiones de la estructura	45
Figura 28	Especificaciones del Concreto	46
Figura 29	Elementos estructurales definidos	47
Figura 30	Diseño de las dimensiones de la Viga	47
Figura 31	Diseño de las dimensiones de la columna	48
Figura 32	Definición de las dimensiones de las losas	48
Figura 33	Definición de las características de las losas	49
Figura 34	Asignación de restricciones de empotramiento perfecto	49
Figura 35	Especificación de datos iniciales de diseño	50
Figura 36	Especificación de número de pisos y altura por piso	50
Figura 37	Especificación de la malla para la edificación	51
Figura 38	Diseño de la malla en 3D para la edificación de 4 niveles	51
Figura 39	Definición de las unidades	52
Figura 40	Definición del módulo de elasticidad	52
Figura 41	Definimos propiedades del concreto	53
Figura 42	Especificación de materiales del modelado	53
Figura 43	Definición del módulo de elasticidad para el acero	54
Figura 44	Cuadro de dialogo de especificaciones del acero	54
Figura 45	Cuadro de especificaciones del acero	55

Figura 46	Definición de secciones	55
Figura 47	Definición de las propiedades de secciones	56
Figura 48	Especificación de acero para los estribos	56
Figura 49	Propiedades para la columna	57
Figura 50	Propiedades de reforzamiento del elemento estructural	57
Figura 51	Especificación de características para el diseño de viga	58
Figura 52	Diseño de la viga	58
Figura 53	Cuadro para definición de losas	59
Figura 54	Ingreso de cargas en Sap2000	60
Figura 55	Aplicación de la sobrecarga permanente	60
Figura 56	Modelo con asignación de carga permanente	61
Figura 57	Asignación de carga variable de entrepiso	61
Figura 58	Modelo con asignación de cargas variables	62
Figura 59	crear malla para optimizar rendimiento en procesamiento	62
Figura 60	Asignación de cargas para el techo	63
Figura 61	Ingreso de cargas en ETABS	63
Figura 62	Ingreso de cargas en ETABS	64
Figura 63	Modelo con asignación de carga permanente	64
Figura 64	Asignación de carga variable de entrepiso	65
Figura 65	Modelo con asignación de cargas variables	65
Figura 66	crear malla para optimizar rendimiento en procesamiento	66
Figura 67	Asignación de cargas para el techo	66
Figura 68	Modelado de la estructura de 4 niveles en Sap2000	67

Figura 69	Modelado de la estructura de 4 niveles en Etabs	67
Figura 70	Definición de los diafragmas para cada nivel	68
Figura 71	Asignación de los diafragmas para cada nivel	68
Figura 72	Definición de los diafragmas para cada nivel	69
Figura 73	Asignación de los diafragmas para cada nivel	69
Figura 74	Definición de los parámetros sísmicos en X	72
Figura 75	Modificamos los valores sísmicos en X	73
Figura 76	Definición de los parámetros sísmicos en Y	73
Figura 77	Modificamos los valores sísmicos en Y	74
Figura 78	Ingreso de los valores de los valores de las masas	74
Figura 79	Ingreso de los valores de los valores de las masas	75
Figura 80	Opciones de análisis	76
Figura 81	Creamos datos para Sismo en X e Y	78
Figura 82	Asignación del espectro sísmico en X eY	78
Figura 83	Parámetros modales	79
Figura 84	Parámetros para el sismo dinámico en X e Y	79
Figura 85	Definición de combinaciones sísmicas	80
Figura 86	Creamos datos para Sismo en X e Y	81
Figura 87	Asignación del espectro sísmico en X e Y	81
Figura 88	Parámetros modales	82
Figura 89	Parámetros para el sismo dinámico en X e Y	82
Figura 90	Definición de combinaciones sísmicas	83
Figura 91	Estado de la simulación estática	84

Figura 92	Estado de la simulación estática	85
Figura 93	Estado de la simulación Dinámica	86
Figura 94	Estado de la simulación Dinámica	87
Figura 95	Desplazamientos en X e Y	89
Figura 96	Líneas de visualización de desplazamientos	89
Figura 97	Visualización de los desplazamientos en X e Y en “mm” por niveles de la estructura	90
Figura 98	Vista lateral XZ y YZ de desplazamiento	90
Figura 99	Visualización de desplazamiento en X e Y	91
Figura 100	Visualización de los desplazamientos en X e Y en “mm” por niveles de la estructura	91
Figura 101	Vista lateral XZ y YZ de desplazamiento	92
Figura 102	Vista de esfuerzo cortante en Etab	92
Figura 103	Vista de esfuerzo cortante en Sap2000	92
Figura 104	Vistas resultantes del desplazamiento análisis estático para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	98
Figura 105	Vistas resultantes del desplazamiento análisis estático para $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ (esclerómetro)	98
Figura 106	Vistas resultantes del desplazamiento dinámico para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	102
Figura 107	Vistas resultantes del desplazamiento dinámico para $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$	102
Figura 108	carga lateral automática	105
Figura 109	carga lateral automática	105
Figura 110	Ubicación Política de Cusco	107

Figura 111	Distritos de la ciudad de Cusco	108
Figura 112	Mapa de la ciudad del Cusco	108
Figura 113	Distrito de San Sebastián y área de estudio	108
Figura 114	Plano topográfico de la Urb. Santa Rosa	109
Figura 115	Producto del diseño de vivienda multifamiliar en la Urb. Santa Rosa Distrito de San Sebastián provincia y departamento del Cusco	111
Figura 116	Vistas del desplazamiento de la estructura en XZ e YZ	118
Figura 117	Vistas del desplazamiento de la estructura en XZ e YZ	118
Figura 118	Gráficos de comportamiento de los desplazamientos estáticos	123
Figura 119	Gráficos de comportamiento de los desplazamientos dinámicos	124
Figura 120	Normas técnicas relacionadas con la investigación	127
Figura 121	Gráfico de tensión para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	132
Figura 122	Gráfico de tensión para $f'c = 200\text{kg/cm}^2$	132
Figura 123	Comparativa de pesos en estructura	135
Figura 124	espectro sísmico dinámico	136
Figura 125	espectro sísmico dinámico Etabs y Sap200	136
Figura 126	Gráfico estadístico deriva Máxima en X e Y	137
Figura 127	Valores máximo para las derivas en X e Y	138
Figura 128	Valores máximo para las derivas en X e Y	138

Resumen

El presente trabajo de investigación que **titula**: "Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022", dentro del cual se define el **objetivo** realizar el análisis comparativo estructural para el tipo de vivienda multifamiliar haciendo uso softwares basados en elementos finitos como son el sap2000 y etabs en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022, el trabajo de investigación se realizó bajo criterio del **método** científico y tipo de investigación aplicativo nivel correlacional y tipo de diseño comparativo.

Con respecto a los **resultados** obtenidos del análisis comparativo estructural para la vivienda multifamiliar utilizando softwares de elementos finitos como son el sap2000 y etabs se obtendrá en base al análisis que se realice en ambos softwares a fin de obtener resultados en el campo estructural y sísmico contemplando los indicadores de cargas, comportamiento de elementos estructurales tanto en el análisis estático como dinámico estos en relación al comportamiento de toda la estructura.

La investigación finalizara con las **conclusiones** del análisis comparativo estructural de la vivienda multifamiliar poniendo en evidencia los valores que arrojen ambos software y verificar el nivel de precisión de ambos a fin de constatar la eficiencia de uno con respecto al otro y tener una clara idea del comportamiento de estos softwares en favor de realizar estructuras sismo resistentes más seguras y duraderas en el tiempo ante situaciones de comportamiento sísmico estructural de carácter variables en el tiempo.

Palabras clave: Sismo resistente, estructuras, método, elemento finito.

Abstract

The present research work **entitled**: "Comparative structural analysis for multifamily housing using finite element software, Urb. Santa Rosa, San Sebastián district, Cusco - 2022", within which the **objective** is to carry out the comparative structural analysis for the type of multi-family housing using software based on finite elements such as sap2000 and etabs in Urb. Santa Rosa, San Sebastián district, Cusco - 2022, the research work was carried out under the criteria of the scientific **method** and type of applicative research, correlational level and type of comparative design. With respect to the **results** obtained from the structural comparative analysis for multi-family housing using finite element software such as sap2000 and etabs, it will be obtained based on the analysis carried out in both software in order to obtain results in the structural and seismic field considering the load indicators, behavior of structural elements in both static and dynamic analysis in relation to the behavior of the entire structure.

The investigation will end with the **conclusions** of the comparative structural analysis of multifamily housing, highlighting the values that both software yield and verifying the level of precision of both in order to verify the efficiency of one with respect to the other and have a clear idea of the behavior of these softwares in favor of making earthquake-resistant structures that are safer and more durable over time in situations of structural seismic behavior that vary over time.

Keywords: Resistant earthquake, structures, method, finite element.

I. **INTRODUCCIÓN**

A **nivel internacional** es importante saber que el ser humano siempre ha tenido necesidades básicas como las de refugio, seguridad, protección buscando su propia realización, es por ello que la necesidad de una vivienda siempre es un aspecto latente en las personas, los países y sus gobernantes están siempre pendientes de la realización de proyectos de vivienda que mejoren la calidad de vida de sus habitantes y dentro de las propuestas están las viviendas multifamiliares que permitan aprovechar de mejor manera el concepto de propiedad vertical brindando opciones de viviendas seguras y económicas para las personas, también es importante tener en cuenta que los diseños de las viviendas deben ser sísmo resistentes ya que los movimientos sísmicos siempre estarán presentes de manera impredecible en el mundo por lo que es importante también evitar la pérdida de vidas humanas, como la de asegurar la continuidad de los servicios básicos en las edificaciones y por consiguiente evitar al máximo los daños en la propiedad.

Actualmente en el contexto Internacional se evidencian muchos avances tecnológicos que optimizan las tareas en diversas actividades y campos del saber, las tecnologías basadas en hardware y software facilitan muchas tareas en la búsqueda de soluciones eficientes a diferentes problemáticas con mejores resultados en todas las especialidades, dentro de ello en el campo de la Ingeniería civil existen muchas tecnologías basadas en herramientas CAD que ayudan a los ingenieros Civiles a desarrollar proyectos con mayor celeridad, eficiencia permitiéndocálculos más seguros y exactos.

En el campo sísmico estructural los cálculos son muy complejos debido a la gran variedad de estructuras que varían en formas y dimensiones debido a ello se requieren métodos de cálculos complejos; las matemáticas cuentan con métodos numéricos que facilitan los cálculos para diseños sofisticados como el MEF (método de elementos finitos), el mencionado método ya está implementado en muchas herramientas de software estructural en forma de algoritmos muy complejos, se tienen softwares como: CypeCad, Sap2000, Etabs, Autodesk Robot, RCB, Staad, Babel,

Robot, etc., los cuales poseen herramientas de análisis y diseño que permiten modelar estructuras complejas, todas estas herramientas de software están al alcance de todos y por medio de las cuales hoy en día se pueden hacer diseños de proyectos estructurales de gran magnitud, es importante mencionar que estos softwares dentro de sus funcionalidades también permiten la simulación de edificaciones bajo diferentes parámetros con variables estocásticas diversas y de esta manera conocer el comportamiento sísmico estructural de una edificación ante diferentes situaciones brindándonos información de resistencia, estabilidad, firmeza y otros parámetros sísmico estructurales.

A **nivel nacional** en el Perú, el creciente incremento poblacional en sus diferentes regiones hace que las personas ejerzan una fuerte presión por conseguir una vivienda cerca de las zonas de mayor movimiento económico.

El proceso de migración de las zonas rurales a las zonas urbanas en búsqueda de mejores condiciones de vida genera muchas veces desilusión y más pobreza permitiendo actos ilícitos como la apropiación de terrenos del estado o del sector privado sin el control de las autoridades y el respeto de la ley, estos actos son comúnmente conocidos como invasiones.

Es importante tomar en cuenta que nuestro país tiene una diversidad geográfica, topográfica y climática estos factores son relevantes a tomaren cuenta al momento de realizar proyectos en edificaciones la presenciade diferentes tipos de suelos, niveles geográficos bien marcados y el factor sísmico son factores a tomar en cuenta al momento de proponer un diseño estructural para este caso de vivienda multifamiliar.

Todos estos aspectos deben motivar al estado a normar y regular el acceso a una vivienda propia que sea accesible para todos, se deben proponer políticas de acceso a la vivienda que permitan brindar a los peruanos mejor calidad de vida.

Cabe destacar que también existe otro problema presente en el ámbito particular y es la informalidad y el no respeto de las normas de construcción, acompañados de la corrupción en entidades del estado esto

hace que muchas de las edificaciones que se ejecutan no sean supervisadas en su análisis, diseño y ejecución; nuestra sociedad en gran medida realiza sus edificaciones sin contar con el respaldo de un profesional de ingeniería civil que dentro de su conocimiento técnico permita asegurar un proceso de ejecución de edificaciones seguras, la mayoría de edificaciones de carácter vivienda son producto de la improvisación y el no respaldo de estudios adecuados para su diseño y ejecución, las personas prefieren encargar la responsabilidad de la ejecución de sus proyectos a maestros de obra que no garantizan un trabajo serio y responsable y mucho menos la responsabilidad ante los problemas que puedan presentarse como fruto de una mala decisión en la construcción de una edificación familiar o multifamiliar, en este sentido el papel del ingeniero Civil es relevante, ya que en base a la opinión profesional del mismo se garantiza un buen análisis, diseño y ejecución de obra con el respeto de las normativas de construcción para proyectos de vivienda para este caso multifamiliares, Nuestro país como parte del sistema globalizado no está al margen del uso de estas herramientas tecnológicas basadas en software y que son un soporte seguro para los profesionales de la ingeniería civil dentro del diseño sísmico estructural, estas herramientas actualmente están siendo usadas, pero muchas veces sin hacer un análisis valorativo comparativo sobre la gran variedad de ofertas de software sísmico estructurales que hay en el mercado y las diferentes características que tienen los mismos a nivel de versatilidad, facilidad de uso, calidad de resultados y exactitud, ya que por medio de estos factores se puede seleccionar el software más adecuado para el cumplimiento de nuestros objetivos de diseño estructural.

A **nivel local**, Cusco está ubicado a 3440 msnm en la sierra del Perú en la actualidad presenta un crecimiento poblacional el cual se evidencia con el incremento de edificaciones de vivienda multifamiliar, el valle del cusco presenta una topografía particular la cual es un factor a tomar en cuenta, existen diferentes tipos de suelos en su topografía, así mismo presenta ciertas características particulares una de las cuales es la de estar afectadas por fallas geológicas que la hacen una zona altamente sísmica

por lo cual los profesionales en ingeniería civil deben realizar proyectos en edificaciones sismo resistentes, para este caso de viviendas multifamiliares, el software para estos casos es de gran utilidad para el análisis diseño y simulación de proyectos de vivienda multifamiliar.

Tomando en cuenta todos estos aspectos nos planteamos el **problema general**: ¿De qué manera un análisis comparativo estructural usando softwares de elementos finitos garantiza buenas estructuras para vivienda multifamiliar, en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022?

Así mismo se plantea los siguientes **problemas específicos**: ¿Es posible realizar un análisis comparativo estructural de softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022?, ¿El uso de dos softwares de elementos finitos garantiza estructuras resistentes para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022?, ¿Es posible obtener estabilidad estructural usando softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022?.

Las problemáticas descritas anteriormente nos permiten plantear la **Justificación teórica**: Cuando se habla de estructuras de vivienda multifamiliar estamos ante edificaciones por niveles las cuales requieren de un análisis minucioso, sísmico estructural tomando en cuenta el número de niveles de la edificación, factores como el tipo suelo, la topografía de la zona, factores sísmicos, respuesta de la estructura ante los diferentes tipos de cargas sean dinámicas o estáticas entre otros. **Justificación metodológica**: El criterio metodológico que nos permitirá conseguir el objetivo planteado estará en base a técnicas y métodos de investigación y comparación que nos permita realizar la búsqueda, selección y valoración de herramientas de software estructural, que permitan modelar las características de vivienda multifamiliar a nivel de forma, tamaño, manejos de cargas y otros factores sísmico estructurales complejos, todas estas herramientas de software deben permitir el análisis y diseño, con métodos numéricos que nos permitan absolver y resolver problemas en estructuras de formas complejas como el denominado MEF (método de elementos finitos), el cual como método numérico matemático permite hacer cálculos

por medio de algoritmos sofisticados y es una herramienta indispensable en cualquier ámbito ingenieril. **Justificación técnica:** Hoy en día se tienen muchas herramientas tecnológicas basadas en software que permiten optimizar cálculos sobre estructuras para edificaciones de diferente complejidad, técnicamente el uso del software para cálculo estructural permite realizar cálculos complejos basados en métodos de elementos finitos, existe una gran variedad de software estructural bajo este criterio MEF como: CypeCad, Sap2000, Etabs, Autodesk Robot, RCB, Staad, Babel, Robot, etc, sobre el cual se tiene que hacer un trabajo valorativo y seleccionar los softwares que permitirán conseguir el objetivo planteado. **Justificación social:** Las personas como parte de la sociedad necesitan tener seguridad y contar con una vivienda digna, el estado debe proponer políticas de vivienda que garanticen dicho trabajo social, el ingeniero civil juega un papel importante en el campo de investigación y como tal nuestro trabajo de investigación quiere dejar un precedente de cómo hacer un análisis comparativo sísmico estructural usando softwares que garanticen el uso adecuado para un buen análisis y diseño y de esta manera garantizar edificaciones seguras para la sociedad en especial para la población del Cusco. **Justificación económica:** Antiguamente las pérdidas a causa de un mal análisis y diseño eran cuantiosas, la elaboración de proyectos en edificaciones duraba mucho tiempo y su costo era elevado. Hoy en día muchos de estos aspectos han cambiado los avances tecnológicos en hardware y software nos permiten optimizar cálculos complejos y obtener resultados exactos en menos tiempo, se puede hacer las pruebas en edificaciones de manera gráfica y virtual haciendo uso de los modelos y simulación como parte de estas herramientas de software estructural y con ello garantizar edificaciones seguras consecuentemente la satisfacción y bienestar social, es evidente que el costo a nivel de tiempo uso de materiales y otros aspectos es mucho menor que si realizásemos el proyecto sin el uso de estas herramientas de software. **Justificación ambiental:** El hacer uso de herramientas basadas en software estructural permite que se pueda realizar proyectos en edificaciones amigables con el medio ambiente, se

puede simular el comportamiento de muchas variables del contexto en la cual se realizara la edificación sin perjudicar al mismo, es evidente que estas herramientas facilitan el análisis y diseño sin la necesidad de hacer pruebas físicas y mecánicas que puedan perjudicar el medio ambiente. En consecuencia, el presente trabajo de investigación permitirá realizar un correcto análisis comparativo valorativo en el aspecto estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022 dotando de un aporte importante para la ciudad del Cusco. En lo que respecta a la definición de la **hipótesis general**, se tiene: Con el análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, se garantizará la estabilidad para una vivienda multifamiliar de la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022. Así mismo definimos las **hipótesis específicas**: La realización de un análisis comparativo estructural de softwares de elementos finitos garantiza una vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022, Usando tres softwares de elementos finitos garantiza estructuras resistentes para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022, Se podrá obtener Estabilidad sísmico estructural usando softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022, Finalmente se identifica el **objetivo general**: Realizar el análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar haciendo uso de softwares de elementos finitos en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022. Seguidamente se identifican los **objetivos específicos**: Realizar un adecuado análisis comparativo valorativo estructural de softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022, Hacer uso correcto de tres softwares seleccionados sísmico estructurales para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022, Hacer un análisis comparativo de los resultados de dos softwares sísmico estructurales seleccionados para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022.

II. MARCO TEORICO

Antes de empezar el presente trabajo de investigación es importante tomar en cuenta referencias similares que permitan dar sustento y soporte al presente proyecto de investigación, referencias a nivel internacional, nacional, local que nos aproximen al entendimiento y búsqueda del cumplimiento del objetivo planteado, es por ello que ponemos a consideración muchos esfuerzos intelectuales empezando por las **referencias Internacionales: Abhinav (2016)** En el presente artículo de investigación pone de manifiesto el comportamiento de los muros de cortante indicando que se encuentran entre los sistemas de comportamiento lateral más usados en edificaciones estructurales de gran altura, se pone como Objetivo introducir al muro de corte dentro de ubicaciones adecuadas para luego realizar el análisis de cargas estáticas producidas por terremotos, el tipo de edificio es de tipo RCC de 11 pisos el cual estará expuesto a sismos en la zona -V . Dentro de ello aplica la metodología de coeficiente sísmico utilizando IS 1893 (PARTE I): 2002, que no es otra cosa de normas de criterios de resistencia para la India, con respecto a los resultados obtenidos se puede indicar que se obtendrán 3 entregas diferentes de la pared de corte, obteniendo 4 resultados fruto de un proceso de comparación sobre el cual se recomienda optimizar la estructura del marco del muro de corte del edificio de análisis en mención, el análisis permitirá conseguir niveles de seguridad ante terremotos, manteniendo intacta la estructura manejando un coeficiente sísmico de 0.06 para una carga viva de 2 KN/m², concreto M30 con un acero 415 así también una deflexión $v/s = 0.43$, finalmente se concluye indicando que la incorporación del muro de corte es hoy en día muy usada en estructuras de varios pisos ante fuerzas laterales, así mismo el muro de cortante tipo II resulta ser más útil y permite conseguir el máximo nivel de seguridad ante terremotos en la zona -V.

Deshmukh (2016), En su artículo de investigación indica que para estructuras de gran altura es necesario dedicar mucho tiempo para los cálculos los cuales son pesados mucho más aún si se realizan de manera manual, en este sentido STAAD-Pro es el software que facilita

herramientas de cálculo rápido en base a una plataforma de uso eficiente muy versátil en su uso en el diseño de estructuras, plantea como objetivo el análisis y diseño de un edificio de varios pisos usando dicho software, para lo cual tiene como metodología el uso de las herramientas implementadas por el software STAAD-Pro con diseño de estado límite de acuerdo a las normas de la india que son estándares, así mismo para los resultados se realizan un proceso de comparación con los cálculos manuales y verificar su efectividad, se contempla un coeficiente sísmico 0.36, el factor de reducción $R = 5$, también se calcula la deflexión en la dirección de $X=0.004$, con un desplazamiento máximo en $X = 134$, finalmente se llegan a las conclusiones indicando que STAAD-Pro es una herramienta muy potente con la cual se permite ahorrar mucho tiempo y la vez muy precisa en sus cálculos de diseño en este caso para un edificio de 19 pisos al cual se le aplicaran muchas cargas como la carga de viento, la estática y la sísmica.

Rivas, Zerna y Santos (2017), en su artículo de investigación tiene como objetivo realizar una descripción de las características del diseño sísmico resistente para edificaciones de hormigón armado ubicado en Cantón Guayaquil haciendo uso del software Cypecad y Sap2000, la metodología es de carácter aplicativo ya que trabajara directamente con la herramientas de software para la estimación y cálculos de parámetros necesarios en base al código ecuatoriano de la construcción seguidamente se obtuvieron los resultados en base a los cálculos realizados sobre ambos diseños realizados en ambas herramientas de software los cuales cumplen con las comprobaciones mínimas requeridas, se tiene un valor de carga muerta de 0.64 Tn/m^2 , para una fuerza sísmica total de 34.39, el momento negativo exterior igual a 989.6y su momento positivo exterior igual a 628.32 como también su momento positivo central de 628.32, finalmente se concluye que la herramienta de software Cypecad es versátil en su uso permitiendo un manejo sencillo y su correcta verificación de datos reduciendo el tiempo de modelamiento y diseño de estructuras demostrando gran ahorro de tiempo y costo. En la ciudad de campeche México se tienen referencias de trabajos de utilización de software de elementos finitos en estructuras.

Escudero, Martínez y H. Barbat (2018), en su artículo de investigación se

plantean el objetivo de proponer nuevos modelos y metodologías basadas en simulación aplicadas a nuevos materiales y con ello conseguir una mejor respuesta en sus parámetros estructurales como rigidez fluencia resistencia y amortiguación, propone la metodología que consiste en la discretización en el espesor de tal manera que se pueda reproducir el daño en base a esfuerzos de flexión fuera del plano, esto con el fin de conseguir mayor precisión. Se obtuvieron los siguientes resultados se verifican a través de un desplazamiento monótono continuo creciente (pushover) en la parte superior de una estructura, a si también se verifica una buena correspondencia entre los resultados obtenidos usando la norma mexicana, se obtuvo la cortante resistente total igual a 611.13, una rigidez total de 854,039.24, como también una rigidez total en Y = 47,794.72, también se obtuvo la resistencia total en X = 443.12 KN, resistencia total en Y = 168.07 KN, finalmente se concluye que es posible modelar un edificio de mampostería de 6 niveles indicando que los resultados obtenidos se han comparado con una regulación de construcción en términos de su rigidez inicial y su resistencia total. Las cimentaciones son también elementos estructurales que entran dentro del diseño y como tales pueden ser implementados con software.

BRITO (2018), en el trabajo de tesis propone el objetivo del diseño de un galpón para el estacionamiento de vehículos para lo cual tiene que hacer el cálculo de esfuerzos para dicha estructura haciendo uso del software SAP2000, seguidamente para el presente trabajo se usa la metodología de investigación aplicada haciendo el cálculo por esfuerzos admisibles y factor de carga y resistencia del diseño, fruto de este trabajo de investigación se tiene los siguientes resultados en donde se observa que la estructura muestra efectividad de acuerdo a los perfiles seleccionados así mismo soporta las cargas asignadas de acuerdo a los cálculos realizados, obteniendo el valor de peso total de costaneras igual a 2.391, Peso Total Perfil HEB400 (Kg) igual a 11.16, Peso Total Perfil HEB300 (Kg) igual a 13.676,412 con un peso total de 27.227,412 Kg, como también un peso teórico (Kg/m) Perfil HEB 400 igual a 155 seguidamente se llega a las siguientes conclusiones, el trabajo con el software SAP2000 es uso rápido

y versátil en todas sus funcionalidades el objetivo se cumple en su totalidad. **Herrera y Figueroa (2016)**, en su trabajo de tesis fija el objetivo de hacer el estudio y análisis para el desempeño estructural de la Torre metálica 4 del Estadio Capwell para esfuerzos generados por un sismo de diseño planteando alternativas y técnicas de control de respuesta sísmica. La metodología propuesta está de acuerdo al diseño por resistencia sobre las combinaciones de cargas usando el software Etabs V15, los resultados obtenidos son en base al análisis modal y los obtenidos con aisladores sísmicos ambos comparados respecto a la estructura original, obteniendo un límite de vibración $T_o = 0.127$ seg, un límite de vibración $T_c = 0.698$ seg. Para un periodo T de la estructura igual a 0.844 seg. Con una deriva máxima en mampostería igual a 0.01 finalmente se concluye en que se hizo el análisis estructural de la torre con el software Etabs V15 se obtuvo los resultados esperados con el uso de los tres métodos planteados, se planteó un sistema de protección sísmica en base al uso de disipadores.

Es bueno tener **referencias nacionales**, es por ello que se revisaron referencias nacionales que puedan aportar el fortalecimiento del conocimiento y entendimiento del problema

Sanga, Huertas y Caipo (2018), tienen el objetivo de realizar un análisis comparativo para evaluar una metodología que permita el análisis de arriostres con estructuras de acero haciendo uso de software de cálculo. Dentro del aspecto metodológico para el respectivo análisis se realizó la comparación de diferentes metodologías en diversos softwares de uso comercial en el área de ingeniería como Sap2000 con la posibilidad de manejo de frames para la manipulación de vigas en base a cálculos matriciales, este software también posee el MEF (método de elementos finitos), a través del uso de sus herramientas como top Shell y Asolid por medio de los cuales realiza cálculos lineales y no lineales, por otro lado también usaron el software Inventor que posee un análisis único en el manejo de elementos finitos sobre estructuras que poseen arriostres en cualquier disposición que se presente, seguidamente los resultados evidencian que haciendo uso del cálculo matricial se observa niveles de pandeo, flexión, diagramas de momentos, fuerzas axiales y cortantes en

arriostres de esta manera se facilita el dimensionamiento de perfiles, así también el cálculo por elementos finitos muestra la acumulación de esfuerzos en los arriostres cabe destacar que también permite la simulación de conexiones empernadas y soldadas. Finalmente se concluye indicando que el método para diseño de estructuras se da en base a procesos que deben ser respaldados por diversos cálculos. Otra referencia a nivel nacional la podemos verificar a través del siguiente trabajo donde:

Rojas y Morales (2021), en su trabajo de bachillerato se proponen como objetivo el análisis y diseño de una edificación para vivienda multifamiliar con 8 niveles y con semisótano haciendo uso del reglamento nacional de edificaciones para dicho trabajo hicieron uso de metodologías de investigación aplicada donde se hizo un organigrama de aplicación metodológica basada en búsqueda de información, descripción de la problemática, análisis de suelos, diagramación de planos, modelamiento y análisis, validación del modelo, diagramación de planos estructurales, uso del software Revit para el modelamiento, cálculo de metrados, elaboración del presupuesto, y finalmente elaboración del análisis de control de calidad. Como resultados se obtiene que para el diseño de vigas se tomó en cuenta la secuencia de cargas de construcción para cada nivel obteniendo momentos flectores negativos de nivel significativo, la cortante en las losas aligeradas no requirió de un ensanchamiento de las vigas. Finalmente se llegó a las conclusiones que de acuerdo al uso de la norma E030 se evidenció irregularidad en planta verificada en el valor del coeficiente de reducción sísmico de un valor de 6 a 5.4 esto indica que la cortante basal aumentó, consecuentemente se hizo un diseño más riguroso a diferencia de estructuras regulares, así mismo se evidenció que para esta estructura se tiene alta densidad para sus muros estructurales.

Cabello (2020), en su trabajo de tesis toma como objetivo la realización de un análisis estructural con concreto armado aporcado y dual, para ello hizo uso de la metodología de investigación es aplicada haciendo dentro de lo metodológico, para la presente investigación, se usó el software ETABS v.16, así mismo la población y muestra está representada a través

del edificio de 5 niveles, como resultados se tiene que el comportamiento de la estructura por intervención sobre los sistemas estructurales es en base al sistema dual como el sistema aporticado. De otro lado se obtiene los diferentes modos de vibración del edificio, como los valores de análisis estático, los resultados obtenidos en dirección X-X es 0.003 y en la dirección Y-Y es 0.004 nos indican que este sistema cumple con lo establecido en la norma. Como conclusiones el autor indica que existe una diferencia clara ante un sismo entre las estructuras en base a albañilería confinada y los que tienen diseños con ductilidad limitada. En Cajamarca se tienen otros aportes con respecto a análisis de viviendas multifamiliares utilizando software estructural este se presenta con el trabajo de:

Alvarado y Vásquez (2021), en su trabajo de tesis plantea como Objetivo la realización de un análisis comparativo para un edificio residencial ubicado en Trujillo usando las tecnologías de los softwares Etabs y Sap2000, teniendo una metodología aplicada comparativa contemplando las normas del RNE E 060 referido al uso correcto del concreto armado, E 030 sobre el diseño sismo resistente tomando como población de estudio a todos los diseños automatizados realizados con diferentes softwares como CypeCad, Etabs, Midas, Robot, Tekla estructuras, Staad Pro, Sap2000, teniendo como resultados la determinando que el software Etabs es el más indicado para diseño y modelamiento de edificios residenciales, por otro lado indica que Sap2000 es un software con mayor potencialidad para modelamiento de estructuras complejas, Concluyendo que el software que brinda mejores resultados en base a normas peruanas es el software Etabs.

Estrada y Verde (2020), autores del trabajo de tesis proponen el siguiente objetivo realizar un análisis comparativo estructural haciendo uso del software Etabs y el método de diseño tradicional, como metodología hace uso del tipo de investigación aplicada en el uso de conocimientos teóricos de las materias de diseño estructural en el entendimiento de estructuras de tipo edificio. Como resultados se obtienen en base al análisis estático y dinámico con el software Etabs, así mismo se obtuvo el cálculo del peso estructural en base al aumento progresivo de las cargas muertas y de las cargas vivas que van desde el primer nivel hasta el último

nivel. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que existe una influencia sobre la estructura esto en base al uso del software Etabs, se evidencio que existe una diferencia entre el diseño basado en software y el método tradicional, la investigación se puede tomar como material de apoyo en niveles de formación académica en la línea estructural.

Atto y Estrella (2019), en el trabajo de tesis presentado plantean como objetivo principal la realización del diseño estructural haciendo uso del software Autodesk Robot Structural Analysis con la finalidad de realizar la ampliación del Hotel Cielo ubicado en la ciudad de Tarapoto, Perú, este trabajo de investigación lo realizaron haciendo uso de la metodología de investigación aplicada teniendo también como justificación metodológica el uso de la herramienta digital "Robot Structural Autodesk, dentro de los resultados obtenidos se observan datos en tabla de las condiciones constructivas del hotel, propiedades físico mecánicas del suelo, cálculos de fuerza cortante, desplazamientos, finalmente el trabajo concluye en el análisis del bloque B del Hotel Cielo, la identificación correcta del tipo de suelo granular clasificados como grava arcillosa, también se obtuvo los datos de la resistencia ponderada en vigas y columnas de dicha edificación y finalmente se indica que la edificación cumple con todos los parámetros sísmicos exigidos en la norma E.030 cuyo valor es de 0.007.

Hemos presentado referencias internacionales, nacionales, es bueno ahora presentar **referencias locales** ya que nuestro proyecto de investigación se enfocará en hacer los estudios comparativos de las herramientas de software en nuestra ciudad, tenemos a:

Vargas y Bayona (2019), en su trabajo de tesis plantean el objetivo de centrarse en la evaluación del comportamiento estructural en el campo sísmico resistente apoyados en un análisis tridimensional se esta manera se afianzan los conceptos y procesos de cálculo en estructuras para una posterior elaboración del expediente técnico, en el aspecto metodológico se realiza una investigación aplicada donde se contemplan las siguientes actividades como la de realizar el análisis de la estructura, elaboración de un proyecto arquitectónico, elaborar el modelo estructural con criterios sísmico resistentes, análisis matemático del modelo estructural y finalmente

la implementación del diseño estructural con el software Etabs 2015 versión 15.0, como resultados se evidencian el análisis y diseño de la estructura, las especificaciones técnicas del proyecto, los planos presupuesto y programación de obra. Finalmente se concluye que se logró realizar el expediente técnico del proyecto haciendo uso de la norma E-060 así mismo el análisis y diseño se concretó en base al uso del software Etabs.

Rosa Y Pochuanca (2017), en su proyecto de tesis plantean el objetivo de realizar la evaluación sobre el análisis y diseño de un edificio de siete niveles, en base a la metodología de investigación aplicada en base a las siguientes actividades como la de elaborar el proyecto arquitectónico, elaborar el modelo estructural sísmo resistente con el uso de software Etabs 2015 en base al uso de normas de edificaciones E-020 y E-030, los resultados obtenidos se evidencian en base al análisis y diseño, las especificaciones técnicas, planos presupuesto y programación de obras, el trabajo concluye con el cumplimiento de todos los objetivos planteados y el uso adecuado de las normas de construcción en el proceso de análisis y diseño haciendo uso del software Etabs.

Zeballos Y Romuacca (2016), en el trabajo de tesis propone el siguiente objetivo de evaluar el comportamiento estructural de una edificación de 13 niveles con semisótano y techo aplicando los conocimientos estructurales en la etapa de formación académica, la metodología es de investigación aplicada haciendo uso de los criterios de diseño con el software Etabs. Los resultados que se obtienen se dan en base a la consecución del análisis y diseño de la estructura planteada. asimismo, se concluye en que es factible realizar el análisis y diseño para una estructura de 13 niveles con semisótano y techo, haciendo uso de una herramienta de software.

BASES TEORICAS. - Se tiene como bases teóricas los siguientes conceptos como: **Analizar:** por medio del cual podemos entender el significado de análisis tenemos que hacer referencia a sus orígenes etimológicos, El vocablo «análisis» proviene del griego «analysis» (disolución) derivada, a su vez, de «analuein» (desatar, soltar). Analizar también significa: “distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”¹, en otra acepción se entiende por análisis como, “distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”², es importante aclarar que el concepto de análisis se aplica de acuerdo al contexto en el que se ubique; **Comparar:** De igual manera es importante entrar a los orígenes etimológicos para poder entender que hay detrás del significado de la palabra comparar, “Proviene del latín comparare, formado a su vez por las partículas con, que significa ‘reunir’, y parare, que significa ‘parar’. Así, comparar significa analizar una cosa al lado de la otra para”³, de esta manera entendemos que comparar es la acción de poner en práctica el sentido de observación con el fin de encontrar diferencias o similitudes entre diferentes objetos o elementos susceptibles de ser comparados; **Vivienda:** Es importante entender esta palabra ya que nos permitirá entender el objetivo de investigación de este trabajo para ello se tiene la siguiente definición, “La vivienda es una edificación cuya principal función es ofrecer refugio y habitación a las personas, protegiéndolas de las inclemencias climáticas y de otras amenazas”⁴, así mismo de acuerdo al RNE⁵ Norma A 020 correspondiente a la temática de vivienda, en su capítulo I, Artículo 1: “Constituyen edificaciones para fines de vivienda aquellas que tienen como uso principal o exclusivo la residencia de las familias, satisfaciendo sus necesidades habitacionales y funcionales de manera adecuada”; **Vivienda Multifamiliar:** El presente trabajo de

¹ (DRAE, 1992)

² (DRAE, 1992)

³ (DRAE, 1992)

⁴ (DRAE, 1992)

⁵ (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

investigación tiene como objeto de estudio la vivienda multifamiliar, es por ello que se necesita entender el significado de la misma, seguidamente tenemos la siguiente definición, “Una vivienda multifamiliar es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común”⁶, el **RNE** en la **Norma A 020** referente a vivienda en su capítulo I de generalidades, artículo 3 nos informa acerca de los diferentes tipos de vivienda que pueden edificarse tenemos la siguiente clasificación: **Edificio multifamiliar**, Este concepto se da ante la existencia de dos o más viviendas dentro de un solo bloque o edificación derivándose de ello el concepto de propiedad común, donde todos los integrantes del edificio comparten espacios comunes; **Conjunto Residencial**, Con respecto a la figura que hay detrás de este concepto, comprende a edificaciones destinadas a viviendas las cuales están distribuidas independientemente pero el predio o terreno es de propiedad común, bajo el cuidado de todas las familias que coexisten en ese espacio; **Quinta**, Esta idea de quinta se da cuando dos o más familias tienen sus lotes propios, pero para acceder a ellos tienen que hacer uso de un acceso común; también, el **RNE** se define como **edificio multifamiliar**, “Edificación única con dos o más unidades de vivienda que mantienen la copropiedad del terreno y de las áreas y servicios comunes”⁷; **Edificaciones**: Dentro del ámbito de ingeniería civil existen varias líneas de acción como la de edificaciones; “el término edificación se usa para definir y describir todas aquellas construcciones realizadas artificialmente por el ser humano con diversos pero específicos propósitos. Las edificaciones son obras que diseña, planifica y ejecuta el ser humano en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para habitarlas o usarlas como espacios de resguardo”⁸, de esta manera podemos entender el ámbito en el cual se hará el trabajo de investigación. **Tipos de Edificaciones**: De acuerdo al **RNE** vigente se tienen diferentes normas por medio de las cuales

⁶ (RNE, 2006)

⁷ (RNE, 2006, pág. 11)

⁸ (Cecilia Bembibre, Definición ABC, Sep. 2009)

se regulan los criterios de análisis y diseño en diferentes rubros de edificaciones, de acuerdo a ello se tienen 66 normas aprobadas de acuerdo a decreto supremo N.º 015-2004-VIVIENDA orientadas a llevar un control regulador en edificaciones, estas normas son las siguientes:

Tabla 1. Normas Técnicas RNE

Norma	Descripción	Norma	Descripción
G.010	Consideraciones Básicas	A. 030	Hospedaje.
G.020	Principios Generales.	A. 040	Educación.
G.030	Derechos y Responsabilidades	A. 050	Salud.
G.040	Definiciones.	A. 060	Industria.
G.050	Seguridad durante la Construcción.	A. 070	Comercio.
GH.010	Alcances y contenido.	A. 080	Oficinas.
GH.020	Componentes de Diseño Urbano.	A. 090	Servicios comunales.
TH.010	Habilitaciones residenciales.	A. 100	Recreación y deportes.
TH.020	Habilitaciones comerciales.	A. 110	Comunicación y transporte
TH.030	Habilitaciones industriales.	A. 120	Accesibilidad para personas con discapacidad.
TH.040	Habilitaciones para usos especiales.	A.130	Requisitos de seguridad.
TH.050	Habilitaciones en riberas y laderas.	A.140	Bienes culturales inmuebles y zonas monumentales.
TH.060	Reurbanización.	E.010	Madera.
OS.010	Captación y conducción de agua para consumo humano.	E.020	Cargas.
OS.020	Plantas de tratamiento de agua para consumo humano.	E.030	Diseño sismorresistente.
OS.030	Almacenamiento de agua para consumo humano.	E.040	Vidrio.
OS.040	Estaciones de bombeo de agua para consumo humano.	E.050	Suelos y cimentaciones
OS.050	Redes de distribución de agua para consumo humano.	E.060	Concreto armado.
OS.060	Drenaje pluvial urbano.	E.070	Albañilería.

OS.070	Redes de aguas residuales.	E.080	Adobe.
OS.080	Estaciones de bombeo de aguas residuales.	E.090	Estructuras metálicas.
OS.090	Plantas de tratamiento de aguas residuales.	E.090	Estructuras metálicas.
OS.100	Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria.	IS.010	Instalaciones sanitarias paraedificaciones.
EC.010	Redes de distribución de energía eléctrica.	IS.020	Tanques sépticos.
EC.020	Redes de alumbrado público.	EM.010	Instalaciones eléctricas interiores.
EC.030	Subestaciones eléctricas.	EM.020	Instalaciones de comunicaciones.
EC.040	Redes e instalaciones de comunicaciones.	EM.030	Instalaciones de ventilación.
GE.010	Alcances y contenido.	EM.040	Instalaciones de gas.
GE.020	Componentes y características de los proyectos.	EM.050	Instalaciones de climatización.
GE.030	Calidad en la construcción.	EM.060	Chimeneas y hogares.
GE.040	Uso y mantenimiento	EM.070	Transporte mecánico.
A. 010	Condiciones generales de diseño.	EM.080	Instalaciones con energía solar.
A. 020	Vivienda.	EM.090	Instalaciones con energía eólica.
		EM.100	Instalaciones de alto riesgo.

Fuente: Elaboración propia del autor

Normas a tomar en cuenta.-De acuerdo al tipo de investigación que se realizara es bueno tomar en cuenta algunas normas que nos ayudaran a cumplir con las referencias técnicas que favorezcan al trabajo, dentro de ellos se tienen que mencionar las siguientes normas del RNE: norma E 020 relacionado al manejo de cargas, norma E 030 relacionado al diseño sismo resistente, la norma E 050 relacionado al manejo de suelos y cimentaciones, la norma E 060 relacionado al manejo de concreto armado;

Estructura sismorresistente: De acuerdo al RNE en su norma E 030 indica que se deben tomar en cuentas los siguientes aspectos importantes para indicar que una edificación es sismorresistente son: La simetría de la edificación con una buena distribución de masas; Contemplar el peso

mínimo esencialmente en los pisos más altos, Es importante escoger de manera adecuada los materiales de construcción; La resistencia de la estructura ante las cargas laterales; Debe existir una continuidad en el diseño estructural tanto en el nivel de planta como en lo vertical; Contemplar la capacidad de deformación de la estructura más allá de los valores elásticos; La deformación lateral limitada; Inclusión de líneas sucesivas de resistencia; Es importante también contemplar las condiciones de la zona de construcción; Es importante también tener en cuenta los procesos de supervisión de la estructura la cual debe ser muy minuciosa.

De acuerdo a las especificaciones antes descritas y recomendadas por la Norma E 030 todas las edificaciones en nuestro país deben ser diseñadas y construidas para resistir cualquier actividad de carácter sísmico. Así mismo tenemos otros conceptos como: **Carga:** Cuando se habla de carga se refiere a aquel elemento o cosa que dentro de su composición genera una fuerza, peso, presión sobre otra que podría estar conteniéndola o trasladándola; **Carga Viva:** Es el tipo de carga cambiante que varía con el tiempo, son ejemplos de este tipo de cargas muebles, personas, vehículos, herramientas, etc. Se denomina también, “Es aquella que, con certeza, se presentará periódicamente durante la vida útil de la estructura; son ejemplos de ésta: las personas y mobiliario en un edificio, los vehículos en un puente carretero o el empuje de aguas en una piscina”⁹; **Carga Muerta:** Cuando hablamos de carga muerta nos referimos a aquella carga que no cambia con el pasar del tiempo y no pueden ser cambiados por lo cual mantiene su mismo peso también la carga muerta es: “Es aquella que permanece indefinidamente en el elemento estructural de que se trate, por ejemplo, los pesos propios, los pisos, las decoraciones, los revestimientos, etc.”¹⁰; **Carga sísmica:** Estas acciones se identifican porque logran obtenerse valores considerables solo durante menores lapsos de tiempo; en esta clase se abarcan esencialmente al sismo y al viento.¹¹; **Proyecto**

⁹ (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

¹⁰ (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

¹¹ (Abanto Castillo, 2017, p, 33)

en edificaciones: Se entiende por proyecto de edificación al conjunto de requisitos documentarios en los cuales se definen y determinan las exigencias de carácter técnico para una edificación, en este sentido el RNE define todos los parámetros y exigencias que se deben cumplir y tomar en cuenta de manera rigurosa a fin de hacer edificaciones de manera responsable De acuerdo a la Norma E 030 del RNE indica que la presentación de un proyecto debe de incluir la siguiente información: Sistema estructural sismorresistente; Periodo fundamental de vibración en ambas direcciones; Parámetros para definir la fuerza sísmica; Fuerza cortante en la base empleada para el diseño de la estructura; El desplazamiento máximo del último nivel como el del entrepiso; La ubicación de las estaciones acelerométricas solo si estas se requieren.

También es importante nombrar lo que son: **Zonas de Peligro sísmico en el Perú:** De acuerdo a la norma E 030 nos indican las zonas sísmicas a considerar las cuales son 4:

Figura 1. Mapa zonas sísmicas



Fuente: Norma E 030, 2019, pág. 12

A cada zona le corresponde un valor que representa el factor Z que es la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con un valor de probabilidad del 10%.

Tabla 2. Factores de zona sísmica

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E 030

De acuerdo a ello podemos indicar que a la vivienda multifamiliar ubicada en la Ciudad del Cusco le corresponde el factor de valor 2.

Es importante recalcar que la **Categoría de la edificación Multifamiliar:**

Es definida de acuerdo a la norma **E 030** en el capítulo III referido a la categoría, sistema estructural y regularidades de las edificaciones en su artículo 15 sobre categoría de las edificaciones y factor de uso (U), indica que las viviendas multifamiliares se encuentran en la **categoría C** de edificaciones comunes tales como viviendas, oficinas, hoteles, etc. Cuyo factor de uso (U = 1); también se tiene la definición de **Categoría y sistema estructural:** Indicamos que la vivienda multifamiliar corresponde a la categoría C y corresponde a la zona de factor sísmico 2, la norma E 030 nos muestra en el artículo 17 y tabla N 6 que para los datos anteriores de categoría C y factor sísmico 2 le corresponde cualquier sistema estructural;

Fases en Proyectos de Construcción¹²¹²: De acuerdo al portal **OBS Business School**, da a conocer 6 fases a tomar en cuenta en procesos de construcción en edificaciones cada una de las cuales tiene un nivel de detalle a tomar en cuenta estas fases son las siguientes: **Pre- diseño.** - Las primeras fases de los proyectos de construcción son también el momento de introducir el concepto de sostenibilidad, basado en: simulación de procesos, diseño conceptual, estimaciones, estudio de viabilidad, autorizaciones y aspectos legales, opciones de financiación, definición del alcance de proyecto, determinación del lugar de la obra, evaluación de licencias, evaluación tecnológica; **Ingeniería.** - Términos en que el proyecto se desarrollará como: Ingeniería "front - end", ingeniería en

¹² (Pérez, Anna OBS Business School, 2006,)

detalle, control de costes, planificación y programación, integración de sistemas, planificación de la seguridad; **Abastecimiento.** - Una fase que hay que gestionar de forma sistemática y donde, la formación y experiencia del Project Manager juegan un papel clave para minimizar errores y optimizar las condiciones en que se ejecute la obra basada en las siguientes etapas: gestión de materiales, planificación de requisitos, búsqueda de proveedores, evaluación de ofertas, control de calidad de proveedores, facturación, expedición, logística, funciones de almacén, gestión de contratos; **Construcción.** - Es cuando se produce la ejecución de los trabajos. Ésta es una de las fases de los proyectos de construcción donde más metódico hay que ser con el cumplimiento de la normativa, en especial en lo concerniente a la regulación aplicable en materia de seguridad y salud, de acuerdo a las siguientes etapas: gestión de la construcción, selección de personal, formación y capacitación de personal, abastecimiento de equipos y herramientas, recepción y control de materiales, control de los trabajos, control de calidad, aplicación de lo dispuesto en la programación de seguridad y salud, gestión de contratos; **Puesta en marcha:** Es la fase dedicada a comprobar que todo lo planeado funciona de acuerdo al diseño y está operativo, presenta las siguientes etapas: commissioning, soporte de ingeniería, control de sistemas, validación; **Operaciones y mantenimiento:** Las fases de proyectos de construcción no terminan con la entrega al cliente, sino que, muchas veces, es preciso continuar prestando servicios como los que se describen a continuación: programa de mejora del rendimiento, gestión de instalaciones, mantenimiento y operaciones en planta; **Estructura:** Para poder entender mejor el tema de investigación hay que detenerse a entender ciertos conceptos como el de una estructura desde el punto de vista de la ingeniería civil. Una estructura se refiere al conjunto de partes conectadas cuyo fin es soportar cargas, como ejemplo de ello se tienen los edificios, puentes, torres, todos estos orientados al cumplimiento de una función, también es importante que para su diseño se consideren algunos aspectos como la seguridad, estética y facilidad de mantenimiento, también es importante tener en cuenta los aspectos económicos y ambientales, “Este

proceso de diseño es tanto creativo como técnico y requiere un conocimiento fundamental de las propiedades de los materiales y de las leyes de la mecánica que rigen la respuesta de los materiales”¹³;

Análisis Estructural: De acuerdo a referencias bibliográficas en análisis estructural podemos definirla como, “El análisis estructural consiste en la determinación del efecto de las acciones sobre La totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar las comprobaciones de los Estados Límites Últimos y de Servicio. Dicho análisis debe realizarse, para las diferentes situaciones del proyecto, mediante modelos estructurales adecuados que consideren la influencia de todas las variables que sean relevantes.”¹⁴

Es importante indicar que cuando se habla de análisis estructural este debe dar resultados completos tomando en cuenta ciertos factores como, el comportamiento de las reacciones y sus desplazamientos, los resultados también deben ser a nivel de secciones tomando en cuenta factores como el comportamiento de los esfuerzos, comportamiento de las curvaturas, las elongaciones. Con el análisis estructural también se debe determinar el comportamiento de otros factores importantes como el de las tensiones y sus deformaciones de zonas particulares en donde la hipótesis de resistencia de materiales no demuestre aplicabilidad como las de cargas concentradas, nudos, y donde existan cambios bruscos de sección entre otros. El análisis estructural permitirá brindar modelos e hipótesis que permitan cálculos adecuados para verificar el comportamiento ideal de las estructuras, así como la exactitud necesaria que garantice que no se exceda de los valores permitidos; **Diseño estructural:** Seguidamente daremos los conceptos que hay detrás del trabajo de hacer un diseño estructural, proceso en el cual se pueden distinguir las siguientes etapas¹⁵ formulación de objetivos y limitaciones, elaboración de primeros bocetos o anteproyectos, cumplir con determinadas exigencias estructurales que pueden traducirse en cambios formales, de entre las diferentes

¹³ (Hibbeler, Análisis estructural, 2012, pág. 3)

¹⁴ (Ojeda Ruiz, Análisis Estructural, 2020)

¹⁵ (Ojeda Ruiz, Análisis Estructural, 2020)

alternativas y en consideración a parámetros estéticos, económicos, tiempo de ejecución y otros se escogerá una opción. La estructura adoptada deberá someterse a procesos de análisis y diseño estructural, aquí cabe insistir en el hecho de que el análisis está basado en modelos matemáticos. Comunicación de Resultados a base de planos, especificaciones, memoria, etc.;

Elementos de carácter estructural: Cuando se hace un proyecto en edificaciones, tenemos que pensar dentro de lo que es el análisis y diseño los elementos estructurales que formarán parte del mismo y que le darán la estabilidad y rigidez a la estructura y el papel que juega cada uno de ellos uno con respecto al otro, es por eso que tenemos que saber que elementos estructurales existen dentro de un proyecto en edificaciones para este caso en el aspecto estructural y estos los nombramos seguidamente:

De acuerdo a su forma: Dentro de esta categoría podemos indicar que existen dos: Elementos de tipo Lineal: “tienen una dimensión preponderante frente a las otras dimensiones”¹⁶ y entre los cuales se tienen las columnas y las vigas. Elementos de tipo Superficial: Donde “una dimensión es despreciable frente a las otras dos”¹⁷, entre los que podemos indicar los diafragmas y las losas;

De acuerdo al tipo de sollicitación: Dentro de esta categoría de funcionalidad se pueden identificar los siguientes elementos: **La Viga:** “Elemento lineal sollicitado primordialmente por cargas perpendiculares a su eje, sus esfuerzos correspondientes son deflexión. Generalmente tienen posición horizontal”¹⁸ (Figura 1).

Figura 2. Viga



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

La Columna: “Elemento lineal sollicitado primordialmente por cargas de compresión en su propio eje. Generalmente tienen posición vertical”¹⁹.

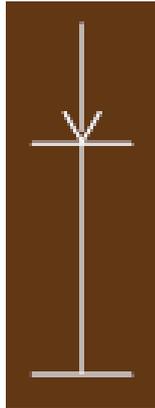
¹⁶ (Rodas Andrade, 2014, pág. 20)

¹⁷ (Rodas Andrade, 2014, pág. 20)

¹⁸ (Rodas Andrade, 2014, pág. 20)

¹⁹ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

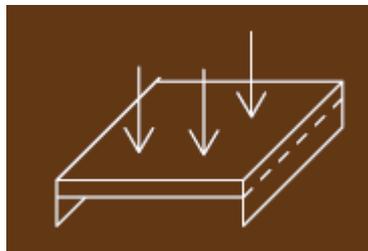
Figura 3. Columna



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

El Tensor o Tirante: “Elemento lineal solicitado primordialmente por cargas de tracción, Utilizamos el término ‘primordialmente’ por cuanto existen elementos que también participan de otro tipo de sollicitación, por ejemplo, la columna de un pórtico posiblemente estará también sujeta a esfuerzos de flexión.”²⁰; **La Losa:** “Elemento superficial sometido primordialmente a sollicitaciones perpendiculares a su plano medio. Generalmente tiene posición horizontal”²¹ (Figura. 3)

Figura 4. Losa



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

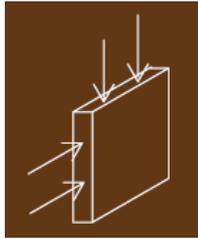
El Diafragma:” Elemento superficial sometido primordialmente a esfuerzos en su plano medio (Diafragmas antisísmicos o Muros de corte). Generalmente son verticales”²² (Figura. 4)

²⁰ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²¹ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²² (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

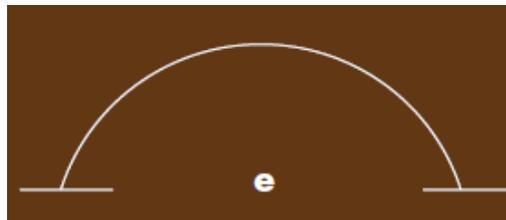
Figura 5. Diafragma



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

El Arco: “elemento lineal curvo y si su directriz es la línea de presiones estará solicitado fundamentalmente por esfuerzos de compresión en su propio eje”²³. (Figura.5)

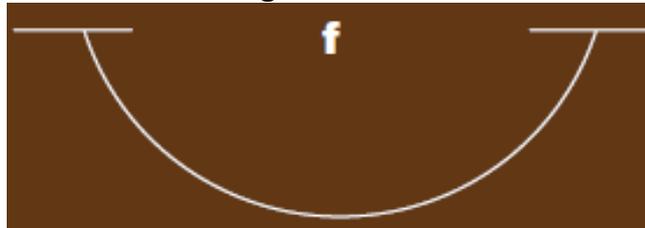
Figura 6. Arco



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

El Cable: “Elemento lineal curvo, sujeto exclusivamente a esfuerzos de tracción”²⁴ (Figura.6)

Figura 7. Cable



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

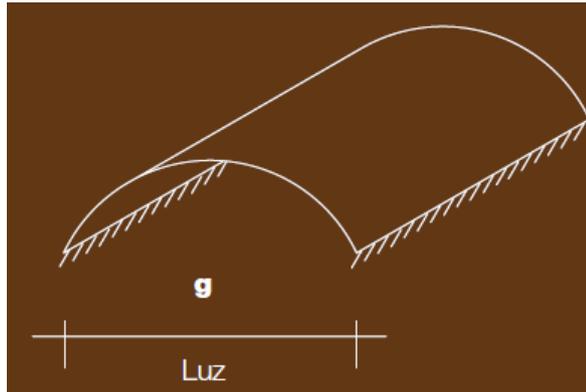
La Bóveda: “Sucesión de arcos que si están bien diseñados seguirán la línea de presiones y estarán sujetos a esfuerzos de compresión”²⁵(Figura. 7).

²³ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²⁴ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²⁵ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

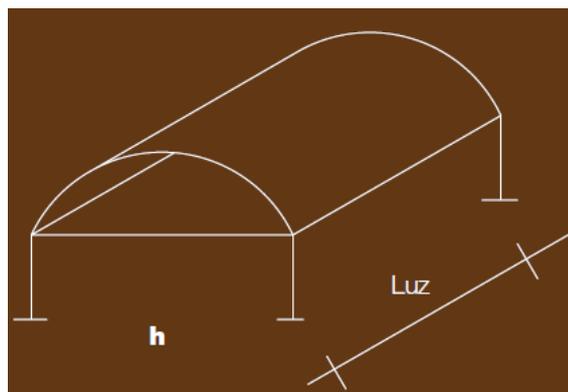
Figura 8. Bóveda



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

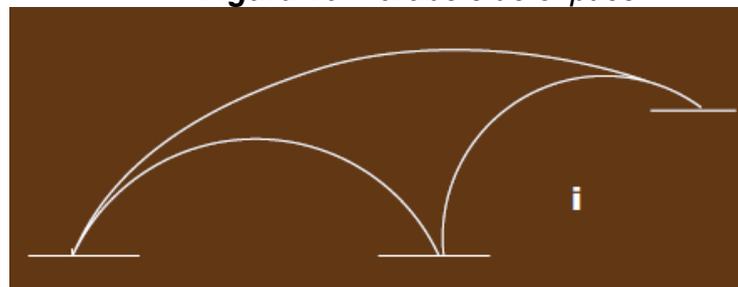
La Cadena: “Elemento lineal, generalmente de hormigón, armado con apoyo continuo”²⁶; **Las Cascaras:** “Las hay de simple y doble curvatura, son elementos superficiales curvos que por su diseño están solicitados fundamentalmente por esfuerzos directos de compresión, tracción y corte.”²⁷ (Figuras 8).

Figura 9. Cascara



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

Figura 10. Paraboloide elíptico



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 22

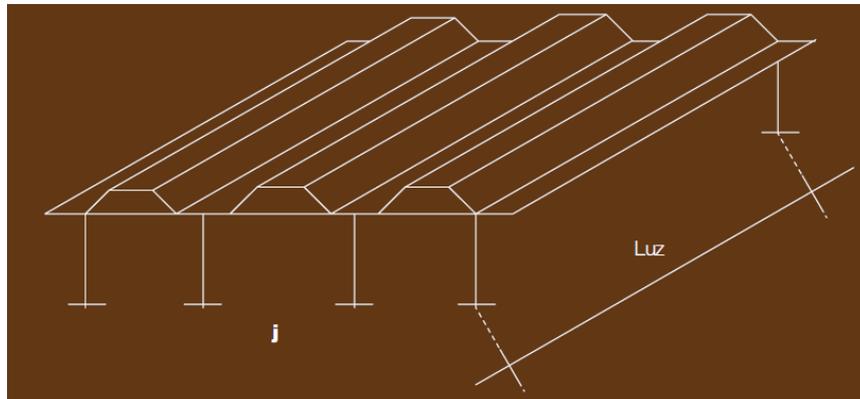
Las Láminas Plegadas: “elementos superficiales de directriz quebrada,

²⁶ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²⁷ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

por su diseño están sometidos al mismo régimen de esfuerzos que las cáscaras.”²⁸ (Figura. 10).

Figura 11. Cubierta prismática



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 23

Las Celosías: “estructuras compuestas de elementos lineales dispuestos en forma de triángulos y, como tales, indeformables. Dada su forma, sus diferentes elementos están sometidos a esfuerzos directos de compresión o de tracción. Las celosías pueden ser planas o espaciales.”²⁹ (Figura 11)

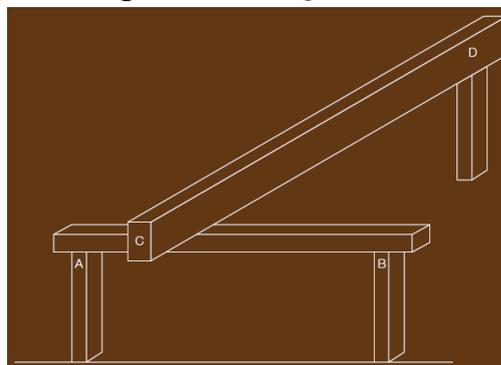
Figura 12. Celosías



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 23

Tipos de cargas solicitadas. - Estas se clasifican en base al área donde actúan, y estas son: **Carga de tipo puntual:** Son denominadas también concentradas su punto de acción es sobre áreas pequeñas (Figura 12).

Figura 13. Carga Puntual



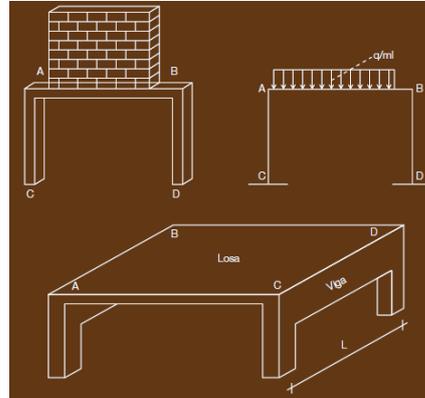
Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 26

²⁸ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

²⁹ (Rodas Andrade, 2014, pág. 21)

Carga de tipo lineal. - También denominadas distribuidas, son aplicables sobre superficies donde una de las dimensiones es de valor no relevante como se aprecia en la (Figura 13).

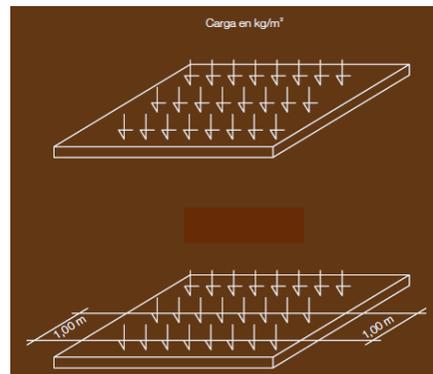
Figura 14. Carga lineal



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 26

Carga de tipo superficial. – Este tipo de carga sobre superficies donde las dimensiones que presenta se pueden comparar entre ellas como se aprecia en la (Figura 14)

Figura 15. Carga Superficial



Fuente: Rodas Andrade, 2014, pág. 26

Clasificación de la carga en función de su tiempo de permanencia:

Tipo de carga muerta. - Es aquella carga que “permanece indefinidamente en el elemento estructural de que se trate”³⁰;

Tipo de carga viva: Es el tipo de carga, “se presenta periódicamente durante la vida útil de la estructura”³¹;

Tipo de carga accidental. – Es el tipo de carga que “eventualmente puede presentarse durante la vida útil de la

³⁰ (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

³¹ (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

estructura”³²; **Otros tipos de solicitudes.** – “Nos referimos aquí a los esfuerzos que responden a cambios de temperatura o retracción de fraguado”³³; **MEF (Método de elementos finitos).** - Se entiende por método de elementos finitos a aquel conjunto de procedimientos matemáticos que permiten resolver problemas en el ámbito de la ingeniería civil y otras especialidades donde se requiera de análisis de estructuras planas, curvas, en dos o tres dimensiones o también de estructuras de tipo viga o barras este método permite el análisis y diseño de estructuras continuas que guarden un nivel de complejidad; **SOFTWARE.** - Se entiende por software al elemento ligero de un sistema informático, es la parte lógica de un equipo de cómputo el alma de los ordenadores, existen diferentes tipos de softwares empezando por el sistema operativo que es el que permite trabajar a las computadoras, así como softwares que apoyan en diferentes tareas y especialidades hoy en día; **Software especializado.** – Un software es especializado cuando es elaborado para tareas específicas dentro de especialidades particulares como para la educación, ciencias de la salud o como para este caso ingenierías; **Software de elementos finitos.** – Esta categoría de software especial tiene implementados diferentes métodos de cálculo para estructuras complejas y que generalmente se encuentran en el campo de la ingeniería dichos métodos especiales de cálculo numérico permiten la resolución de elementos continuos para lo cual tiene implementado algoritmos de solución basados en MEF (Método de elementos finitos) por medio de los cuales los softwares hacen análisis, diseño modelamiento y simulación de las estructuras complejas brindando rapidez y efectividad en los cálculos, dentro de estos tipos de software estructural basados en elementos finitos se tienen en el mercado una gran variedad dentro de los cuales podemos nombrar a los más usuales y comerciales: **Revit:** el cual es especializado en metodología BIM (Building Information Modeling); **AutoCAD:** un programa perteneciente a la empresa Autodesk especializado en el diseño y elaboración de dibujos en 2D y 3D, así mismo tiene módulos para

³² (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

³³ (Rodas Andrade, 2014, pág. 29)

programación en lenguajes de programación con VBA y VisualLisp;

Cypecad: Por medio de este tipo de software se pueden hacer operaciones de cálculo y de dimensionamiento sobre las estructuras;

Sap2000: este software tiene la característica de que su plataforma de trabajo o interfaz esta lista y preparada para trabajos estructurales en 3D sobre los que se puede realizar cálculos de dimensionamiento de gran variedad de estructuras en ingeniería;

Autodesk Robot: este otro software permite realizar análisis sobre estructuras que pueden estar integradas a BIM, puede interactuar con el programa Revit;

TeklaStructures: este software permite modelar estructuras sin previamente dimensionarlas, analiza casi todo tipo de estructuras;

Robot Structural Analysis: es un software de tipo profesional analiza las cargas estructurales, así como también analiza los datos y su manejo en la plataforma BIM;

Etabs: este software de naturaleza versátil, diseñado para personas que recién estén incursionando dentro del campo estructural especialmente académico, su fortaleza es el análisis, diseño, modelamiento y simulación de estructuras verticales o por niveles;

Staad Pro. - Trabaja en el análisis y diseño de estructuras de cualquier tipo de tamaño como también simplifica el flujo de datos para plataformas BIM;

Tricalc – Arktec: el cual trabaja sobre estructuras de cualquier material mediante el manejo de plataformas BIM, permite modelar sobre cualquier tipo de plano, permite reducir errores de medición y dimensionamiento en el cálculo de estructuras.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: Nuestro trabajo de investigación está dentro del tipo de **investigación aplicada** cuyas características están orientadas al uso de productos y avances tecnológicos, para este caso softwares especializados basados en elementos finitos por medio de los cuales se obtendrán resultados como producto de la manipulación de los mismos que nos permitirán tomar acciones de carácter sísmico estructural antes de poner en marcha cualquier edificación de vivienda multifamiliar. “Esta investigación es muy adecuada para la investigación aplicada (incluyendo la que tiene como justificación adelantos y productos tecnológicos) y para las investigaciones de las que se derivan acciones.”³⁴

Este tipo de investigación denominada aplicada permite resolver problemas producto de procesos productivos con el fin de mejorar, perfeccionar procesos productivos con en el caso de diseño estructural, sobre la cual se puede formular una hipótesis, se la denomina también tecnológica ya que el producto que se obtiene no es necesariamente conocimiento puro, sino de tipo tecnológico como en el caso de nuestra investigación se obtendrá un tipo de diseño sísmico estructural producto de la simulación de una vivienda multifamiliar, los resultados serán tecnológicos.

Diseño de Investigación: Con respecto al diseño de nuestra investigación la categorizamos dentro del **diseño experimental** dentro de ello “administra intencionalmente estímulos tratamientos o intervenciones”³⁵, en nuestro proceso de investigaciones **se manipulará los softwares** especializados en elementos finitos sobre el **objeto de estudio** que es la vivienda multifamiliar, ya que representan nuestra variable independiente a manipular para analizar su comportamiento sísmico estructural, también corresponde al **subtipo cuasiexperimental**, “Los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos puros

³⁴ (Hernandez, 2014, pág 42)

³⁵ (Hernandez, 2018, pág 149)

en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi experimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento”³⁶

Nivel de Investigación: Con respecto al nivel de investigación, “La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos”³⁷, por lo cual nuestra investigación está en el nivel **explicativo correlacional** ya que nos permitirán establecer un cierto nivel de relación comparativa entre dos o más elementos o variables, en nuestro caso los softwares y sus efectos en nuestras variables dependientes fruto del análisis comparativo sísmico estructural, sobre nuestro objeto de estudio que es la vivienda multifamiliar.

Enfoque de Investigación: El enfoque de nuestra investigación está enmarcada dentro del enfoque **cuantitativo** ya que por medio del mismo se buscará tener objetividad en todo el proceso de investigación, ya que todos los procesos de medición no deben ser alterados por el investigador, asimismo como consecuencia de los estudios cuantitativos se quiere describir cómo explicar los fenómenos investigados a fin de buscar relaciones causales entre las variables dependientes para nuestro caso las relacionadas con los cálculos sísmico estructurales derivados de la manipulación de los softwares de elementos finitos sobre nuestro objeto de estudio que es la vivienda multifamiliar.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Softwares de elementos finitos

Definición conceptual. - Es el software capaz de aplicar métodos de cálculo matemático sobre elementos de naturaleza continua y que son muy usuales en el campo de la ingeniería a través del MEF (método de elementos finitos) que son adecuados para dar solución a estructuras complejas.

Definición operacional. - Por medio de estas herramientas de software se podrá analizar, diseñar, modelar y simular estructuras sismo resistentes

³⁶ (Hernández, 2018, pág. 173)

³⁷ (Hernández, 2018, pág. 173)

ya que tienen implementados métodos matemáticos complejos denominados (MEF) ideales para trabajos en el campo de la ingeniería civil.

Indicadores. – Tenemos los siguientes indicadores que permitirán medir esta variable de acuerdo a las siguientes dimensiones:

Dimensión de Simulación Sismo terrestre con los siguientes indicadores, (Límite de deformación, Características de Material, Diseño utilizado, Norma Técnica)

Dimensión de Manejo de Plantillas con los siguientes indicadores, (Malla, Cuadrícula, Numero de Niveles, Secciones, Elementos estructurales)

Dimensión de Diseño de Estructuras con los siguientes indicadores, (Control de plantas, Control de Estructuras, Manejo de Materiales, Herramientas de precisión)

Dimensión de Visualización de Modelos con los siguientes indicadores, (Modelo analítico, Modelo Físico)

Dimensión de Plantas y elevaciones con los siguientes indicadores, (Control de Vistas 2D y 3D)

Dimensionamiento de Estructuras con los siguientes indicadores, (Estructuras Metálicas, Estructuras de Concreto, Vigas, Muros, Elementos estructurales)

Escala de Medición. - Las características de los indicadores que tenemos de acuerdo a las dimensiones de nuestra variable independiente denominada Softwares de elementos finitos, son de tipo cuantitativo es decir representan un valor numérico, es por ello que el control de la escala de medición será de razón, "Llamadas también escalas de cocientes. Estas escalas tienen las propiedades de las ordinales y de intervalo (intervalos iguales entre categorías y aplicación de las operaciones aritméticas básicas y sus derivaciones), pero, además, el cero es real, es absoluto, no es arbitrario."³⁸³⁸

Variable Dependiente: Análisis comparativo sísmico estructural

³⁸ (PADILLA, Jorge Coronado, 2007, pág. 119)

Definición conceptual. - Es el proceso de observación analítica que se realizara sobre elementos con características sísmico estructurales susceptibles de ser comparados con el fin de encontrar diferencias y similitudes haciendo uso de métodos matemáticos de cálculo complejo.

Definición operacional. - Es el proceso comparativo que se realizara por medio de la observación sobre los diferentes resultados que se obtengan en las diferentes etapas en los procesos de análisis diseño modelamiento y simulación del objeto de estudio denominado vivienda multifamiliar.

Indicadores. - Tenemos los siguientes indicadores que nos permitirán medir esta variable de acuerdo a las siguientes dimensiones:

Dimensión de Análisis Sísmico con los siguientes indicadores, (Parámetros del análisis sísmico, Análisis estático, Análisis Dinámico).

Dimensión de Análisis Estructural con los siguientes indicadores, (Carga Viva, Carga Muerta, Dimensionamiento de elementos estructurales).

Escala de Medición. - Las características de los indicadores que tenemos de acuerdo a las dimensiones de nuestra variable dependiente denominada Análisis comparativo sísmico estructural son de tipo cuantitativo es decir representan un valor numérico, es por ello que el control de la escala de medición será de razón, “Llamadas también escalas de cocientes. Estas escalas tienen las propiedades de las ordinales y de intervalo (intervalos iguales entre categorías y aplicación de las operaciones aritméticas básicas y sus derivaciones), pero, además, el cero es real, es absoluto, no es arbitrario.”³⁹

3.3. Población, muestra y muestreo

Población. - La población a tener en cuenta se encuentra representada por todas las edificaciones multifamiliares de la urbanización Santa Rosa del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco

Muestra. – Entendiendo que una muestra representa un subconjunto de la población, también se le identifica como el número de elementos que forman parte de la muestra representativa de lo que es la población, esta

³⁹ (PADILLA, Jorge Coronado, 2007, pág. 119)

muestra se dice que es representativa cuando tiene un nivel de confianza y margen de error en su identificación, de todo ello los resultados se pueden inferir a la población.

Las ventajas que trae consigo el identificar la muestra de manera correcta son las siguientes: el que permite disminuir los costos en diferentes recursos ya sean estos económicos, de mano de obra, o de uso de materiales; también trae como ventaja el que se pueda recolectar los datos en menor tiempo; así también que se realicen estudios sobre poblaciones grandes. Dentro de los tipos de poblaciones se tiene la población finita y la población infinita, la primera formada por un número cuantificable de elementos es decir limitado para nuestro caso el número de viviendas multifamiliares de 4 niveles que existen en la Urbanización Santa Rosa del distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco; de otro lado para el tipo de población infinita sería la que tiene un número extremadamente grande de elementos donde es imposible contabilizar la cantidad de elementos que posee considerándolo de tipo ilimitado.

Para cada uno de los tipos de población existe un tipo de fórmula que permitirá identificar el tamaño de muestra que se visualiza seguidamente:

Población Finita	Población Infinita
$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) * Z^2 * p * q}$	$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$

Seguidamente se identifican los parámetros que identifican a cada una de estas dos fórmulas:

Donde:

- n = Tamaño de la muestra que se busca
- N = Es el tamaño de la población o también denominado universo
- Z = Representa el parámetro estadístico y que está sujeto al nivel de Confianza (NC).
- e = Viene a ser el error de estimación máximo que se puede aceptar.
- p = Este parámetro representa la probabilidad de que pueda ocurrir el evento en estudio también de nominado (éxito).

q = Este parámetro también representado por (1-p), representa la probabilidad de que no se dé o no ocurra el evento en estudio

Nuestra muestra u objeto de estudio estará representado edificios multifamiliar de 4 niveles que se desconoce en todo el distrito de san Sebastián o es complicado cuantificara nivel de viviendas multifamiliares que cumplen esa característica, para el cálculo del tamaño de nuestra utilizaremos la siguiente formula estadística ya que nuestra población es una población infinita, es decir no se conoce el tamaño de la población:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

El Z calculado es un parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC), y este nivel de confianza vendría a ser el grado de certeza o la probabilidad expresado en porcentaje con el que se pretende realizar la estimación de un parámetro a través de un estadístico muestral este Z está asociado a una distribución normal, el nivel de confianza lo coloca el investigador. Cabe destacar también que existen unas tablas estadísticas que asocian un nivel de confianza a un valor de Z como el que se muestra seguidamente:

Tabla 3: niveles de confianza

Nivel de Confianza	Z
99.7 %	3
99 %	2.58
98 %	2.33
96 %	2.05
95 %	1.96
90 %	1.645
80 %	1.28
50 %	0.674

Fuente: Diseño propio

Por lo tanto, como el valor de Z lo coloca el investigador sabremos el valor de Z para utilizarlo en la formula anterior para tamaño de muestra finito, por lo tanto, asumiremos que se tendrá un nivel de confianza del 99% por lo cual nuestro $Z = 1.96$ para un nivel de confianza del 95%.

De otro lado el valor de “e” o margen de error máximo aceptado o cantidad de error de muestreo aleatorio resultado de la elaboración de una investigación, así mismo este parámetro también lo puede colocar el investigador de acuerdo al siguiente criterio de certeza que uno quiera para esta investigación.

El valor de “p” será la probabilidad de que ocurra el evento que se está estudiando en esta investigación es decir que se dé el éxito o proporción esperada, de otro lado el valor de “q = (1-p)” viene a ser la probabilidad de que no ocurra el evento que estoy estudiando también denominada probabilidad de fracaso, en muchas investigaciones no se conoce el valor de “p”, por lo tanto, se debe dar el mismo peso que al valor de “q”, por lo cual nuestros valores serán: $p = 50\%$ y $q = 50\%$

Muestreo. - El tipo de diseño muestral es no probabilístico denominado también por conveniencia ya que seleccionamos un elemento accesible y de rápida investigación, para nuestro caso una vivienda multifamiliar la cual posee las siguientes características: área: 220 m², perímetro: 64 m, numero de niveles: 4 y azotea, altura total: 12m. uso: vivienda multifamiliar
Unidad de análisis. – Se manejará por unidad, ya que solo se trabajará con una vivienda multifamiliar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de investigación. – Para el presente trabajo de investigación se usarán diferentes medios de recolección de datos usando técnicas como la **observación directa, análisis de documentos técnicos referentes** al objeto de estudio, que para nuestro caso es la vivienda multifamiliar que será manipulada bajo diferentes parámetros de tres softwares de elementos finitos en diferentes situaciones particulares.

Instrumentos de recolección de datos. – Los instrumentos de recolección de datos que se necesitaran y usaran para el presente trabajo de investigación van orientados a buscar la precisión en el manejo de datos

y la búsqueda exacta de los resultados, es así que se usaran instrumentos documentales como planos de diseño de la vivienda multifamiliar, documentos normativos técnicos como las Normas E.020, E.030, E.050, E.060, fichas técnicas de laboratorio de análisis de datos, los softwares de elementos finitos que nos brindaran diferentes resultados.

Validez. - La validez de nuestra investigación estará respaldada por 3 profesionales de experiencia reconocida en la línea sísmico estructural, los cuales verificarán el correcto uso de las normas, planos, documentos e instrumentos técnicos que permitan encaminar el trabajo con criterio profesional en la búsqueda de nuestro objetivo de investigación. (ver anexo 3)

Confiabilidad. - La confiabilidad del presente trabajo estará dada por el uso correcto de las normas técnicas E.020, E.030, E.050, E.060, de los instrumentos documentales, planos y fichas de análisis de laboratorio y el reconocimiento de los tres softwares de elementos finitos aplicados al análisis comparativo sísmico estructural que se usaran en la investigación que será revisada por los 3 profesionales de línea sísmico estructural.

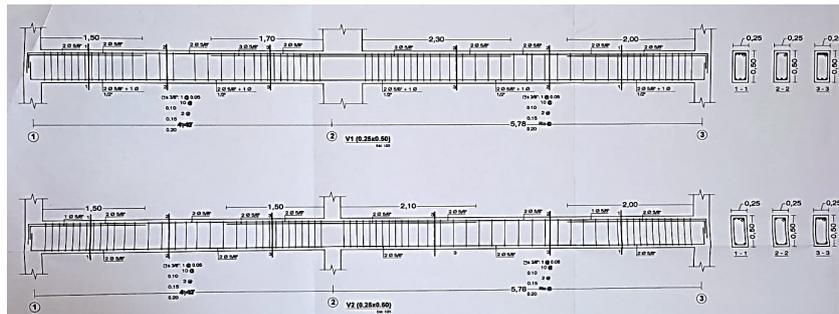
3.5. Procedimientos: El procedimiento para el trabajo de investigación constará de una serie de pasos los cuales detallamos seguidamente: Partimos del proyecto de una vivienda multifamiliar de 6 niveles, sobre la cual se comenzara a realizar la recolección de datos e información referida al proyecto a ser evaluad, dentro de ello se ubicara los planos del proyecto de vivienda multifamiliar como los planos estructurales como de arquitectura así también la documentación referida a los estudios de mecánica de suelos, revisión de las normas referidas al proyecto, revisión de ficha de laboratorio de la capacidad portante del suelo, el detalle de los planos de los elementos estructurales y que estén de acuerdo a normas técnicas vigentes en nuestro país, seguidamente se realizara el modelamiento y análisis estructural de proyecto con los tres softwares de elementos finitos, obtención de resultados sísmico estructurales con los softwares, elaboración del análisis comparativo sísmico estructural, elaboración de las conclusiones y recomendaciones.

1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para poder realizar las entradas de datos de manera óptima se logró obtener información acerca de los diseños de la vivienda multifamiliar dentro de los cuales se muestran los siguientes diseños de elementos estructurales.

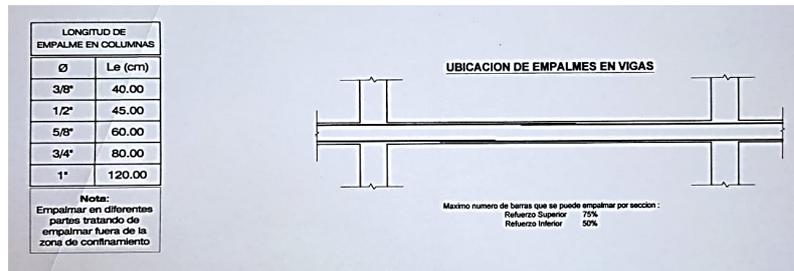
a. Detalle de columnas vigas y escaleras

Figura 16: Diseño de vigas.



Fuente: Planos del propietario

Figura 17: Ubicación de empalmes de vigas



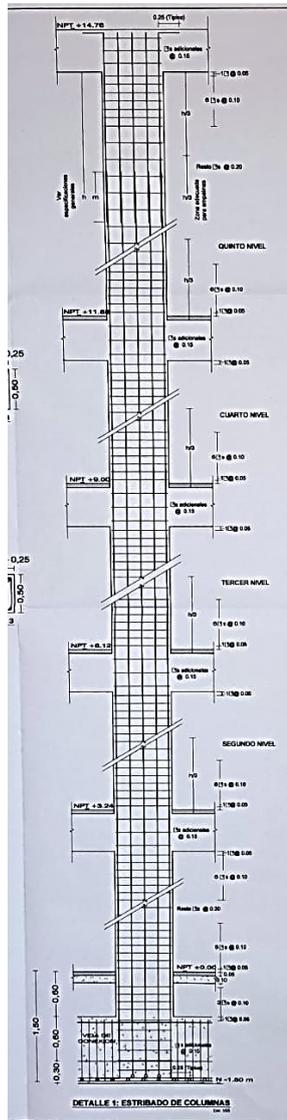
Fuente: Planos del propietario

Figura 18: Especificaciones Técnicas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
CONCRETO	
COLUMNAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
RESISTENCIA DEL ACERO	
	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
RESISTENCIA DEL TERRENO	
	$q_{adm} = 1.20 \text{ kg/cm}^2$
	Profundidad de cimentación $D_f = 1.60$ metros (Verificar en obra)
RECUBRIMIENTOS	
COLUMNAS	4 cm
VIGAS	3 cm
LOSA Y ESCALERA	2 cm
LONGITUDES MIN. DE ANCLAJE Y EMPALME	
DIAMETROS	esp. 0.30 0.50 0.70
refuerzo (+)	0.30 0.40 0.50
refuerzo (-)	0.30 0.40 0.50
LONGITUD DE ESTRIBO	
d Ø1/4 = Anclaje	7 cm
d Ø3/8 = Anclaje	10 cm

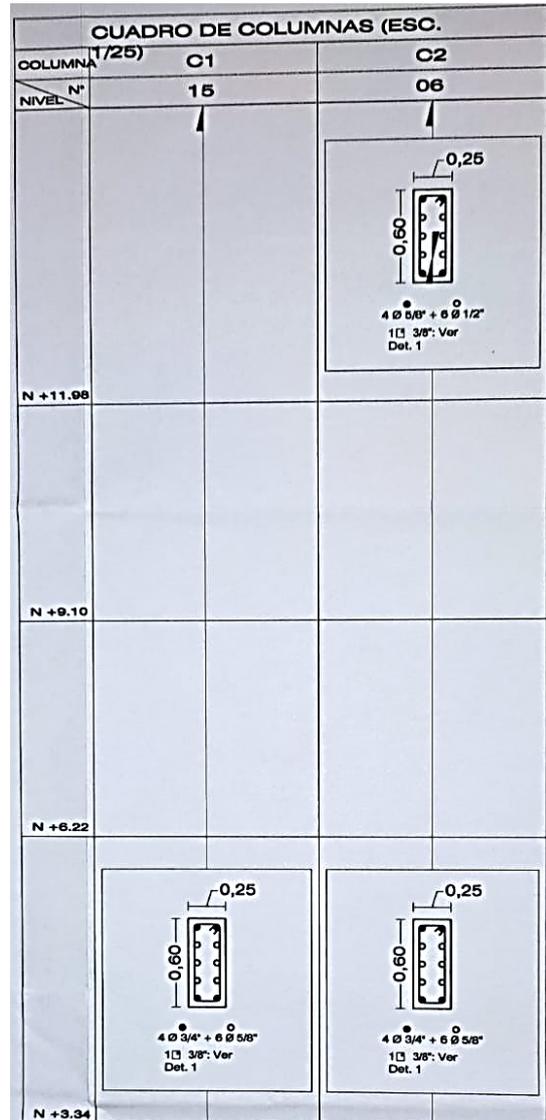
Fuente: Planos del propietario

Figura 19: Estribado de columnas



Fuente: Planos del propietario

Figura 20: Cuadro de Columnas



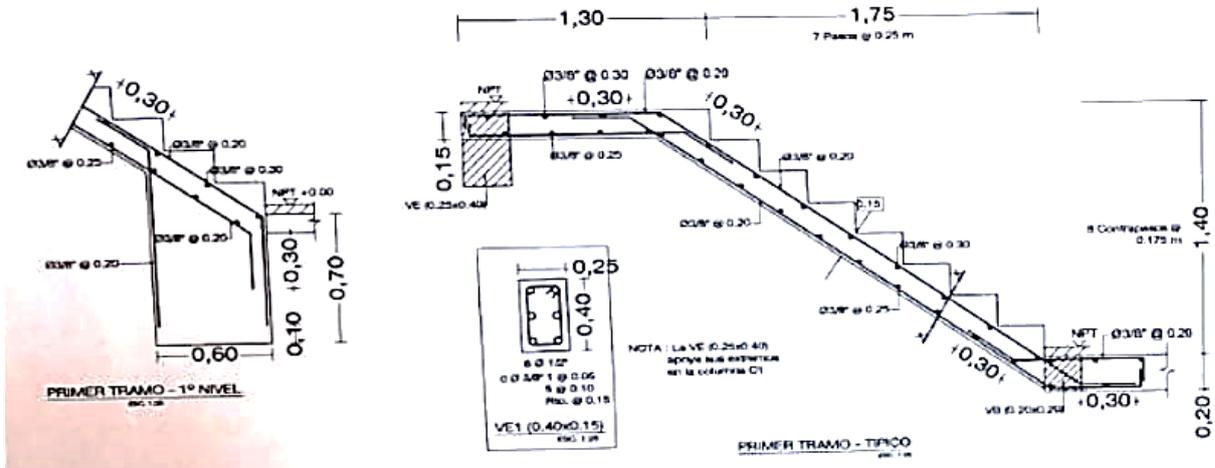
Fuente: Planos del propietario

Figura 21: Vigas con refuerzo corrido



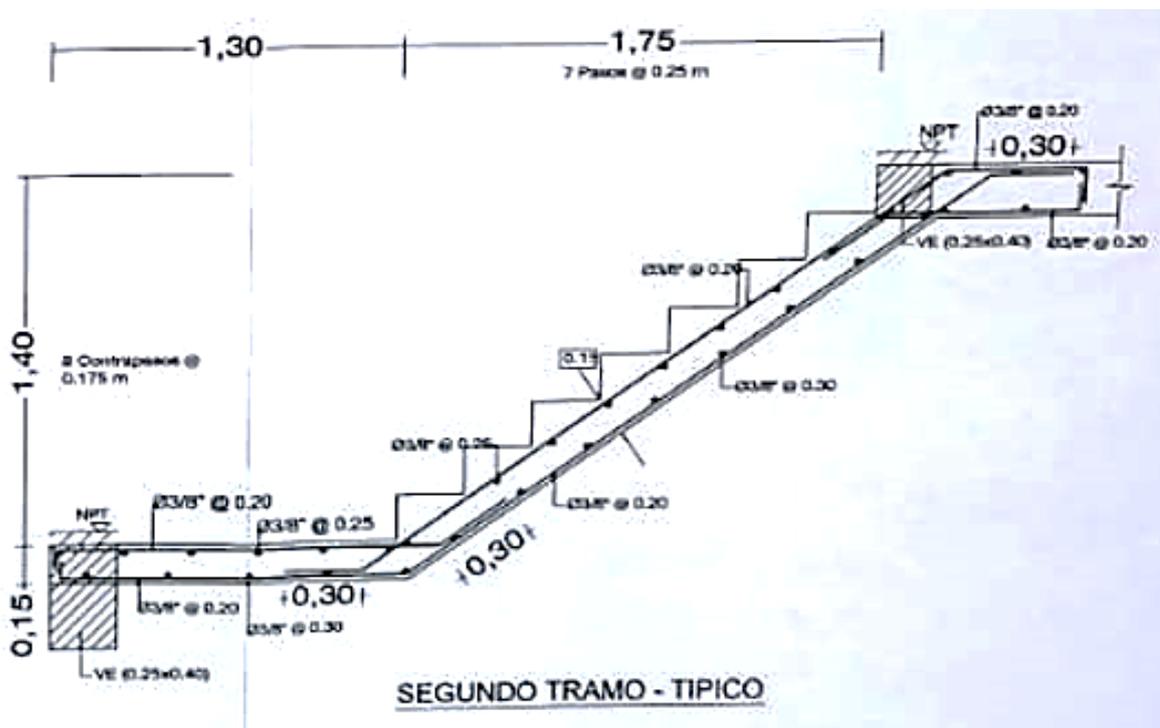
Fuente: Planos del propietario

Figura 22: Diseño de escaleras primer tramo



Fuente: Planos del propietario

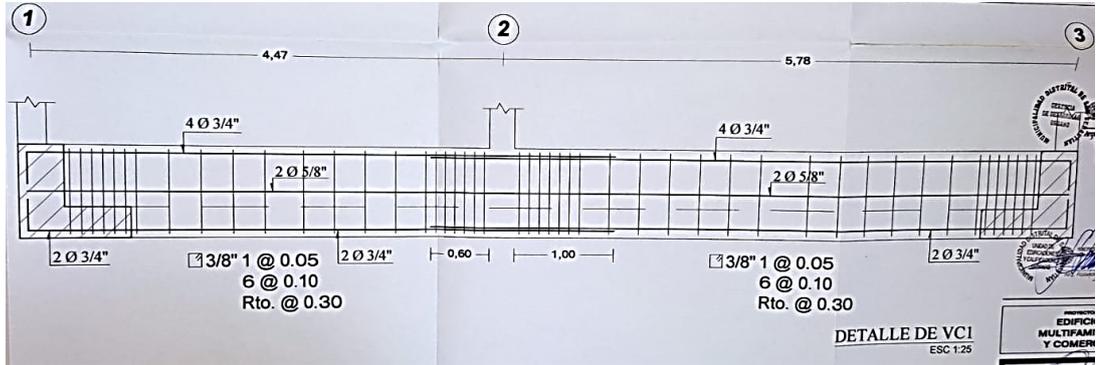
Figura 23: Diseño de escaleras segundo tramo



Fuente: Planos del propietario

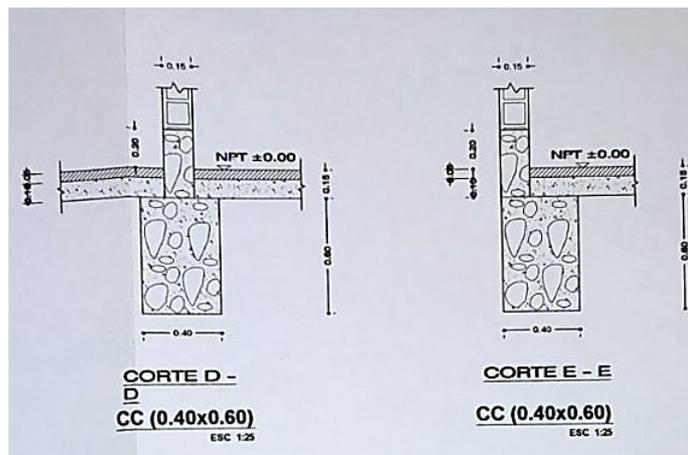
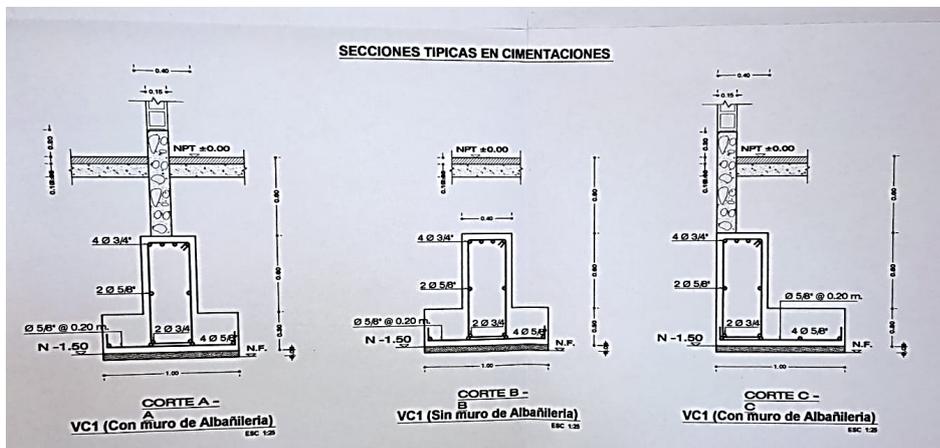
b. DETALLE DE CIMENTACIONES ZAPATAS Y DETALLES

Figura 24: Vigas de conexión



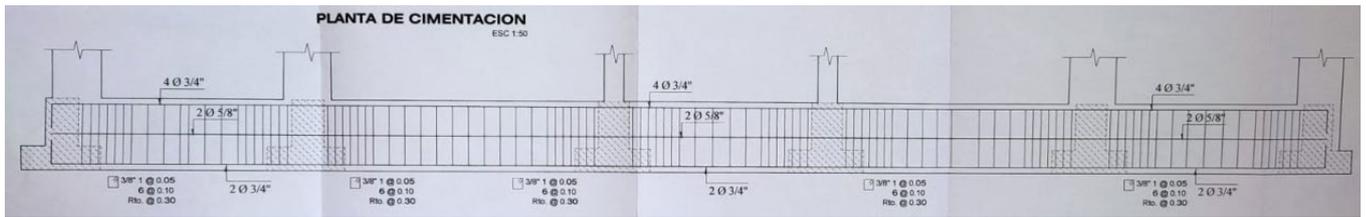
Fuente: Planos del propietario

Figura 25: Secciones típicas de cimentaciones



Fuente: Planos del propietario

Figura 26: Planta de cimentación



Fuente: Plano del propietario

c. ANALISIS DE CARGA MUERTA Y CARGA VIVA

Dentro de los elementos de trabajo para el modelamiento de la estructura de vivienda multifamiliar de 4 pisos se necesita del cálculo de la carga muerta y carga viva de la edificación, para lo cual se presenta la siguiente tabla con los cálculos de las cargas de sus elementos estructurales que la edificación presenta:

Tabla 4: metrados por pisos de la edificación

NIVEL	Area total del nivel m ²	CV kg/m ²	Peso de la Losa kg/m ²	METRADO DE CARGAS PISO POR PISO																							
				Dimensiones columnas / muro									Dimensiones vigas												CM kg	CV kg	Wtotal t Nivel
				TIPO I			TIPO II			TIPO III			Vigas transversales				vigas longitudinales										
				altura																							
cm	b	h	n	b	h	n	b	h	n	longitud	b	h	longitud	b	h	longitud	b	h	longitud	b	h						
4	181.7	200	300	288	25	60	18				5517	25	50				4168	25	50					94153.7	36340	130.49	
3	181.7	200	300	288	25	60	18				5517	25	50				4168	25	50					94153.7	36340	130.49	
2	181.7	200	300	288	25	60	18				5517	25	50				4168	25	50					94153.7	36340	130.49	
1	164.4	200	300	324	25	60	18				5517	25	50				4168	25	50					91296.5	32880	124.18	

Fuente: Diseño propio

2. ENTRADAS Y VALIDACION DE DATOS EN SOFTWARE

a. ENTRADAS Y VALIDACION CON SAP2000

De acuerdo a los datos sobre las dimensiones de diseño de la estructura se procede a ingresar dichas especificaciones sobre los ejes X, Y, Z, indicando el ancho largo y numero de niveles de la edificación para que sean validados por el software Sap2000.

Figura 27: Ingreso de dimensiones de la estructura

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	4.47	Primary	Yes	End	
C	10.22	Primary	Yes	End	

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	3	Primary	Yes	Start	
3	6.88	Primary	Yes	Start	
4	9.03	Primary	Yes	Start	
5	15.08	Primary	Yes	Start	
6	16.08	Primary	Yes	Start	

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	5.24	Primary	Yes	End
Z3	6.12	Primary	Yes	End
Z4	9	Primary	Yes	End
Z5	11.88	Primary	Yes	End

Grid Lines

Quick Start

Display Grids as

Ordinate Spacing

Hide All Grid Lines

Custom Grid Lines

Bubble Size: 0.0125

Revert to Default Color

Render Ordinate

OK Cancel

Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Dentro de lo que es el proceso de especificaciones de las características del material a utilizar para la edificación de vivienda multifamiliar se procede a ingresar las características del concreto que se usará de acuerdo al análisis de materiales y diseño de mezclas de concreto de peso normal que se realizó para este caso será $f'c = 210$ el adecuado para la edificación a modelar:

Figura 28: Especificaciones del Concreto

The image shows a screenshot of the 'Material Property Data' dialog box in the Sap2000 software. The dialog is titled 'Material Property Data' and has a close button (X) in the top right corner. It is divided into several sections:

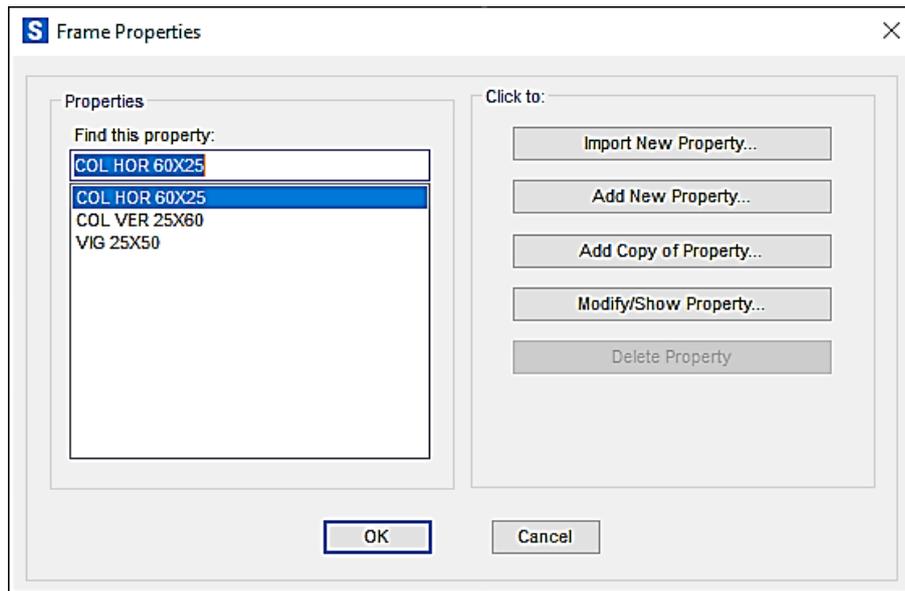
- General Data:**
 - Material Name and Display Color:
 - Material Type:
 - Material Grade:
 - Material Notes:
- Weight and Mass:**
 - Weight per Unit Volume:
 - Mass per Unit Volume:
- Units:**
 - Units:
- Isotropic Property Data:**
 - Modulus Of Elasticity, E:
 - Poisson, U:
 - Coefficient Of Thermal Expansion, A:
 - Shear Modulus, G:
- Other Properties For Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, fc:
 - Expected Concrete Compressive Strength:
 - Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduction Factor:
- Switch To Advanced Property Display

At the bottom of the dialog, there are two buttons: and .

Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

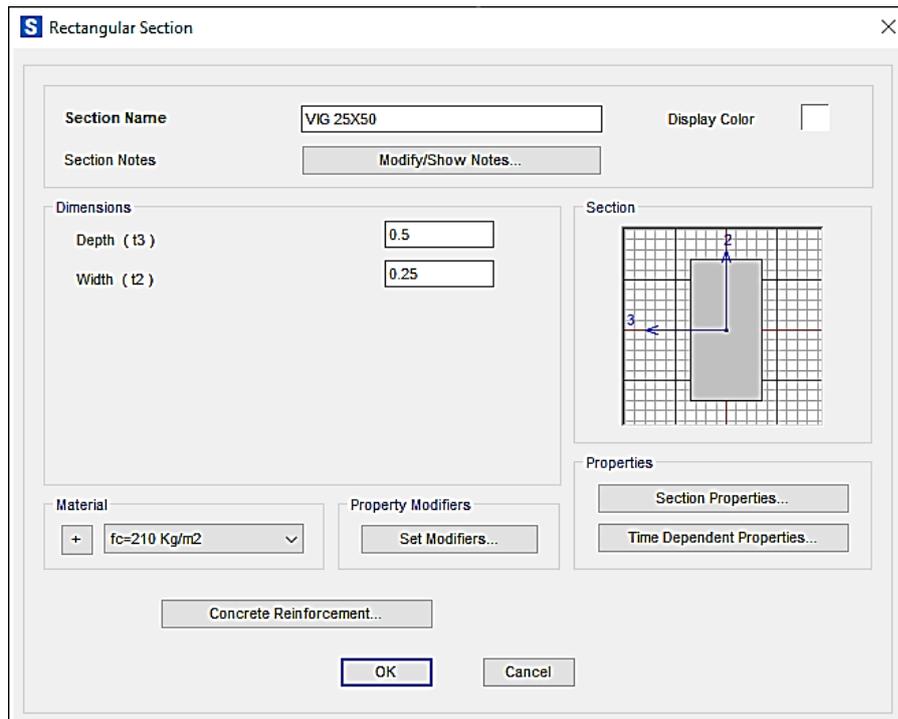
Seguidamente se definirán las dimensiones de algunos elementos estructurales como son las dimensiones de las vigas y columnas que formaran parte de la estructura, para lo cual se hizo uso de los siguientes cuadros de dialogo para fijar las dimensiones de los elementos estructurales:

Figura 29: Elementos estructurales definidos



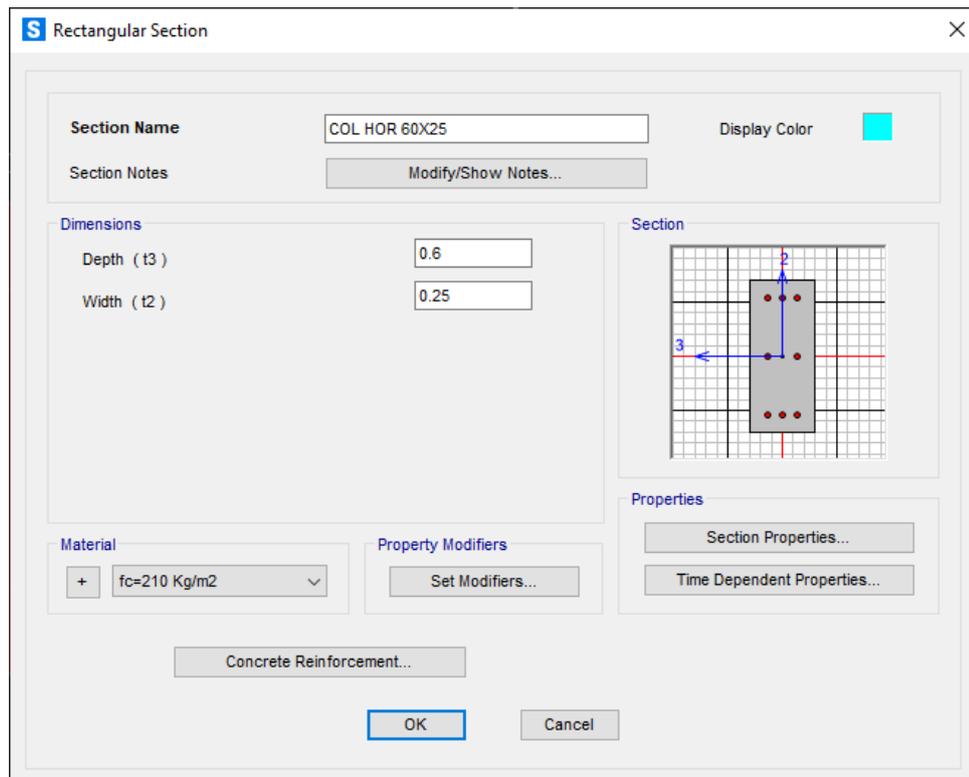
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 30: Diseño de las dimensiones de la Viga



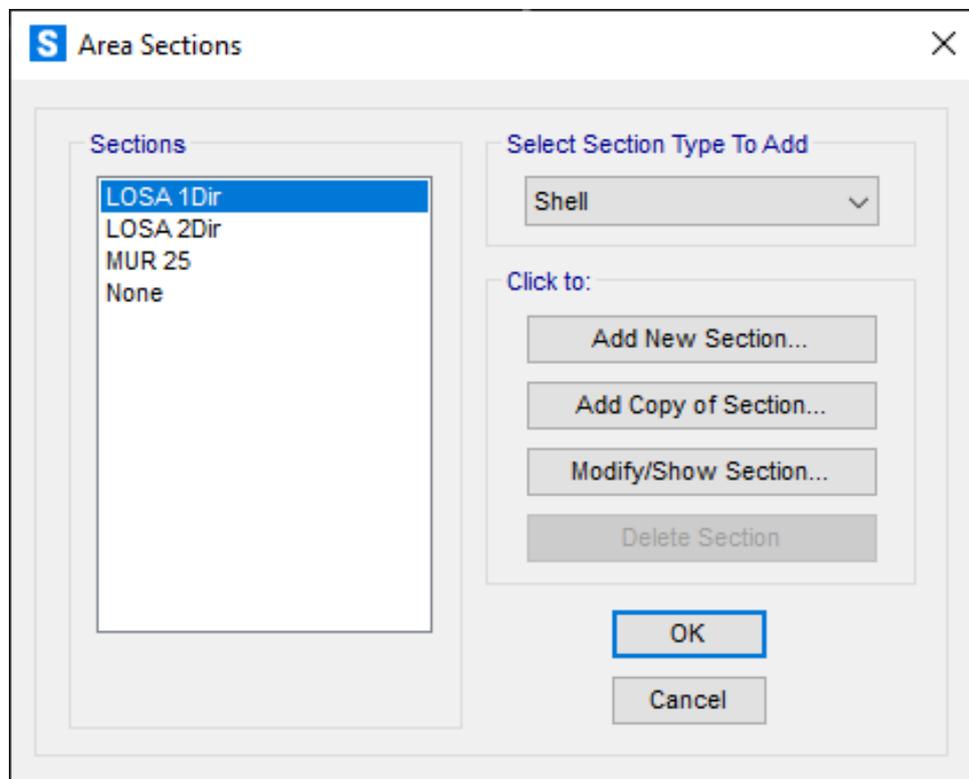
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 31: Diseño de las dimensiones de la columna



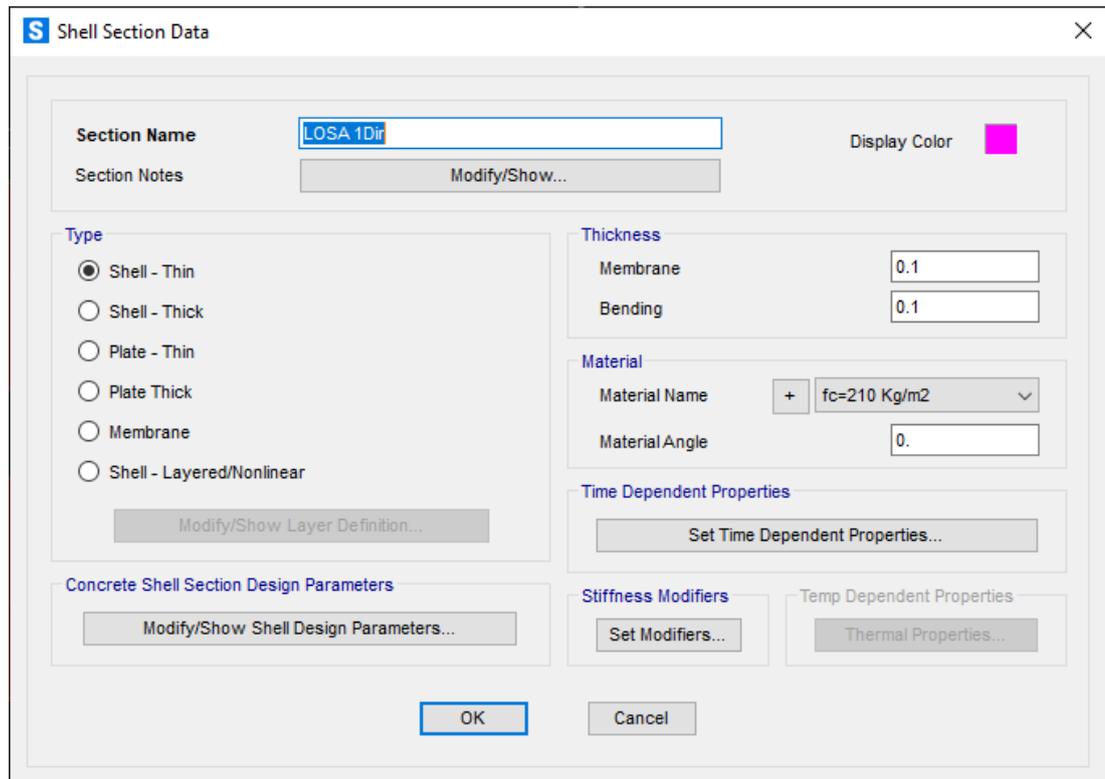
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 32: Definición de las dimensiones de las losas



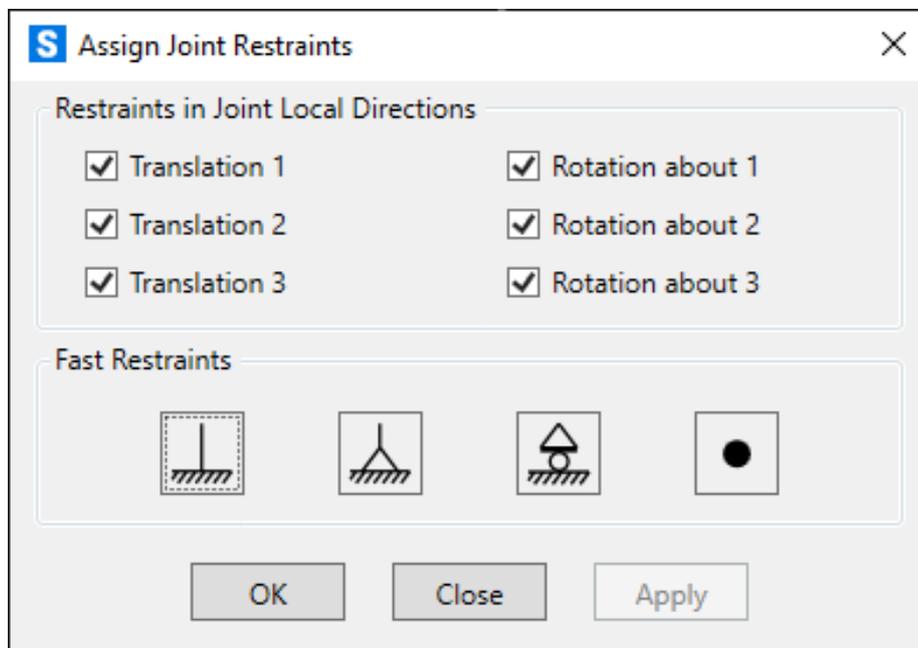
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 33: Definición de las características de las losas



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 34: Asignación de restricciones de empotramiento perfecto

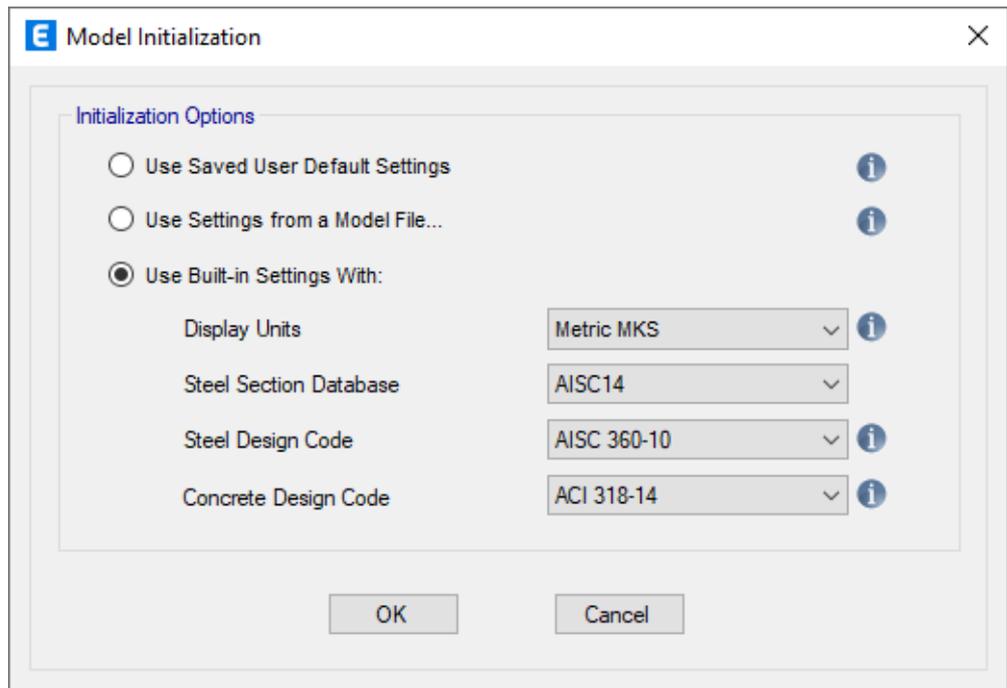


Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

b. ENTRADAS Y VALIDACION CON ETABS

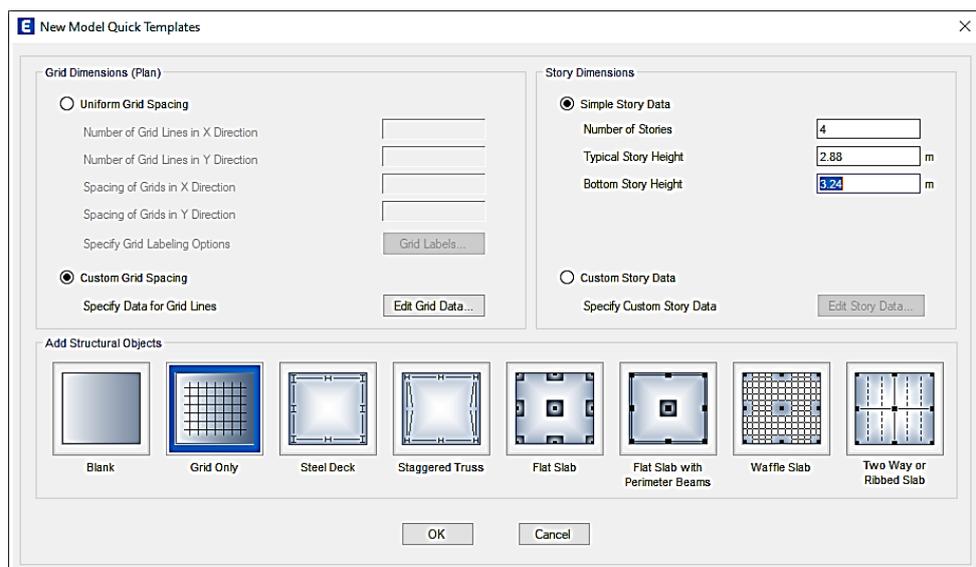
De acuerdo al diseño estructural procedemos a ingresar las especificaciones de diseño para que sean validadas por el software Etabs de acuerdo al siguiente procedimiento que se indica a través de los siguientes cuadros de dialogo:

Figura 35: Especificación de datos iniciales de diseño



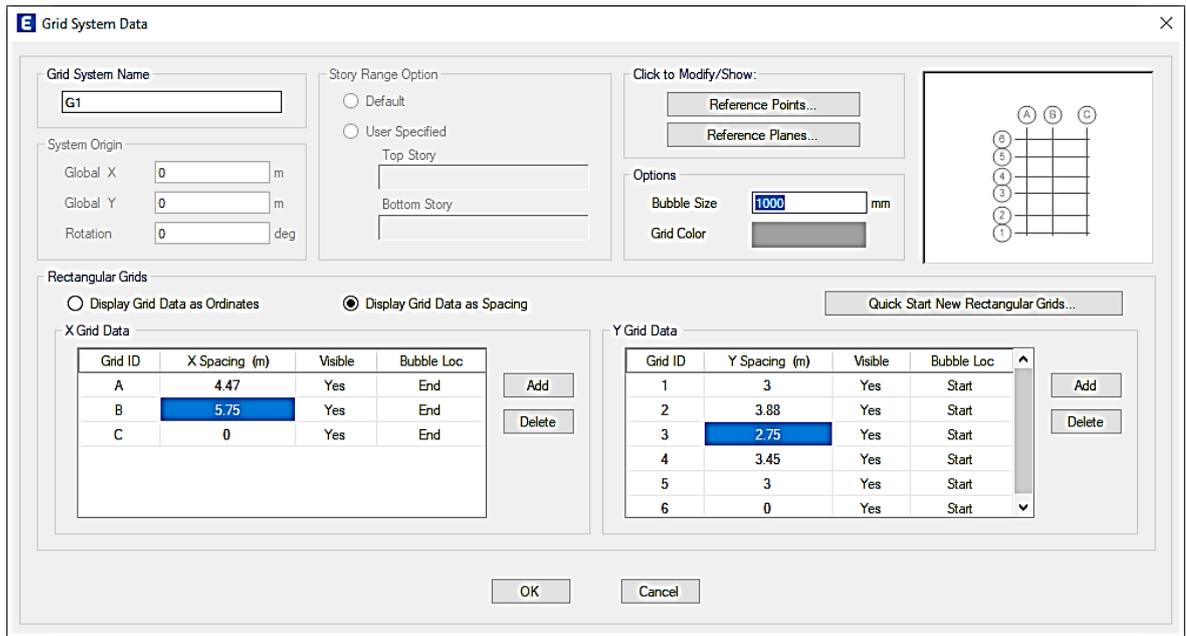
Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 36: Especificación de número de pisos y altura por piso



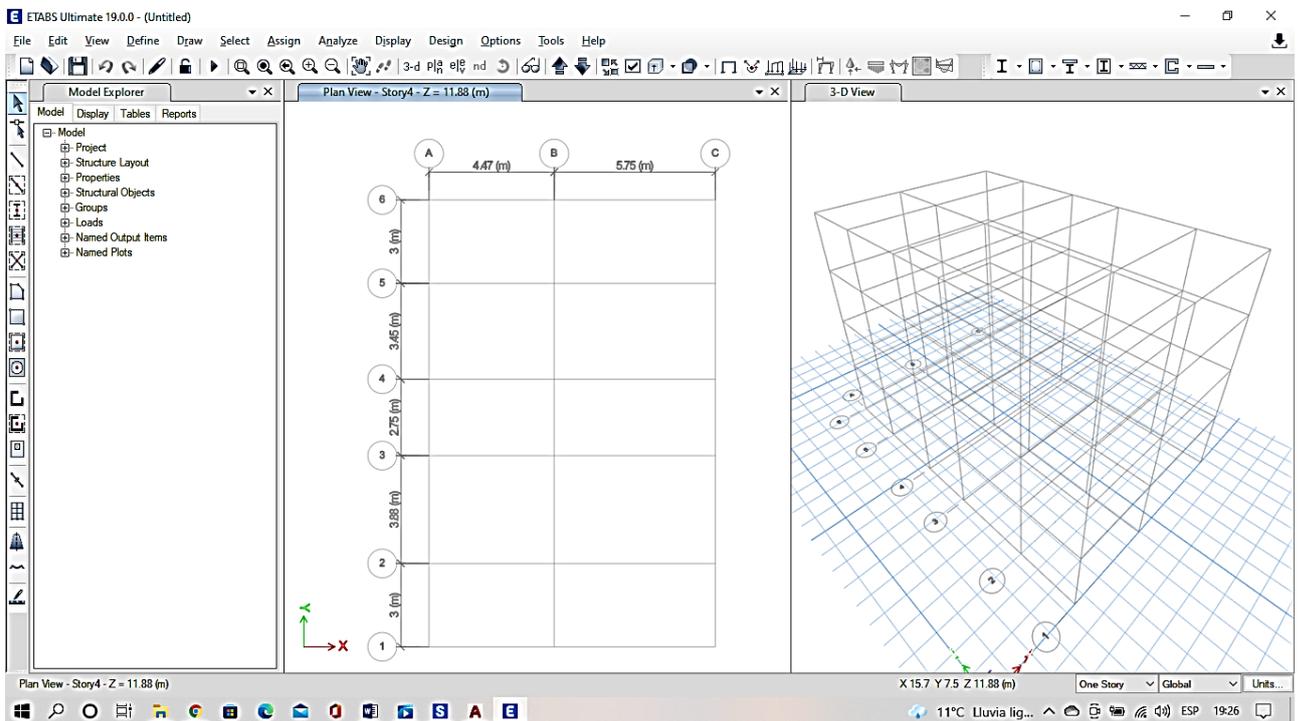
Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 37: Especificación de la malla para la edificación



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

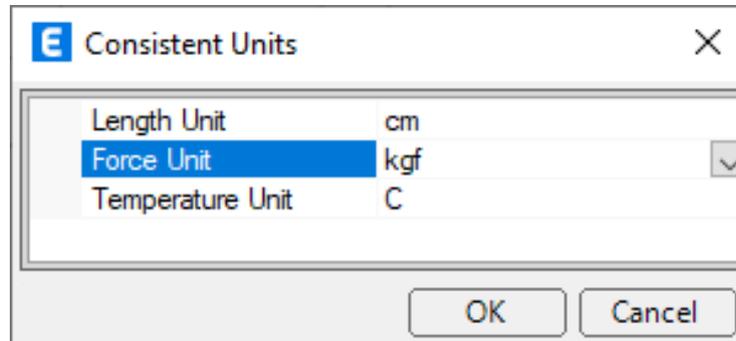
Figura 38: Diseño de la malla en 3D para la edificación de 4 niveles



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Una vez definida las grillas o la malla se procederán a definir las unidades sobre las cuales se trabajará el diseño estructural:

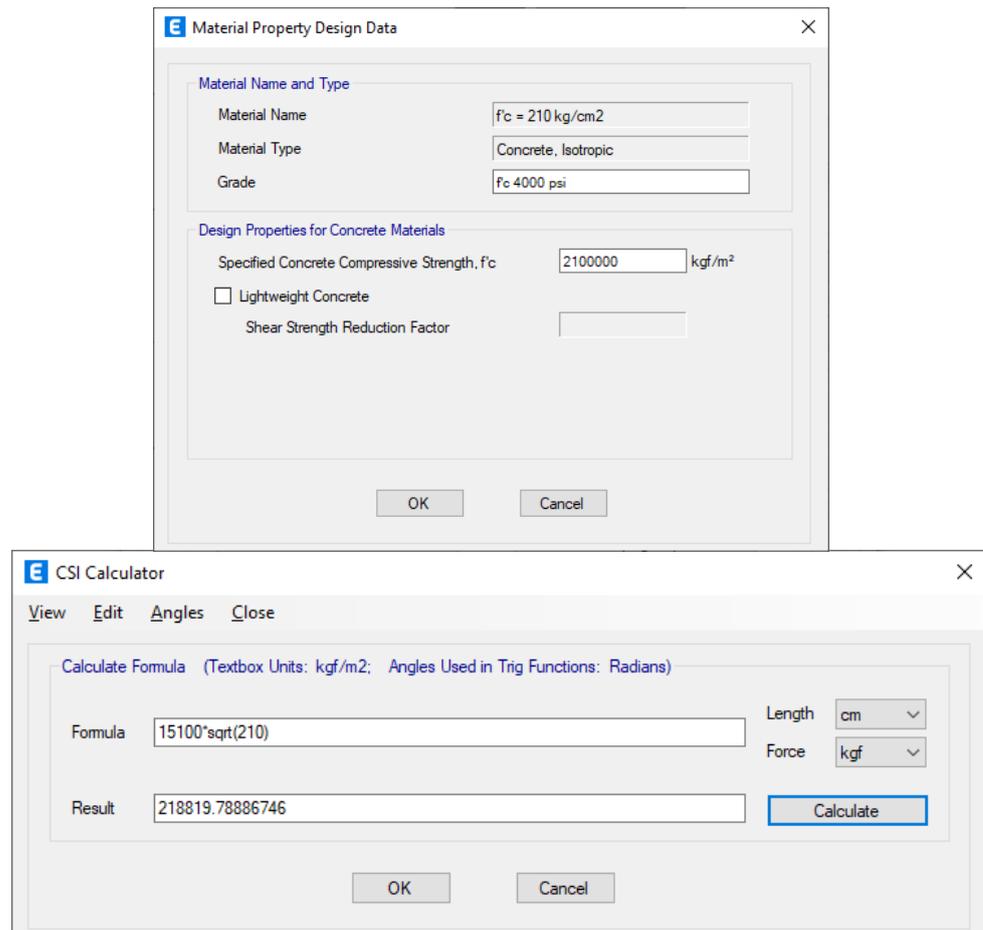
Figura 39: Definición de las unidades



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente se procede a definir los materiales para nuestros elementos estructurales empezando a definir el módulo de elasticidad:

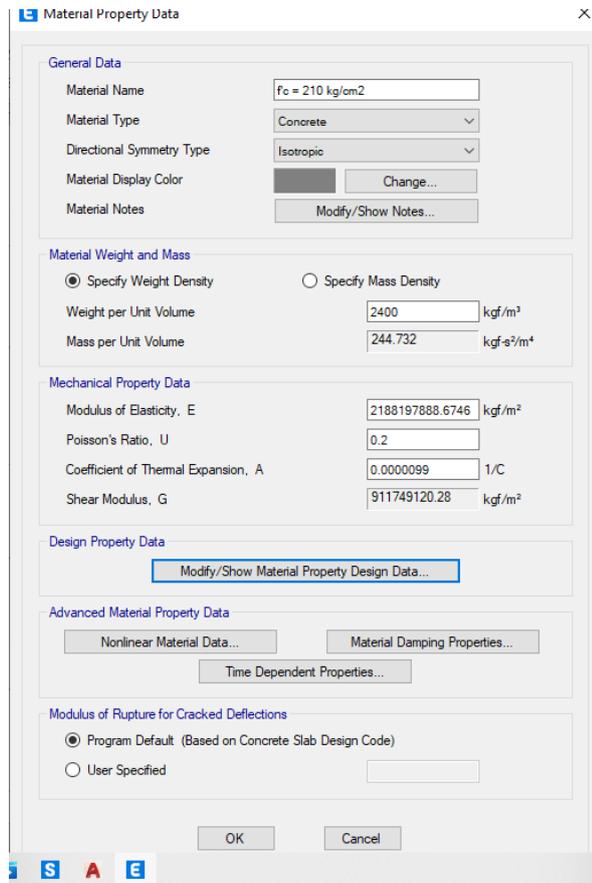
Figura 40: Definición del módulo de elasticidad



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Definimos algunas propiedades con respecto al concreto:

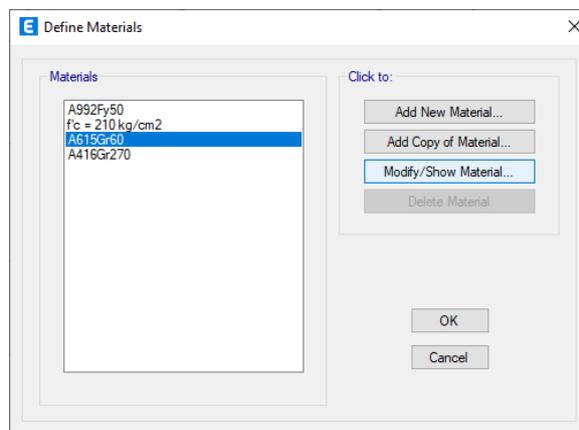
Figura 41: Definimos propiedades del concreto



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Para realizar el modelado es necesario especificar los parámetros que se indican en el siguiente cuadro de dialogo:

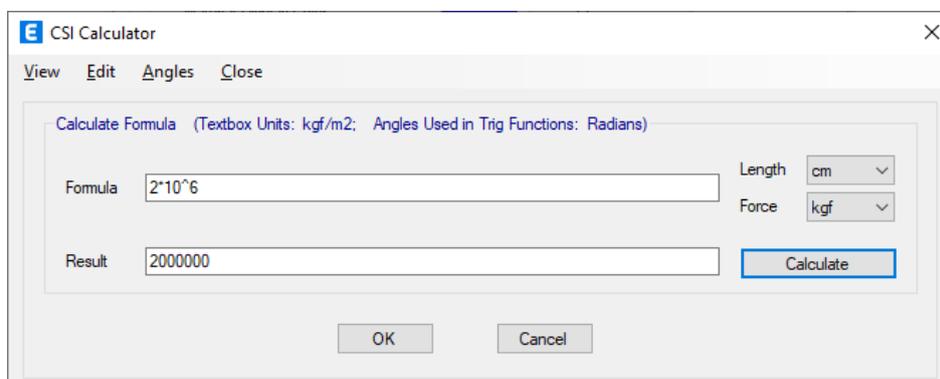
Figura 42: Especificación de materiales del modelado



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente se procedió a definir las propiedades del acero, se define el módulo de elasticidad para el acero por medio del siguiente cuadro de dialogo:

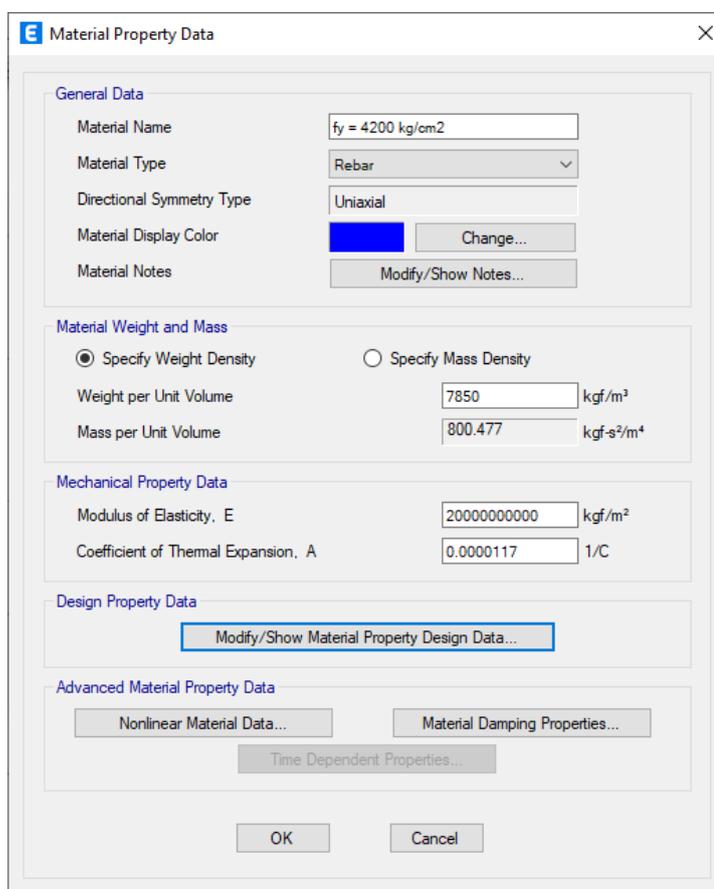
Figura 43: Definición del módulo de elasticidad para el acero



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente queda el cuadro de especificaciones del acero de manera completa como se ve en el cuadro de dialogo siguiente:

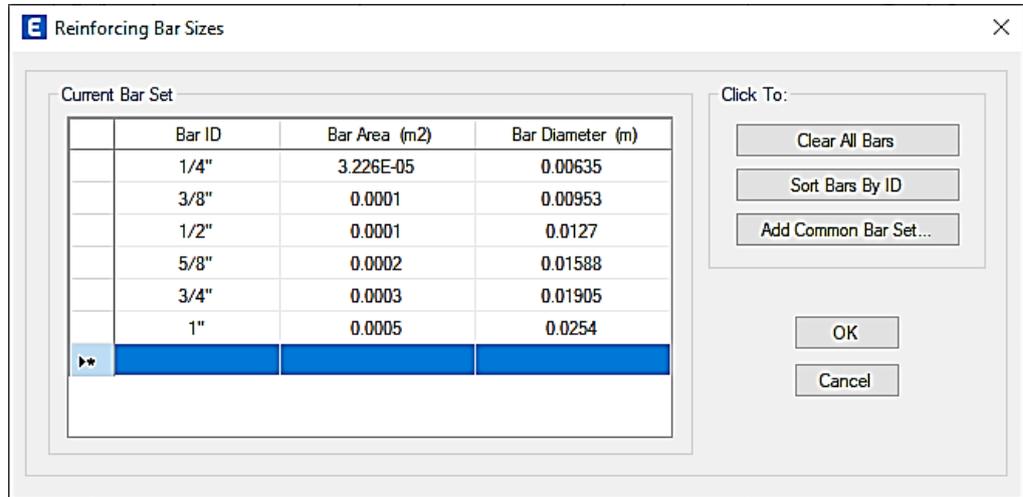
Figura 44: Cuadro de dialogo de especificaciones del acero



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

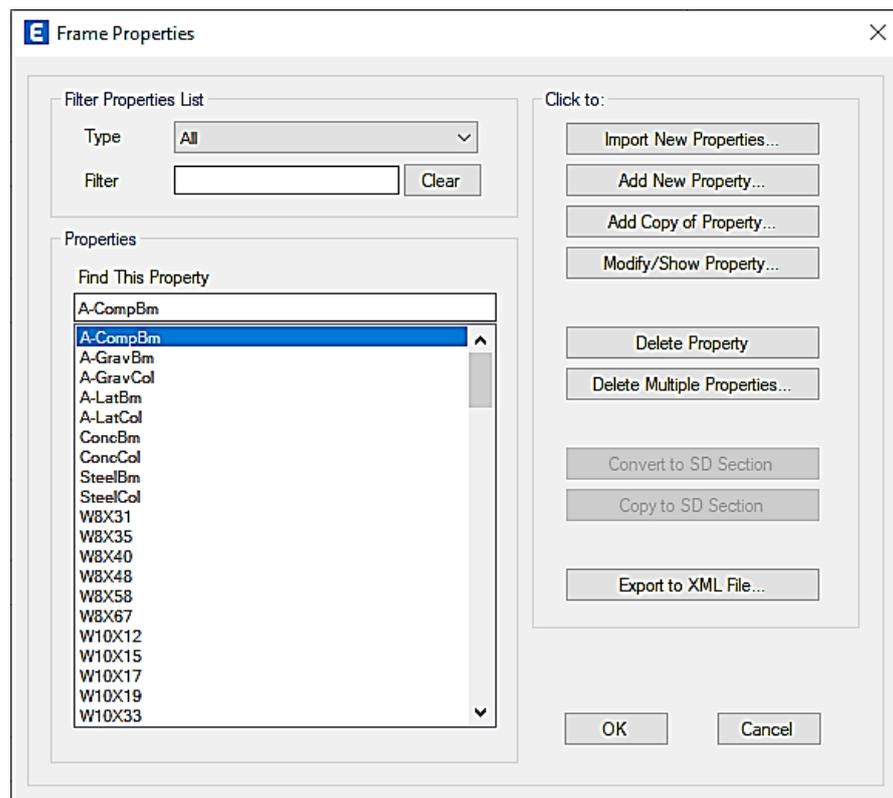
Seguidamente se especifican los datos de reforzamiento del acero a través del siguiente cuadro de dialogo:

Figura 45: Cuadro de especificaciones del acero



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

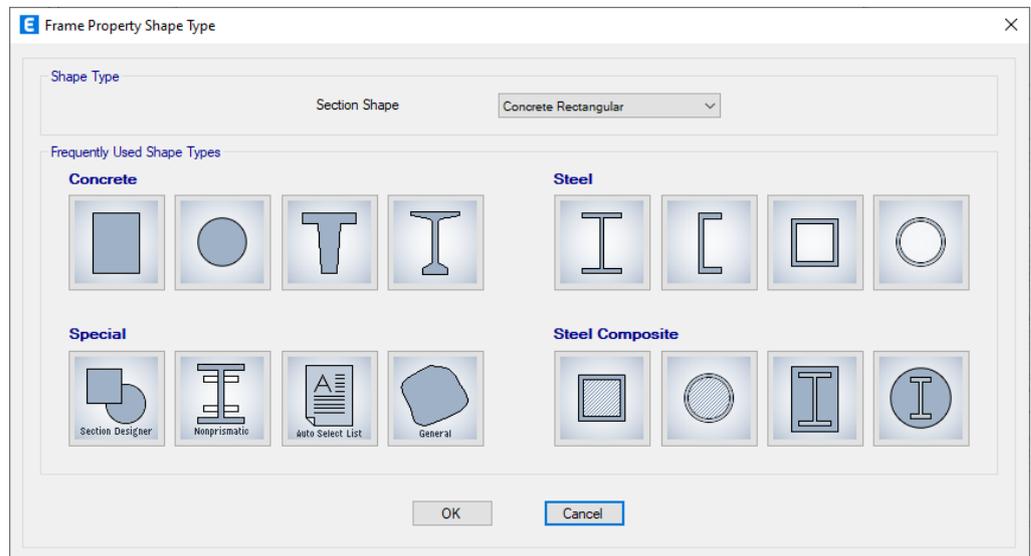
Figura 46: Definición de secciones



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

De esta manera se definen las especificaciones de los materiales como parte de nuestros elementos estructurales, a continuación, es importante definir las secciones:

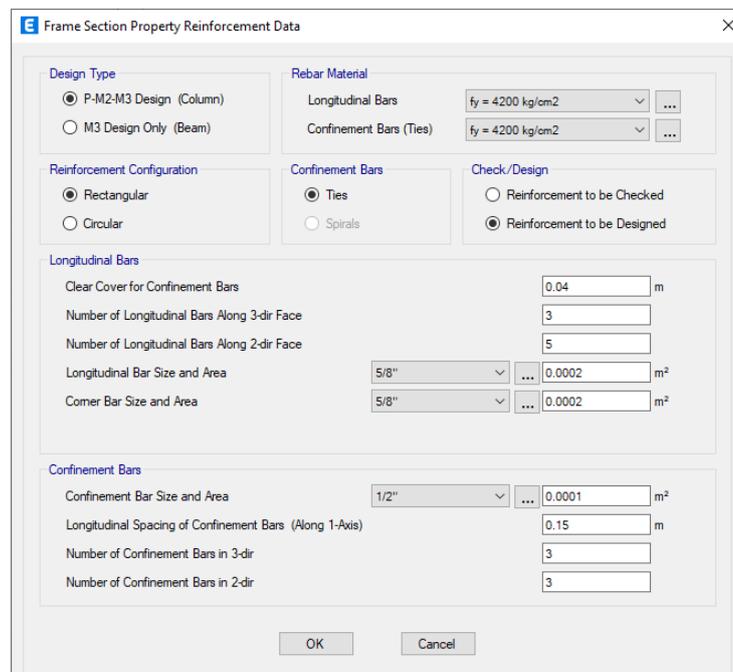
Figura 47: Definición de las propiedades de secciones



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

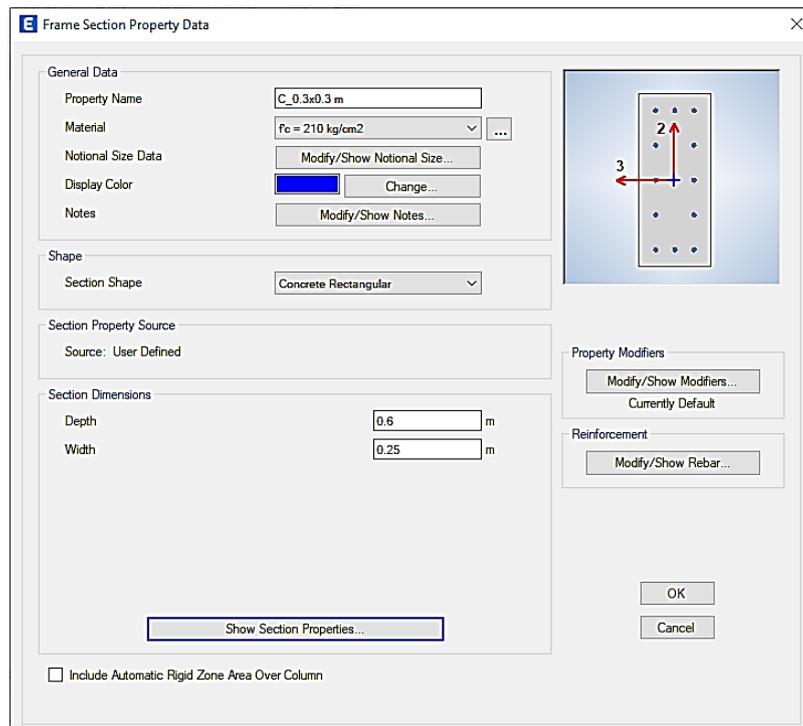
Por medio del siguiente cuadro de dialogo definiremos las columnas que se utilizaran para nuestra edificación:

Figura 48: Especificación de acero para los estribos



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

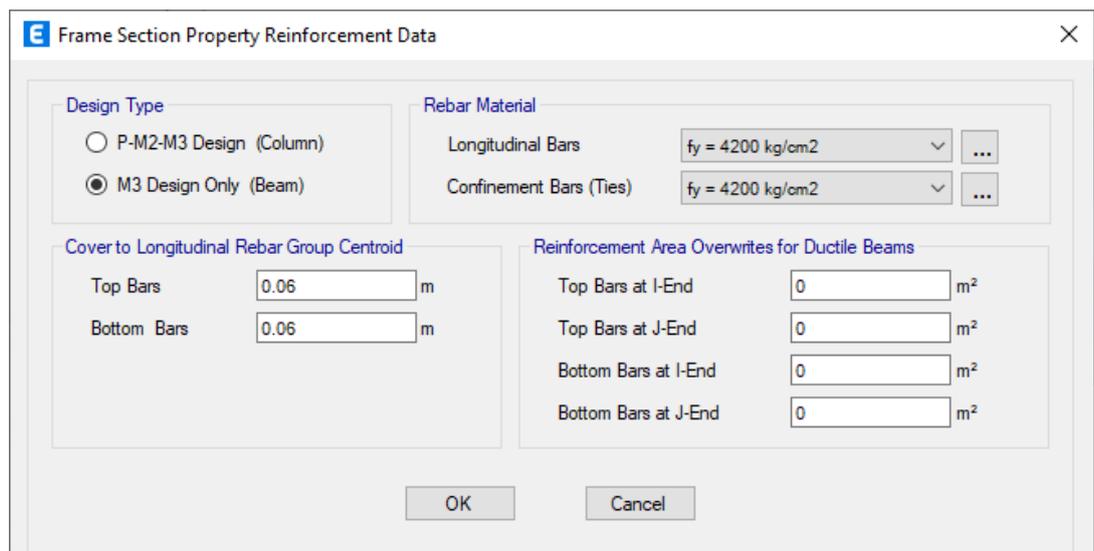
Figura 49: Propiedades para la columna



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

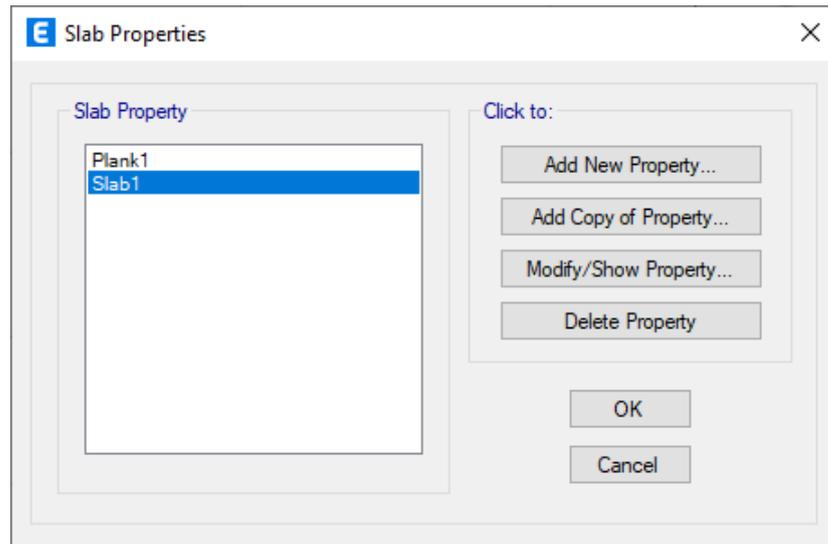
Definimos el reforzamiento para el diseño de las vigas por medio del siguiente cuadro de dialogo:

Figura 50: Propiedades de reforzamiento del elemento estructural



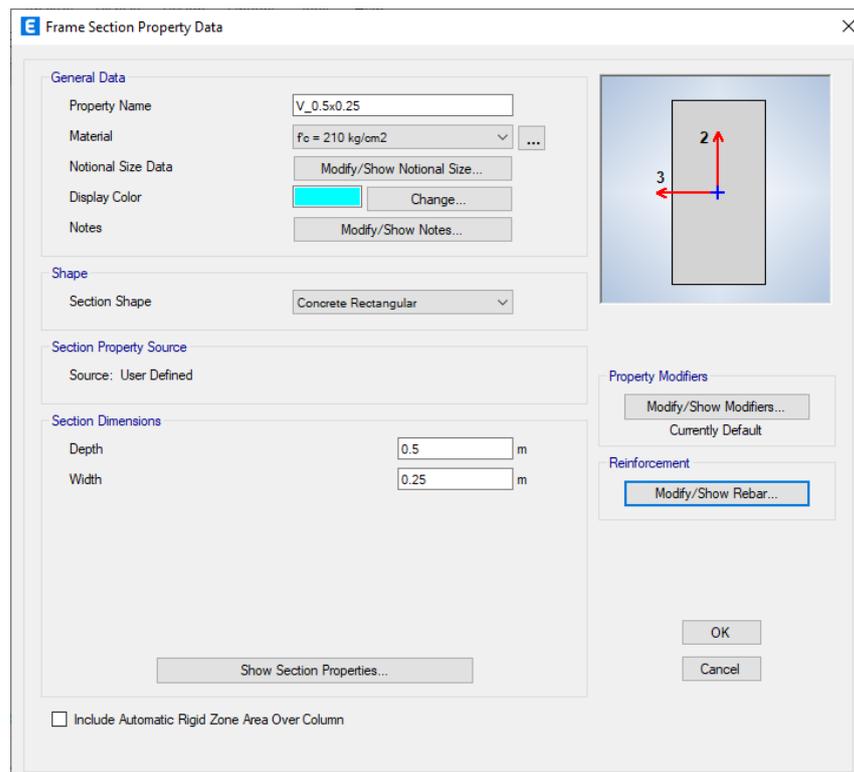
Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 51: Especificación de características para el diseño de viga



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 52: Diseño de la viga



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente se procederá a definir la losa como parte del diseño de nuestra estructura:

Figura 53: Cuadro para definición de losas

General Data	
Property Name	LosaAlig_0.20 m
Slab Material	f _c = 210 kg/cm ²
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Ribbed
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	0.4 m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

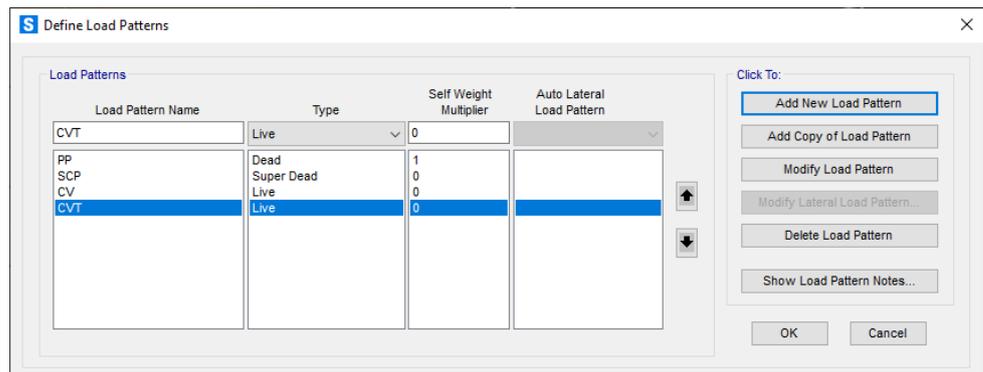
3. DISEÑO Y MODELADO EN SOFTWARE

De acuerdo a los cálculos realizados con respecto a la carga muerta y carga viva para el análisis estructural se procede a ingresar dichos valores al software SAP2000 y ETABS, teniendo en cuenta que se tiene como carga permanente para losa aligerada el valor de 300kg/m² para un espesor de 20 cm de acuerdo a la norma E 020 del RNE indica los valores de cargas mínimas repartidas en este caso de vivienda multifamiliar se contempla el valor para corredores y escaleras de 200 kg/m².

a. ASIGNACION DE CARGAS EN SOFTWARE SAP2000

Definimos los patrones de cargas como el peso propio representado por las siglas PP, la sobre carga permanente representado por SCP, la carga variable o viva de entrepiso y la carga variable de techo dentro de Sap2000.

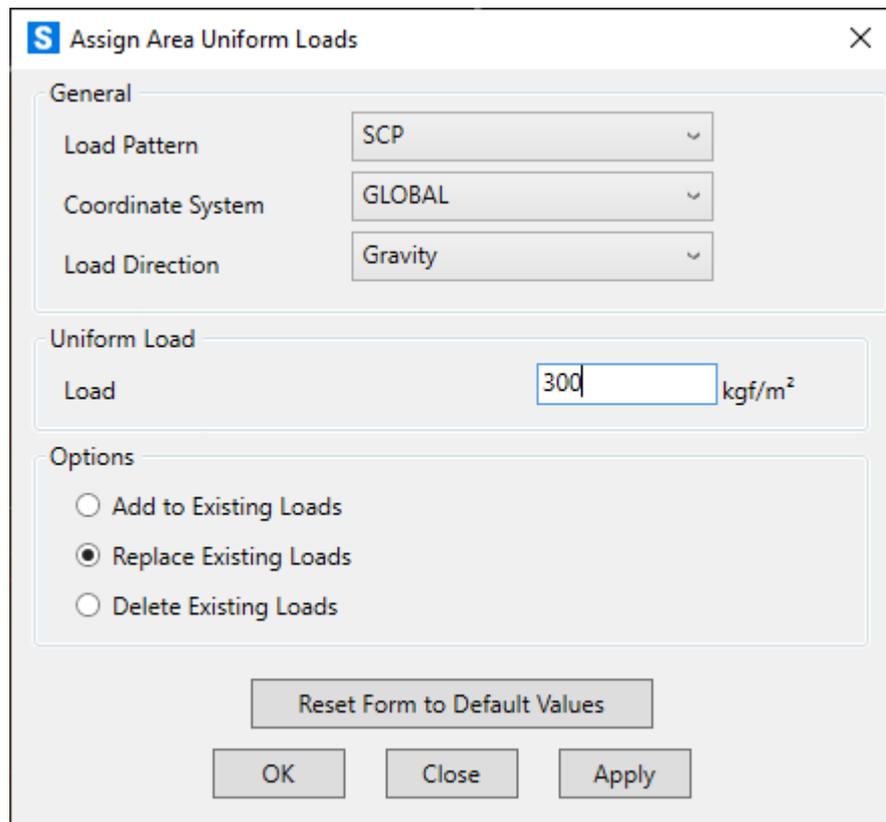
Figura 54: Ingreso de cargas en Sap2000



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Seguidamente aplicamos las cargas y asignamos las cargas al área uniforme:

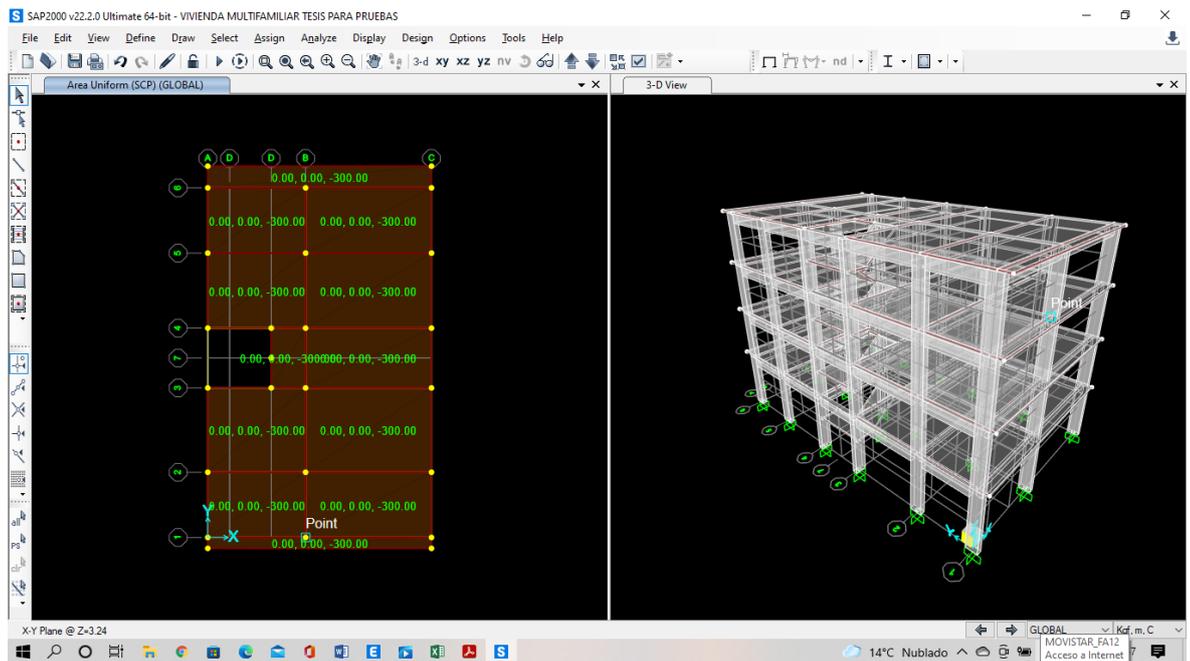
Figura 55: Aplicación de la sobrecarga permanente



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Quedando la asignación de cargas permanente de la siguiente manera:

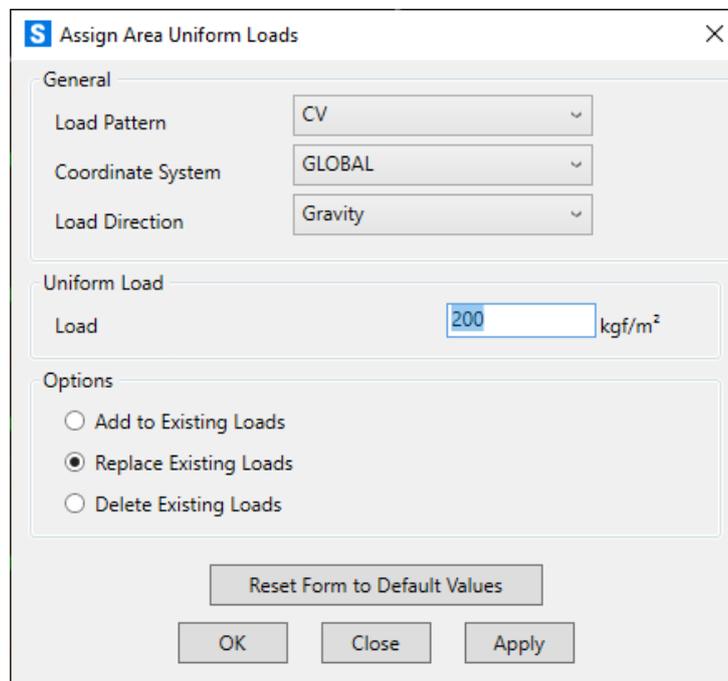
Figura 56: Modelo con asignación de carga permanente



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Seguidamente asignamos la carga variable de la estructura dentro de Sap2000

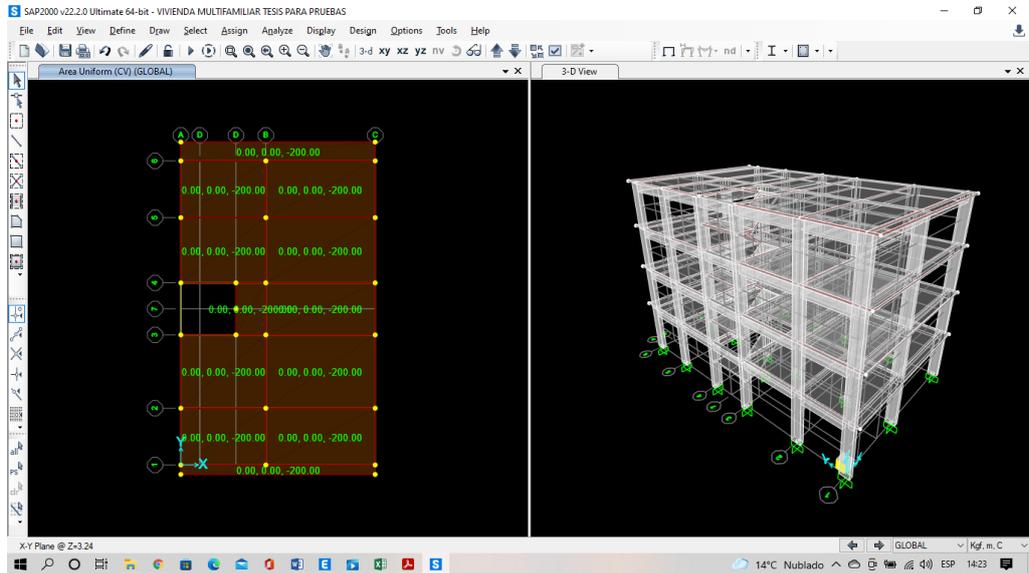
Figura 57: Asignación de carga variable de entrepiso



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Quedando la asignación de cargas variable de la siguiente manera:

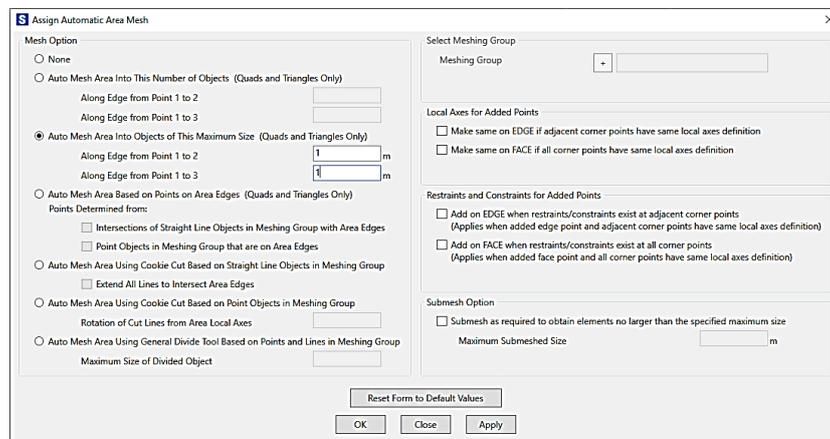
Figura 58: Modelo con asignación de cargas variables



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Luego de la asignación de cargas permanentes o muertas como las variables o vivas se procederá a generar los cálculos de elementos finitos en Sap2000 para lo cual se le asignara a cada nivel una malla para maximizar el rendimiento de procesamiento de datos a parte que siempre es importante distribuir las cargas:

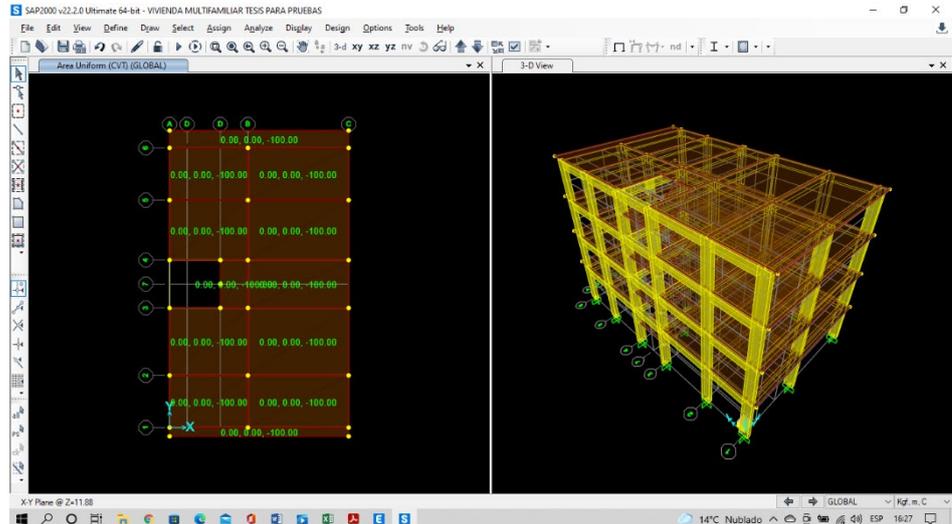
Figura 59: crear malla para optimizar rendimiento en procesamiento



Fuente: Captura de pantalla Sap2000

Para las cargas del techo se le asigna otro valor de sobre carga permanente y carga variable para el techo que consiste en una impermeabilización de 5 mm de 6 Kg/m² y el techo propiamente dicho 100 kg/m² dichos valores se ingresaran en Sap2000.

Figura 60: Asignación de cargas para el techo

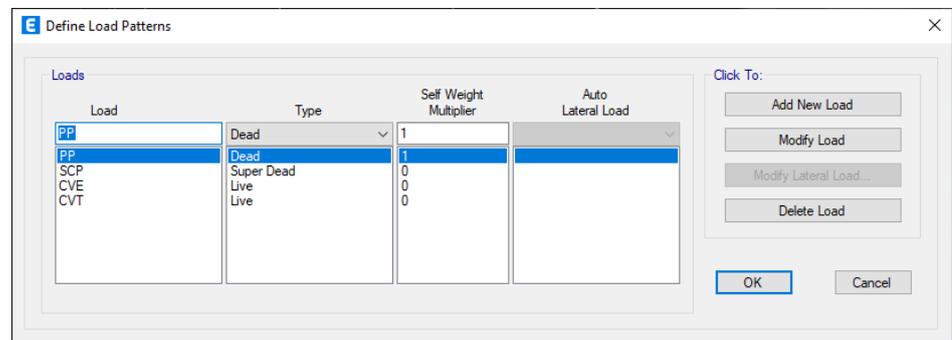


Fuente: Captura de pantalla Sap2000

b. ASIGNACION DE CARGAS EN SOFTWARE ETABS

Definimos los patrones de cargas como el peso propio representado por las siglas PP, la sobre carga permanente representado por SCP, la carga variable o viva de entrepiso y la carga variable de techo dentro de ETABS.

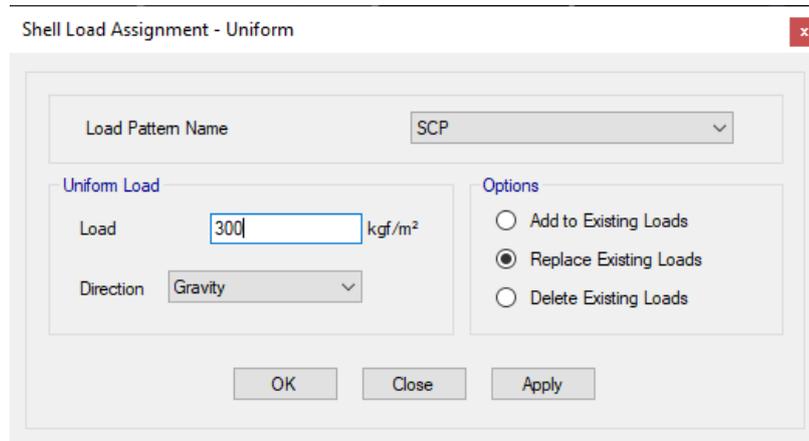
Figura 61: Ingreso de cargas en ETABS



Fuente: Captura de pantalla ETABS

Seguidamente aplicamos las cargas y asignamos las cargas al área uniforme:

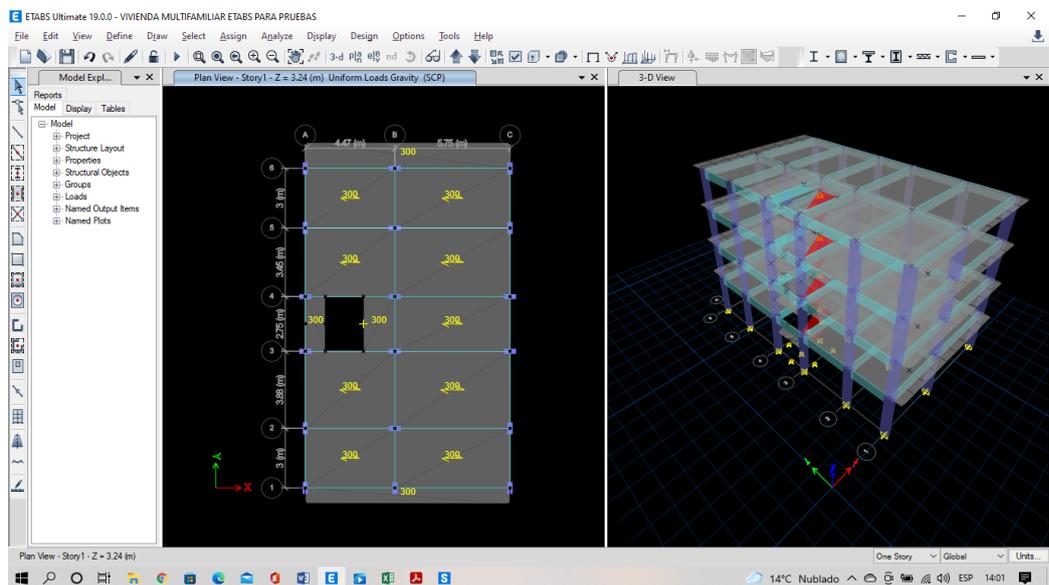
Figura 62: Ingreso de cargas en ETABS



Fuente: Captura de pantalla ETABS

Quedando la asignación de cargas permanente de la siguiente manera:

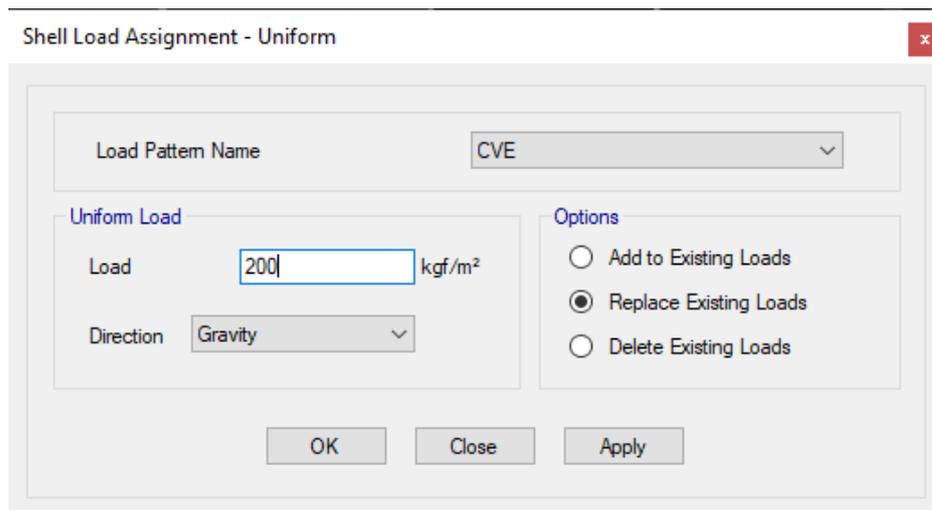
Figura 63: Modelo con asignación de carga permanente



Fuente: Captura de pantalla ETABS

Seguidamente asignamos la carga variable de la estructura dentro de ETABS

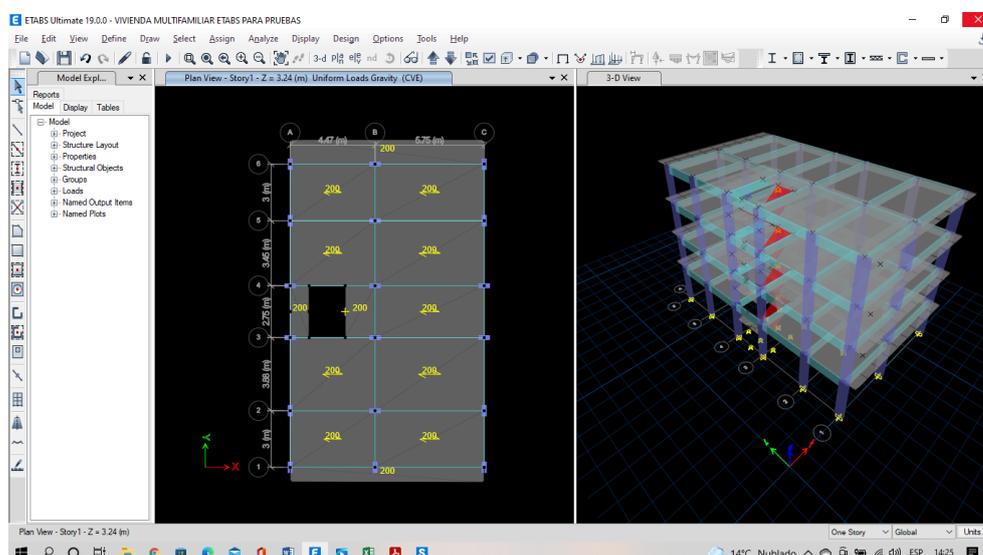
Figura 64: Asignación de carga variable de entrepiso



Fuente: Captura de pantalla ETABS

Quedando la asignación de cargas variable de la siguiente manera:

Figura 65: Modelo con asignación de cargas variables

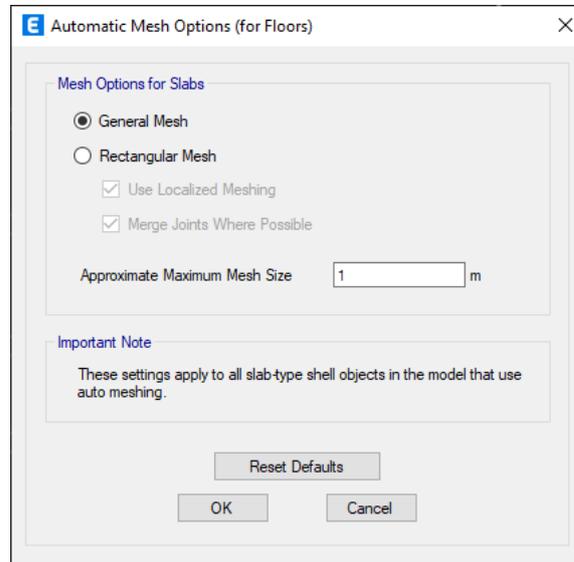


Fuente: Captura de pantalla ETABS

Luego de la asignación de cargas permanentes o muertas como las variables o vivas se procederá a generar los cálculos de elementos finitos en ETABS para lo cual se le asignara a cada

nivel una malla para maximizar el rendimiento de procesamiento de datos a parte que siempre es importante distribuir las cargas:

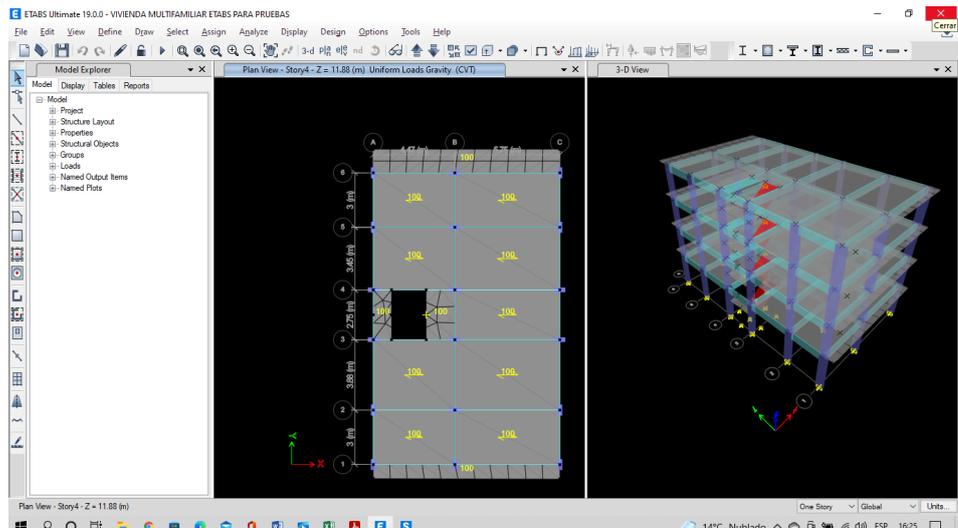
Figura 66: crear malla para optimizar rendimiento en procesamiento



Fuente: Captura de pantalla ETABS

Para las cargas del techo se le asigna otro valor de sobre carga permanente y carga variable para el techo que consiste en una impermeabilización de 5 mm de 6 Kg/m² y el techo propiamente dicho 100 kg/m² dichos valores se ingresaran en ETABS

Figura 67: Asignación de cargas para el techo

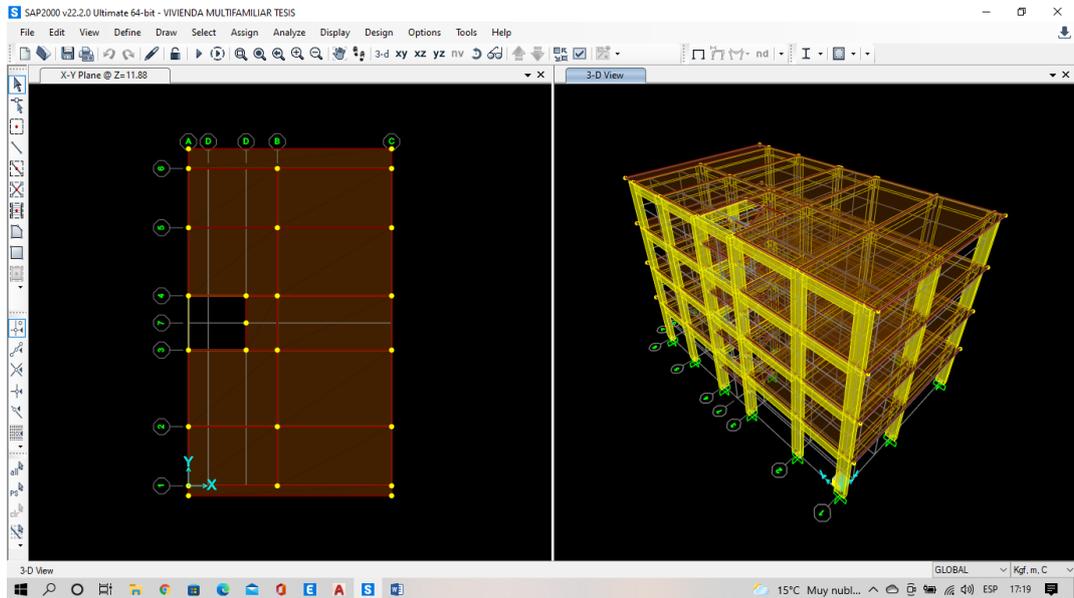


Fuente: Captura de pantalla ETABS

c. DISEÑO Y MODELADO CON SOFTWARE SAP2000

Una vez definidos los materiales para los elementos estructurales se procede a ser el modelamiento de la estructura con sap2000:

Figura 68: Modelado de la estructura de 4 niveles en Sap2000

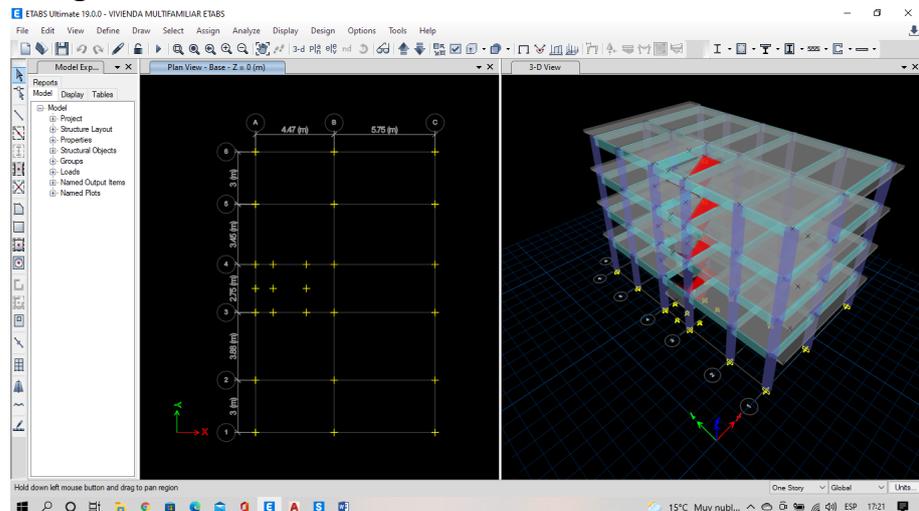


Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

d. DISEÑO Y MODELADO CON SOFTWARE ETABS

Una vez definidos los materiales para los elementos estructurales se procede a ser el modelamiento de la estructura con Etabs:

Figura 69: Modelado de la estructura de 4 niveles en Etabs



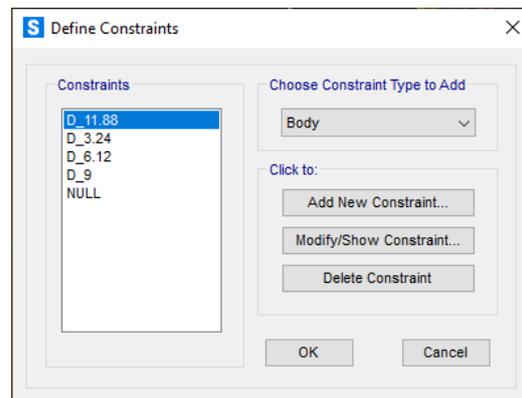
Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Dentro del análisis estructural es importante asignar los diafragmas rígidos ya que por medio de los cuales todos los nodos, puntos o nudos de los entresijos en su comportamiento tengan igualdad en sus grados de libertad de tipo rotacional y traslacional, esto permitirá que se reduzca el tiempo de cálculo sin importar el nivel de rigidez de la losa es por ello que se definirán diafragmas para la estructura en estudio en ambos softwares.

e. ASIGNACION DE DIAFRAGMAS POR PISO CON SAP2000

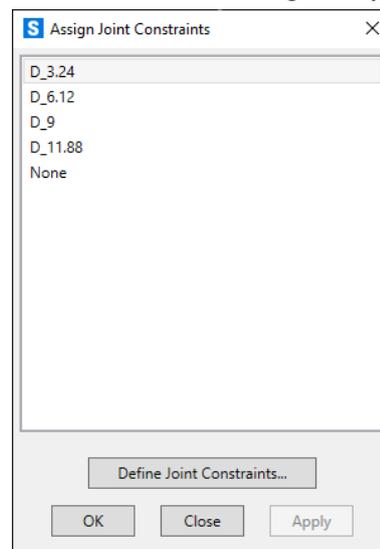
Seguidamente se definen los diafragmas para los 4 niveles de la estructura en Sap2000:

Figura 70: Definición de los diafragmas para cada nivel



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 71: Asignación de los diafragmas para cada nivel

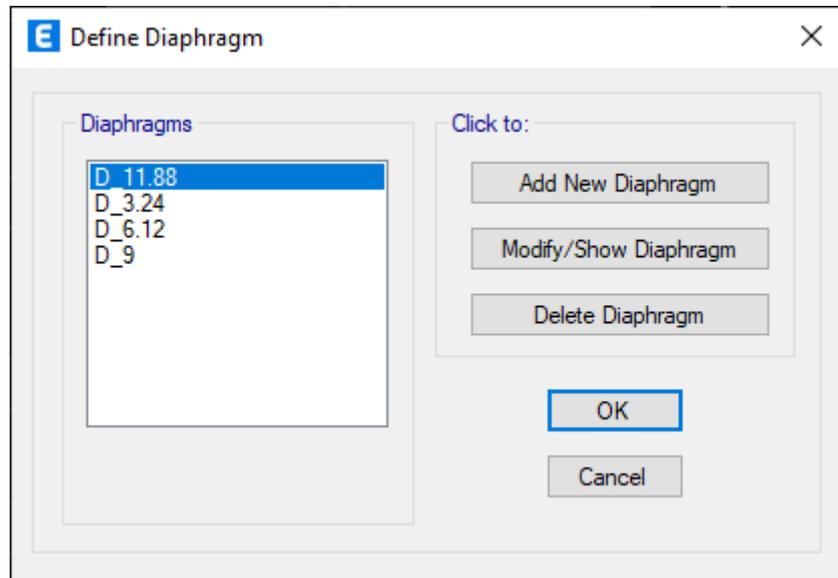


Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

f. ASIGNACION DE DIAFRAGMAS POR PISO CON ETABS

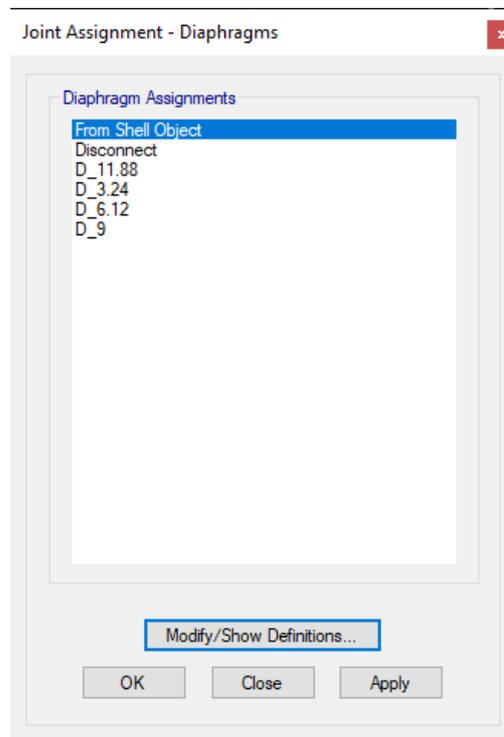
Seguidamente se definen los diafragmas y se asignan para los 4 niveles de la estructura en ETABS:

Figura 72: Definición de los diafragmas para cada nivel



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 73: Asignación de los diafragmas para cada nivel



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

4. ANALISIS SOBRE EL DISEÑO EN SOFTWARES

a. ANALISIS ESTATICO

Es importante tomar en cuenta que nos dice el RNE en su Norma E030 sobre diseño sismorresistente nos propone la aplicación de un análisis estático como un procedimiento de evaluación sísmica de tipo básica dicha técnica es factible en su uso para edificaciones de tipo regular e irregular, en este sentido nos indica el cálculo de la fuerza cortante de tipo estática de acuerdo a la siguiente formula:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R} * P$$

Z = Factor de Zona sísmica

U = Factor de uso o importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de amplificación del Suelo

R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

P = Es el peso total de toda la edificación.

Dentro de ello se debe cumplir la siguiente condición: $C/R \geq 0.11$

Todos estos factores nos indican las características intrínsecas que se debe de tener en cuenta para el cálculo de dicha fuerza cortante, tal es así que el valor de Z se determina de la Norma E 030, en la cual en la figura N° 1 y Tabla N° 1 de dicha norma nos muestra las zonas y los valores de factores de zona para nuestro país verificando que para nuestro caso corresponde la zona sísmica 2 y le corresponde un valor de factor de zona = 0.25 , con respecto al factor de uso o importancia la norma E 030 indica que cada edificación debe ser clasificada tomando en cuenta las características estipuladas en su Tabla N° 5 que muestra las categorías de las edificaciones y el valor del Factor “U” dentro de esta tabla tenemos la categoría que para nuestro caso de vivienda multifamiliar correspondería a la categoría “C” cuya descripción indica que está indicada para viviendas, restaurantes, oficinas entre otros asignándole el valor de factor 1, seguidamente identificamos el valor de amplificación del suelo, dicho valor es producto de los resultados

de mecánica de suelos ubicados en el anexo N°4 de los ensayos de mecánica de suelos del presente trabajo de investigación en la cual en la tabla 4 de la sección de resultados muestra la zona sísmica de tipo 2, el tipo de perfil de suelo de denominación de suelos intermedios, y el factor del suelo que nos interesa “S” asignándole un valor de 1.2, también tenemos como resultados el valor de Periodo TP(s) = 0.6, Periodo TL(s) = 2.0; con respecto al coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas R, este valor se obtiene de la Norma E 030 en la tabla N°7 referente a sistemas estructurales para el caso de nuestro de una edificación de concreto armado basado en pórticos le corresponde el valor R = 8, todo lo descrito nos lleva a la tabla resumen siguiente:

Tabla 5: Datos para el factor de escala y detalle de uso

	Valor	Descripción	Norma	Referencia de Tablas
Z	0.25	Zona 2 (Cusco)	E 030	Fig. N° 1 Tabla N° 1
U	1.0	Edificaciones comunes Viviendas categoría C	E 030	Tabla N°5
C	2.5	Amplificación sísmica	E 030	Item 2.5 de la norma
S	1.2	Factor del suelo	E 050	Anexo N°4:Ensayo de mecánica de suelos
R	8	Por ser estructura de concreto armado	E 030	Tabla N°7 Factores Estructurales

Fuente: RNE Norma R 030

Así mismo el valor de amplificación sísmica será de acuerdo del periodo de vibración estructural, como también de los valores de periodos corto y largo valores que ya fueron calculados en el análisis de mecánica de suelos con los valores de TP(s)= 0.6 y TL(s)=2.0. Dicho coeficiente estará sujeto a cambios en el valor de la demanda por afectación del coeficiente del suelo cabe destacar que los criterios técnicos los da la norma y están estipulados de acuerdo a las siguientes condicionantes matemáticas:

$$T < TP , c = 2.5$$

$$TP < T < TL, C = 2.5 \frac{TP}{T}$$

$$T > TL, C = 2.5 \frac{TP * TL}{T^2}$$

También es importante indicar los métodos para cálculos de fuerzas equivalentes que se aplican a las estructuras como factor complementario del análisis sísmico estático, dichas fuerzas o cargas laterales se aplicaran en los centroides de cada uno de los pisos con características de diafragmas rígidos en bases a la siguiente expresión matemática:

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

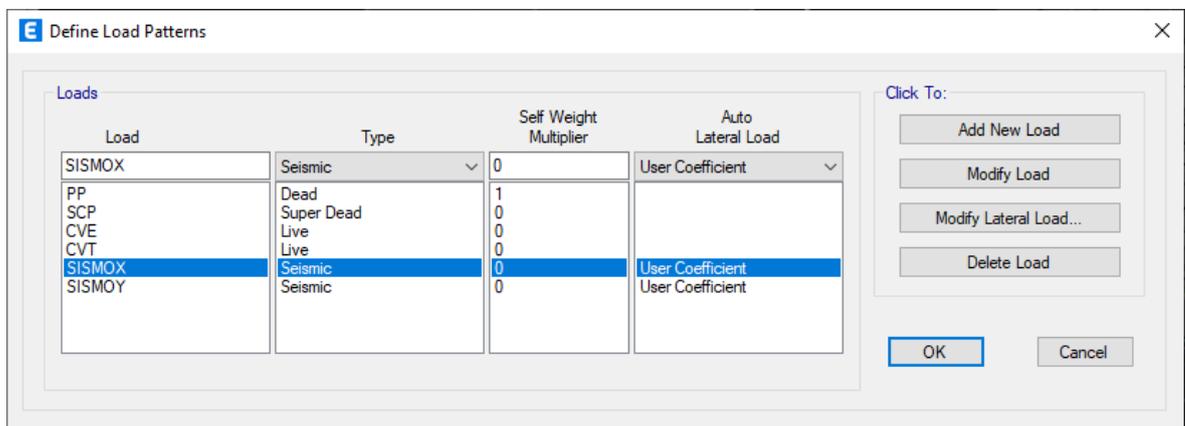
$$F_i = \alpha_i * V$$

Con respecto al peso total en la consecución de la cortante basal estática esta es de acuerdo al tipo de edificación sobre la cual se esté realizando el análisis para nuestro caso de vivienda multifamiliar de categoría C le corresponde un valor de 25% esto de acuerdo a la Norma E 030.

i. CON EL SOFTWARE ETABS

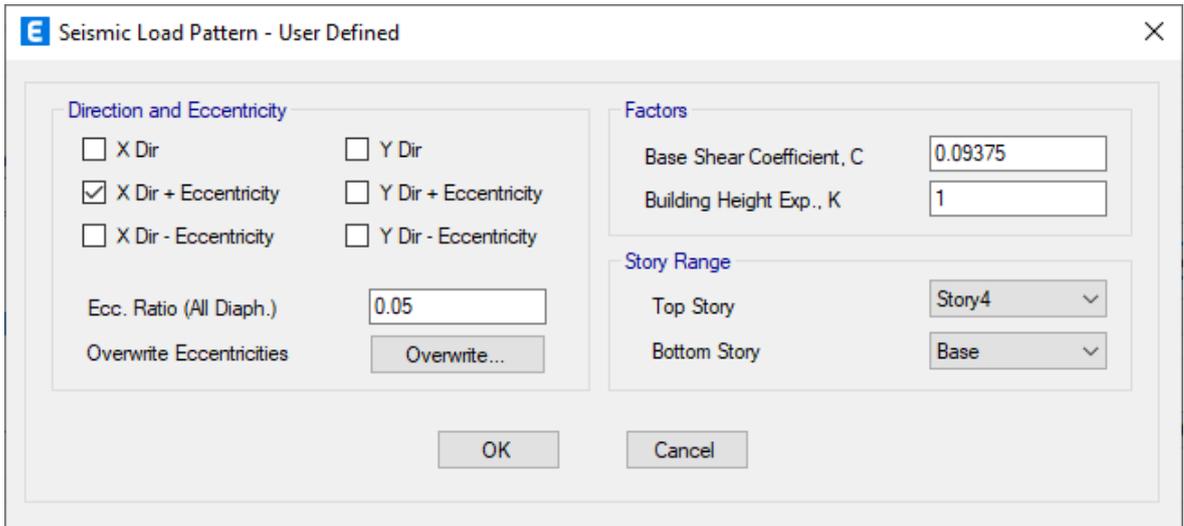
Para el análisis estático es importante a parte de la definición de las cargas de la estructura como la carga muerta y la carga viva definir parámetros sísmicos para verificar los desplazamientos tanto en el eje X como en el eje Y tal y cual como se verifica en los siguientes cuadros de dialogo:

Figura 74: Definición de los parámetros sísmicos en X



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

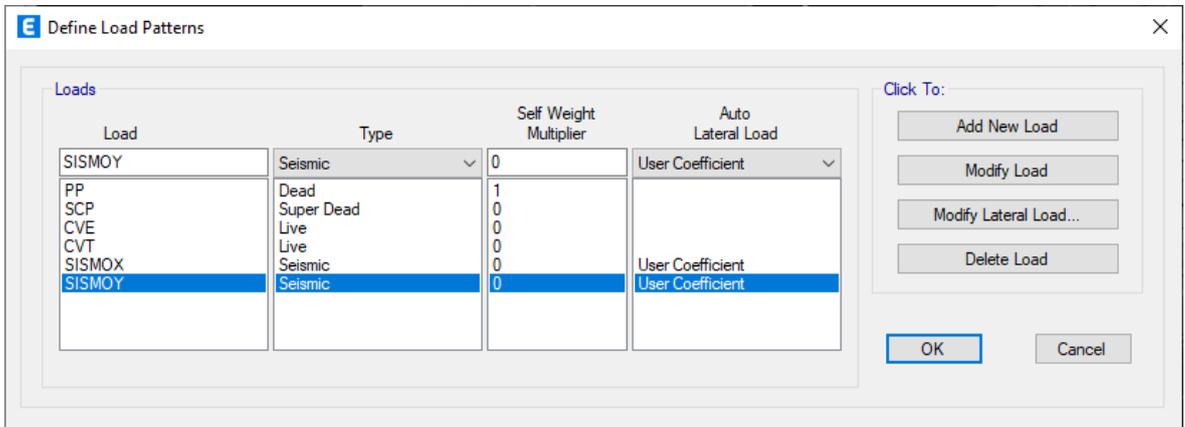
Figura 75: Modificamos los valores sísmicos en X



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

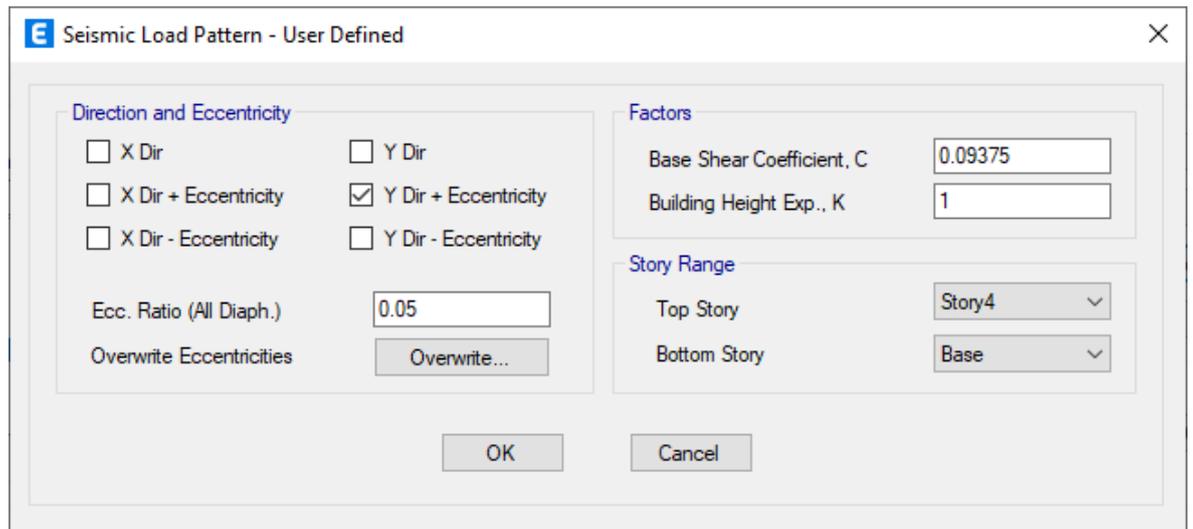
De igual manera se aplican las modificaciones para los valores de Y:

Figura 76: Definición de los parámetros sísmicos en Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

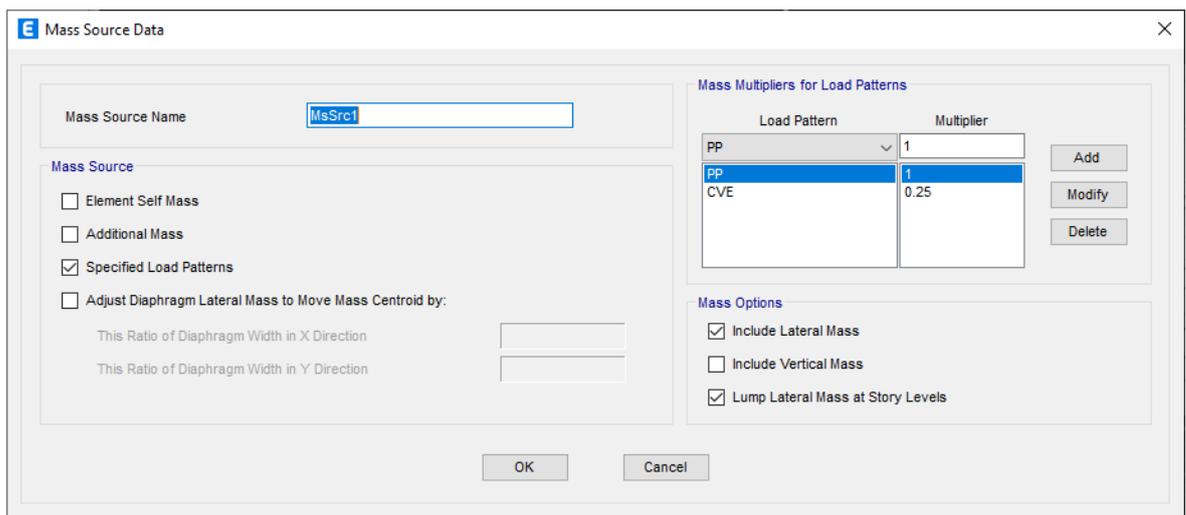
Figura 77: Modificamos los valores sísmicos en Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente se tiene que definir las masas de acuerdo a la norma E 020 la carga muerta en un valor de 1 y la carga viva en 0.25 como porcentaje de la carga muerta que se muestran en los siguientes cuadros de dialogo:

Figura 78: Ingreso de los valores de los valores de las masas

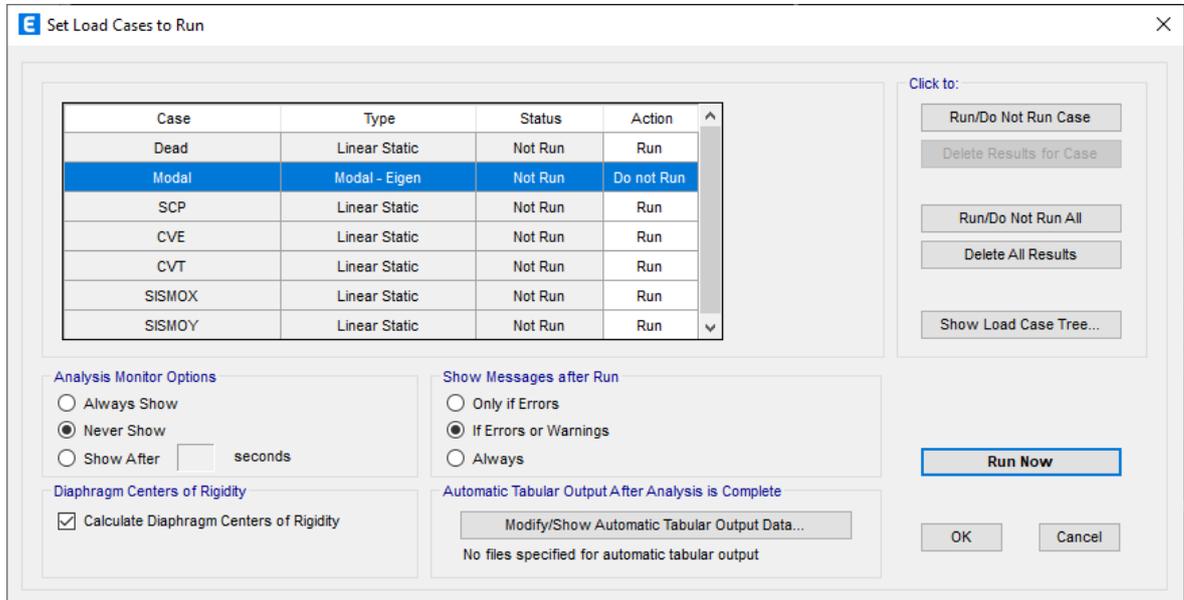


Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Finalmente, antes de ejecutar el proyecto se tiene que verificar los elementos que participaran en la simulación verificando que el

análisis modal no será ejecutado ya que el análisis es estático, también se indicara que el software calcule el centro de masa tal como se verifica en el siguiente cuadro de dialogo:

Figura 79: Ingreso de los valores de los valores de las masas



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

ii. CON EL SOFTWARE SAP2000

Para el análisis estático con Sap2000 hay que hacer algunos calculo que serán necesarios para el análisis estático como el factor α_i para cada nivel de la edificación sabiendo que la estructura tiene 4 niveles para posteriormente calcular las fuerzas tal como se especifica seguidamente

Si:

$$\alpha_i = \frac{P * h}{\sum_{n=0}^{i=0} P * h}$$

Dónde:

P= Peso de cada nivel

h = Altura para cada nivel desde el suelo

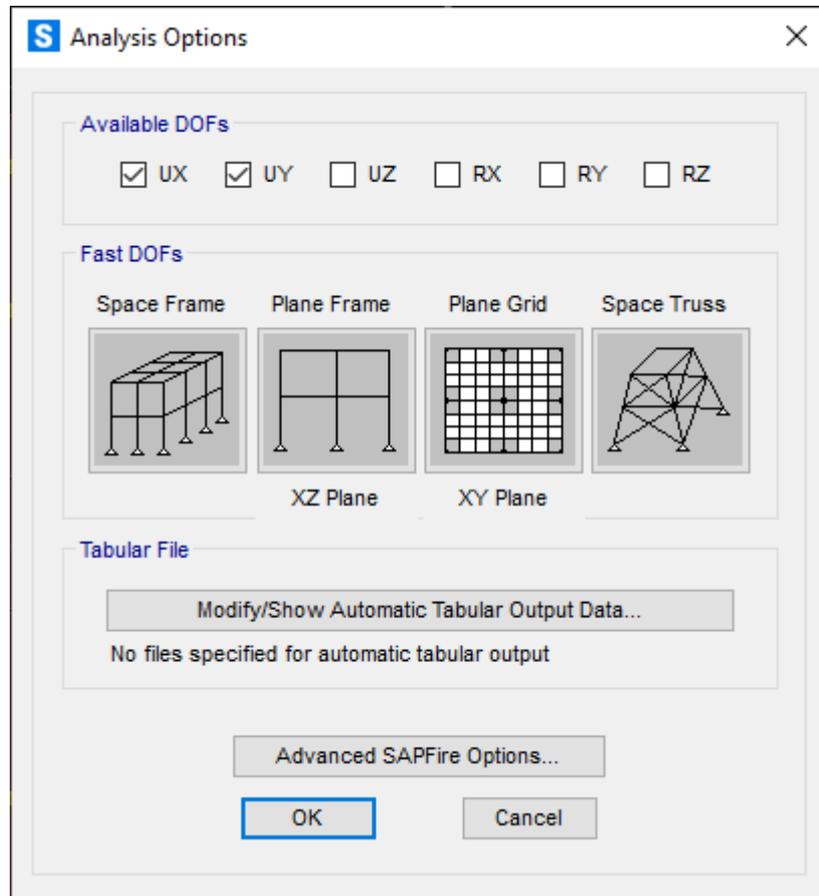
Seguidamente podemos calcular la fuerza sísmica para cada nivel sabiendo que de acuerdo a la norma E 030 la fórmula de la fuerza cortante es:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R} * P$$

$$F_i = \alpha_i * V_i$$

Después del cálculo de las fuerzas por nivel, definimos las opciones de análisis para los desplazamientos en X y en Y.

Figura 80: Opciones de análisis



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

b. ANALISIS DINAMICO

Primero indicar algunas características del análisis dinámico el cual consiste en verificar las oscilaciones llamadas también vibraciones que se presentan en una estructura teniendo de base su posición de equilibrio en el caso de los softwares de elementos finitos como Etabs y Sap2000 que se están usando ambos usan frecuencias sísmicas basadas en valores de periodos y aceleración sísmica.

La norma E 030 nos indica como calcular el periodo para la edificación estructural de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

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

De acuerdo a ello es importante indicar que cada uno de los softwares Etabs y Sap2000 nos dan la posibilidad de cálculo del periodo inicial para la edificación estructural.

También indicar que de la Norma E 030 de diseño sismorresistente señala que para el análisis dinámico espectral hay que considerar un criterio de superposición espectral como una alternativa que se da en base a la expresión matemática siguiente:

$$r = 0.25 * \sum |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum r_i^2}$$

Y por otro lado se puede utilizar el criterio de combinación de tipo cuadrática denominada (CQC).

Para nuestro caso de estudio en el presente trabajo de investigación se usará un espectro sísmico periodo valor que definirá fuerzas sísmicas en X e Y, según la norma E 030 correspondiente a la siguiente expresión matemática:

$$S_a = \frac{zucs}{R_{xy}} * g \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

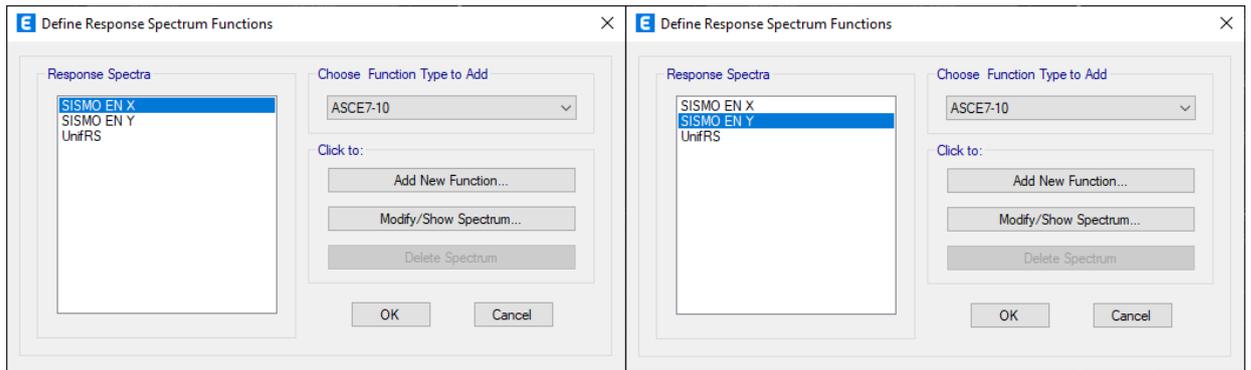
Donde el valor de g corresponde al valor de la gravedad y Sa el valor final para el diseño espectral.

En este sentido una vez definidas las características de los elementos estructurales de la edificación se procederá a definir los valores que nos permitirán determinar el comportamiento dinámico de la estructura ante valores sísmicos definidos.

i. CON EL SOFTWARE ETABS

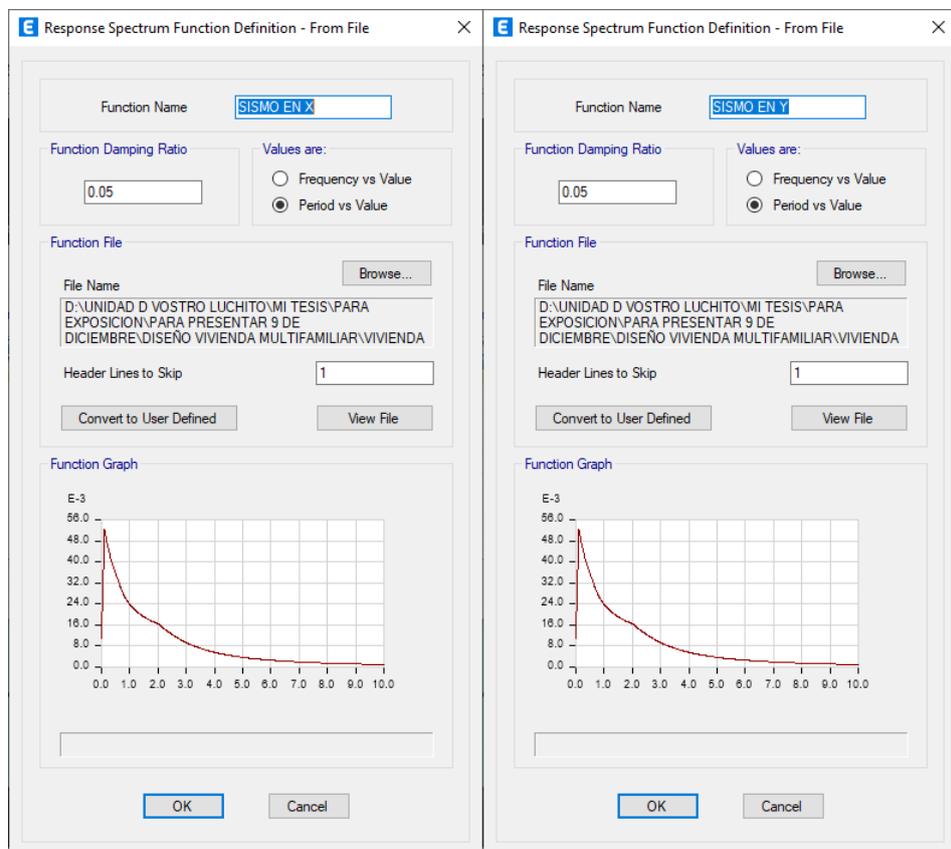
Procedemos a ingresar el espectro sísmico tanto para la generación de un sismo en X como en Y, en base al archivo de tipo TXT donde se encuentran los datos sísmicos mostrados en la tabla anterior por medio del cuadro de dialogo siguiente:

Figura 81: Creamos datos para Sismo en X e Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 82: Asignación del espectro sísmico en X eY



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Seguidamente definimos los parámetros modales

Figura 83: Parámetros modales

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:** Load Case Name: Modal; Load Case Type/Subtype: Modal; Eigen; Mass Source: MsSrc1; Analysis Model: Default.
- P-Delta/Nonlinear Stiffness:** Use Preset P-Delta Settings: None; Use Nonlinear Case: (Loads at End of Case NOT Included).
- Loads Applied:** Advanced Load Data Does NOT Exist; Advanced: .
- Other Parameters:** Maximum Number of Modes: 12; Minimum Number of Modes: 1; Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec; Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec; Convergence Tolerance: 1E-09; Allow Auto Frequency Shifting: .

Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Luego definimos los parámetros para el sismo dinámico en X y Y

Figura 84: Parámetros para el sismo dinámico en X e Y

The two screenshots show the 'Load Case Data' dialog box for dynamic seismic analysis in X and Y directions. The 'Loads Applied' table in both is as follows:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SISMO EN X	1
Acceleration	U3	SISMO EN X	0.67

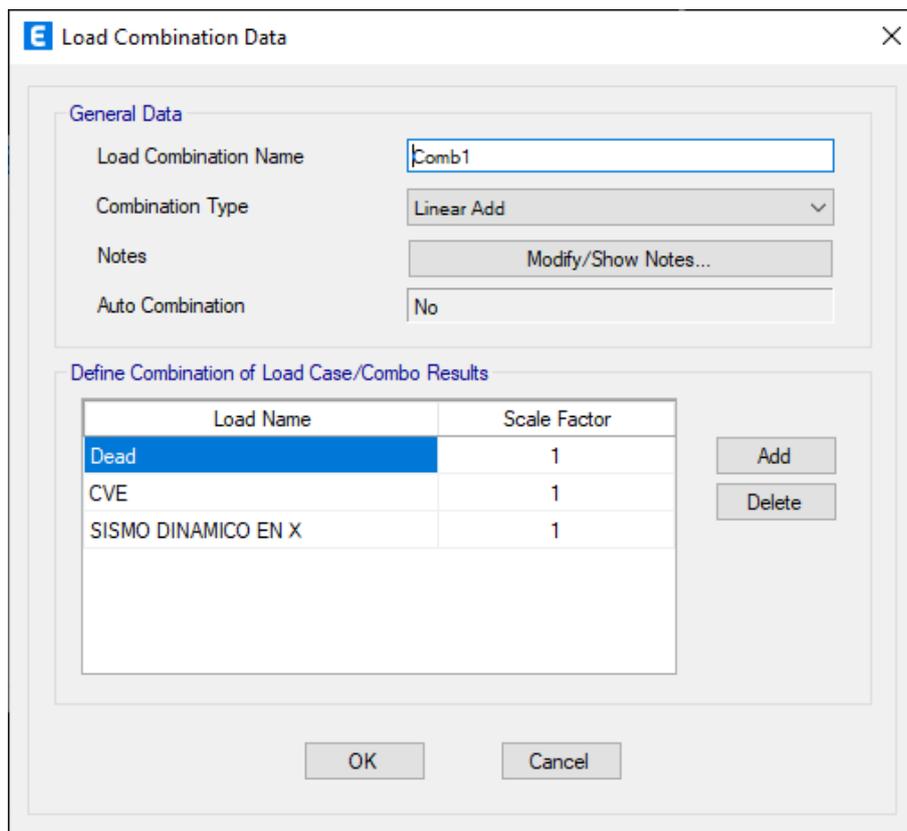
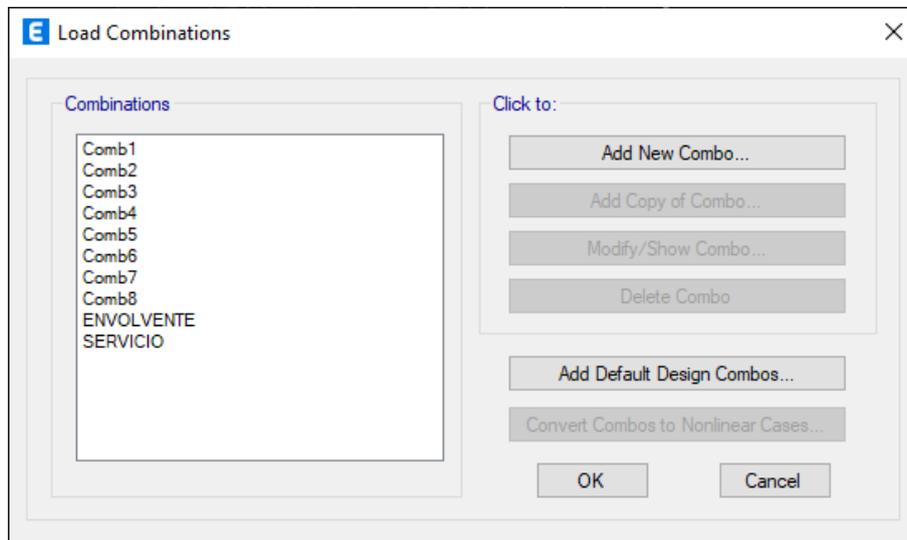
Other parameters shown in both screenshots include:

- General:** Load Case Name: SISMO DINAMICO EN X (left) / SISMO DINAMICO EN Y (right); Load Case Type: Response Spectrum; Mass Source: Previous (MsSrc1); Analysis Model: Default.
- Other Parameters:** Modal Load Case: Modal; Modal Combination Method: CQC; Directional Combination Type: SRSS; Modal Damping: Constant at 0.05; Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms.

Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Ahora se definen todas las combinaciones de carga para que trabajen con el sismo dinámico:

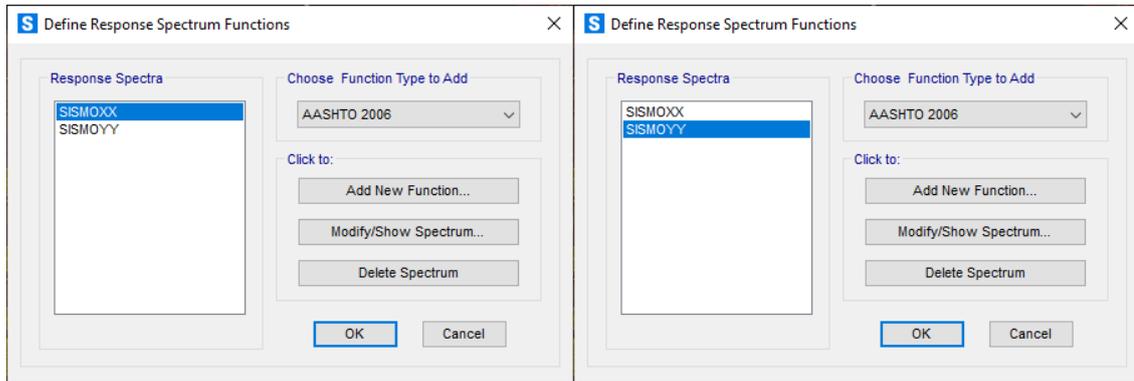
Figura 85: Definición de combinaciones sísmicas



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

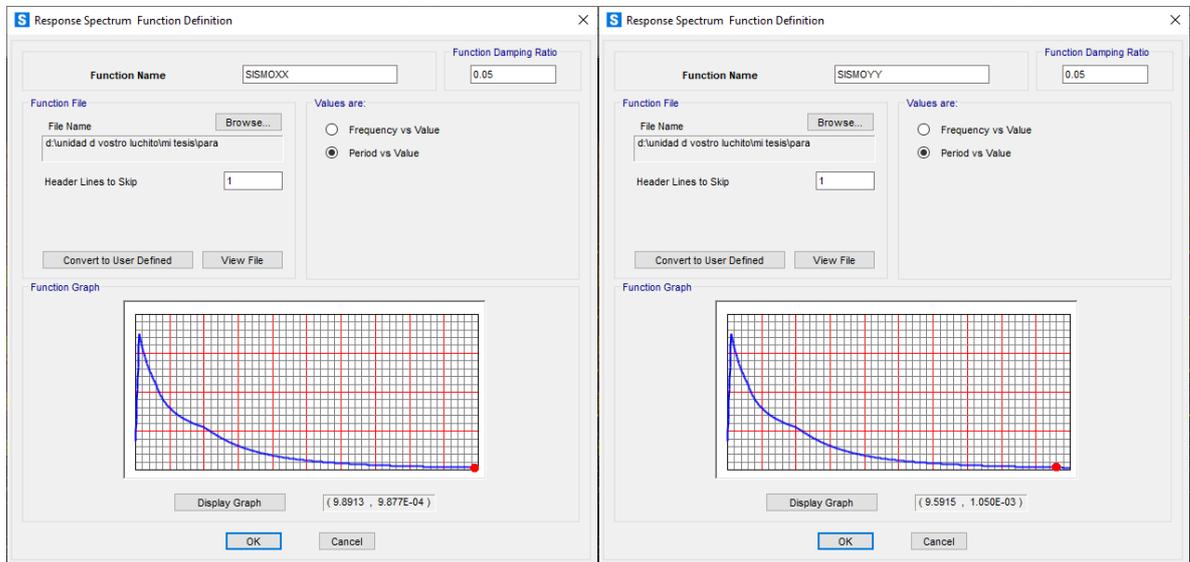
ii. CON EL SOFTWARE SAP2000

Figura 86: Creamos datos para Sismo en X e Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

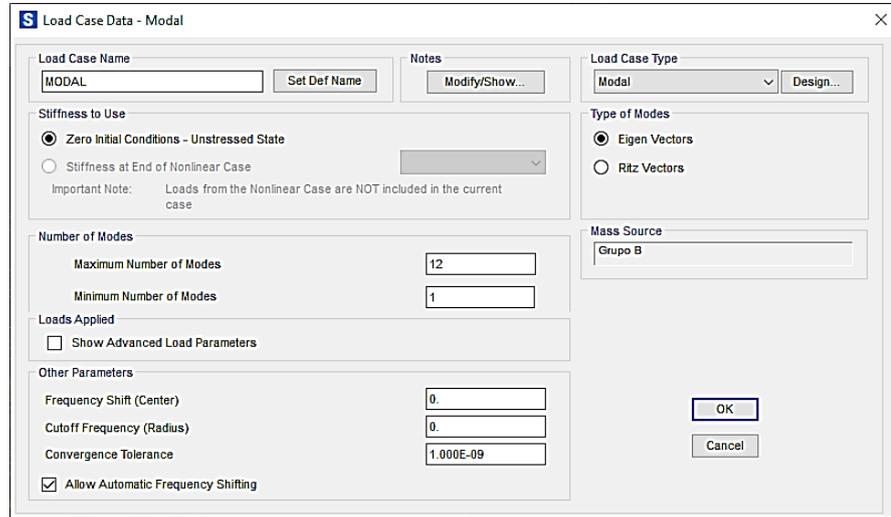
Figura 87: Asignación del espectro sísmico en X e Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Seguidamente definimos los parámetros modales

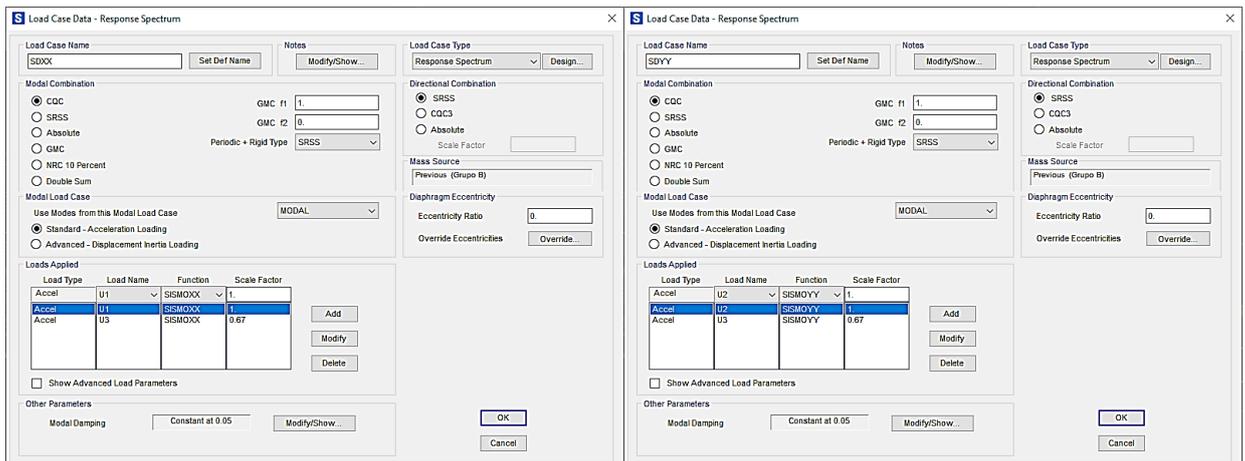
Figura 88: Parámetros modales



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Luego definimos los parámetros para el sismo dinámico en X y Y

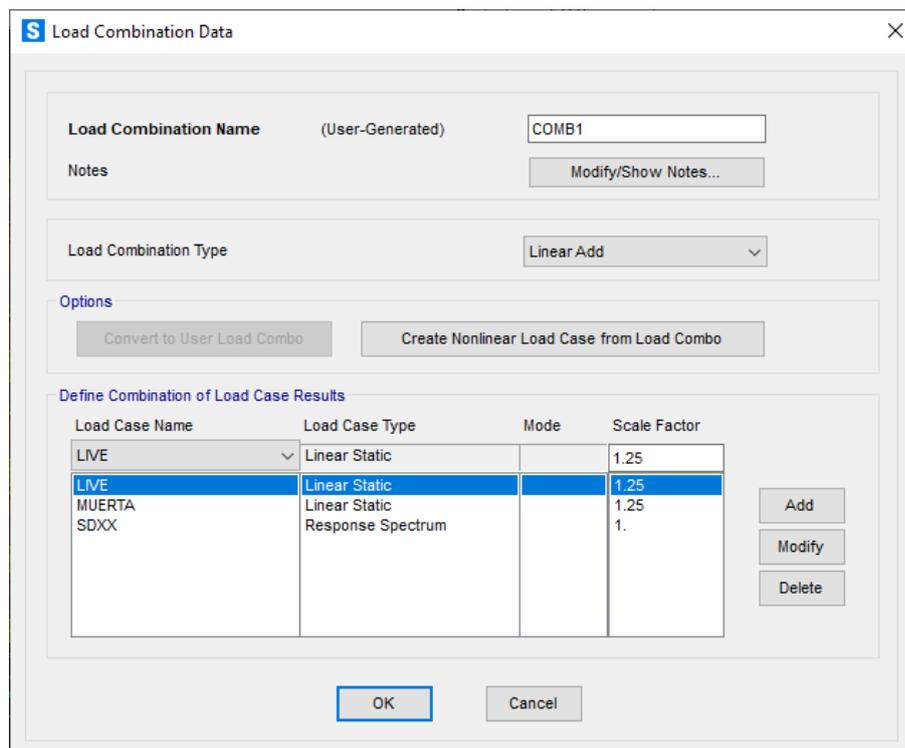
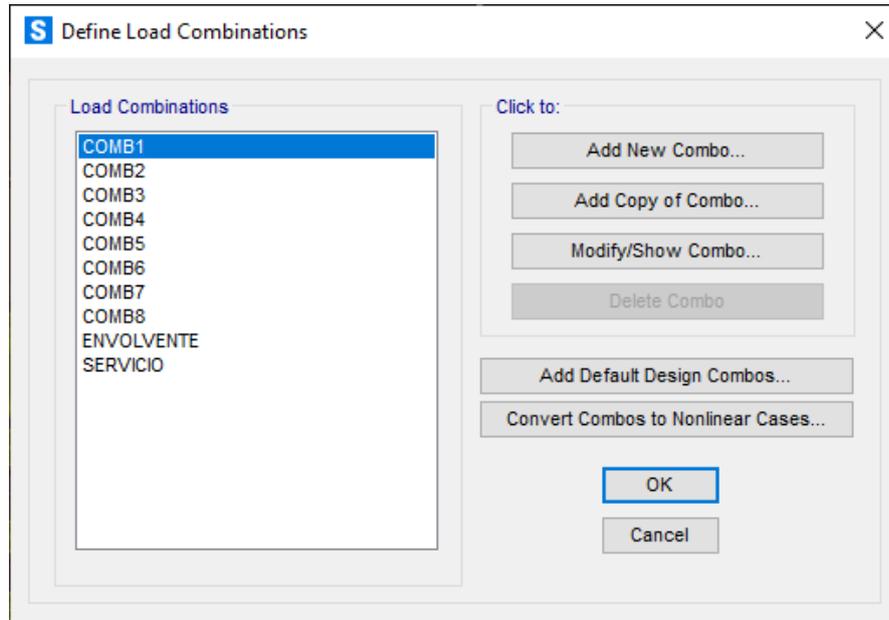
Figura 89: Parámetros para el sismo dinámico en X e Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Ahora se definen todas las combinaciones de carga para que trabajen con el sismo dinámico:

Figura 90: Definición de combinaciones sísmicas



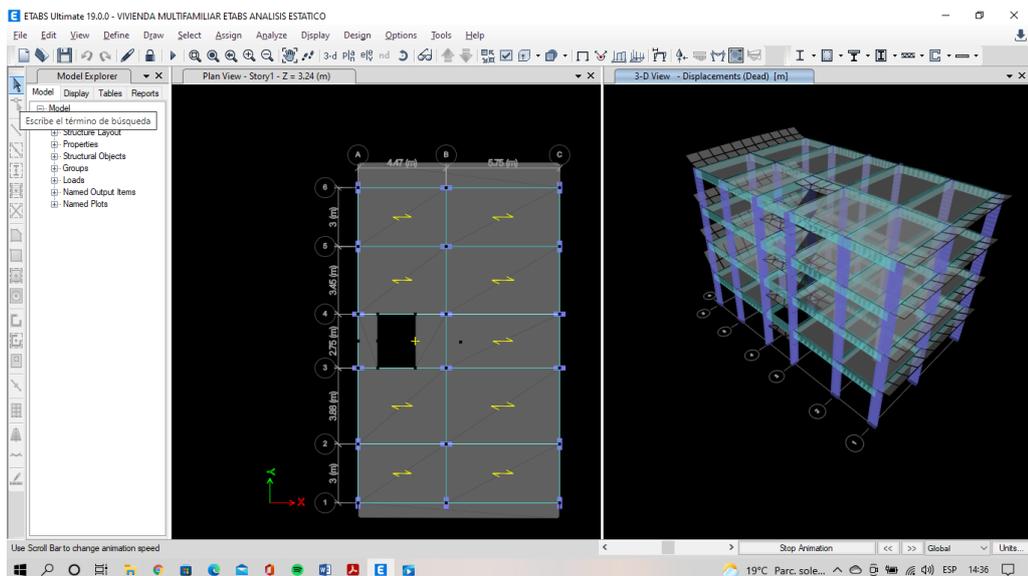
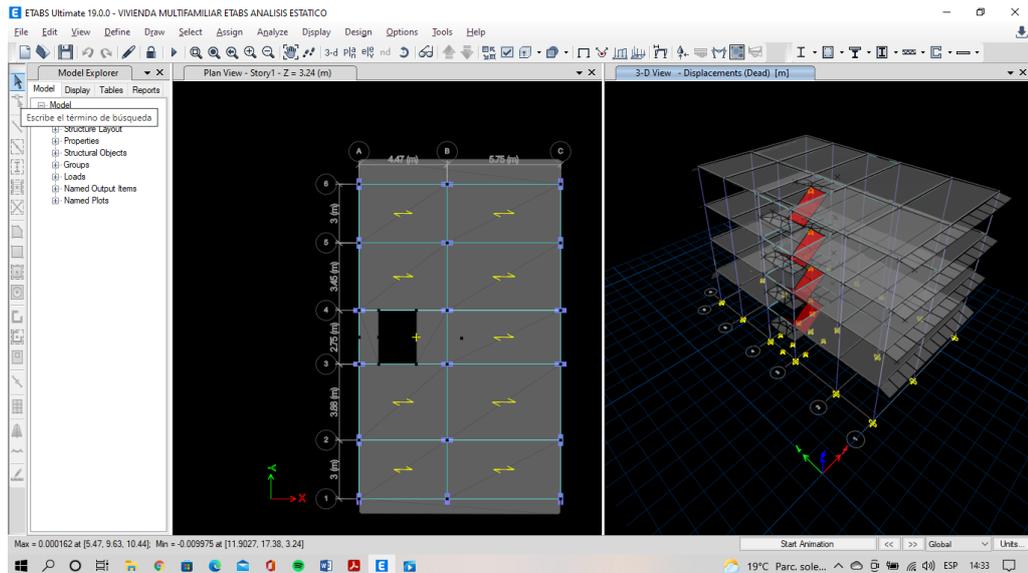
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

5. SIMULACION EN SOFTWARES

Después de haber realizado el análisis de parámetros para la simulación se tienen las vistas de la simulación para cada análisis realizado con cada uno de los softwares de modelamiento de acuerdo al siguiente nivel de especificación para cada software

a. SIMULACION ESTATICA CON ETABS

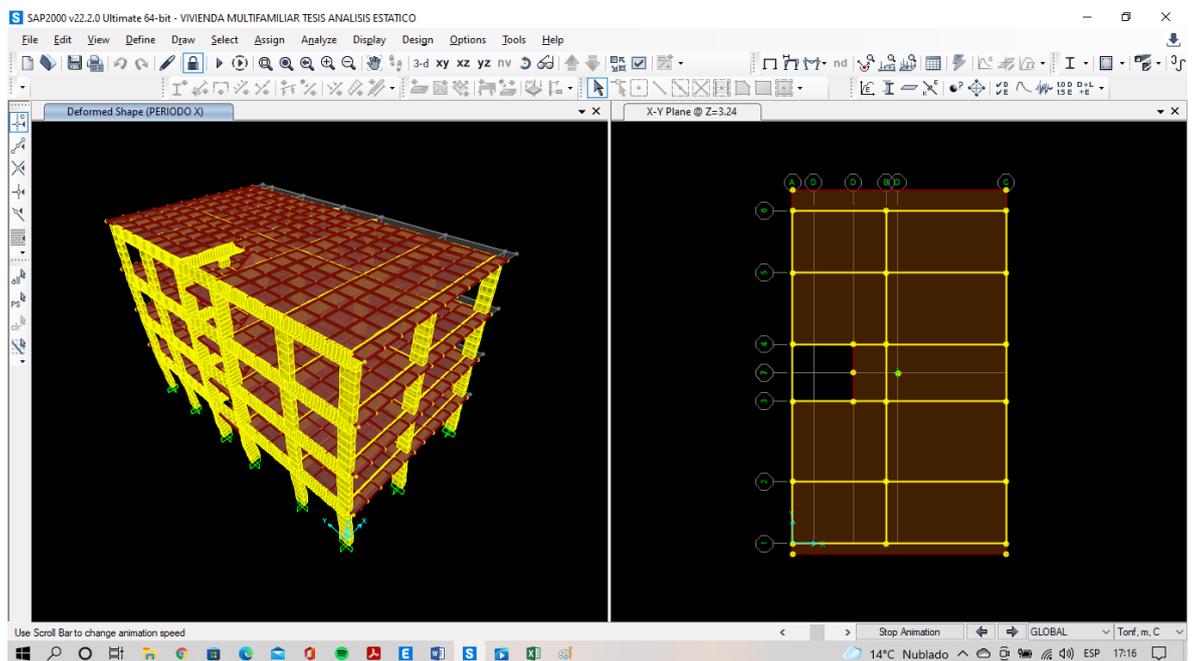
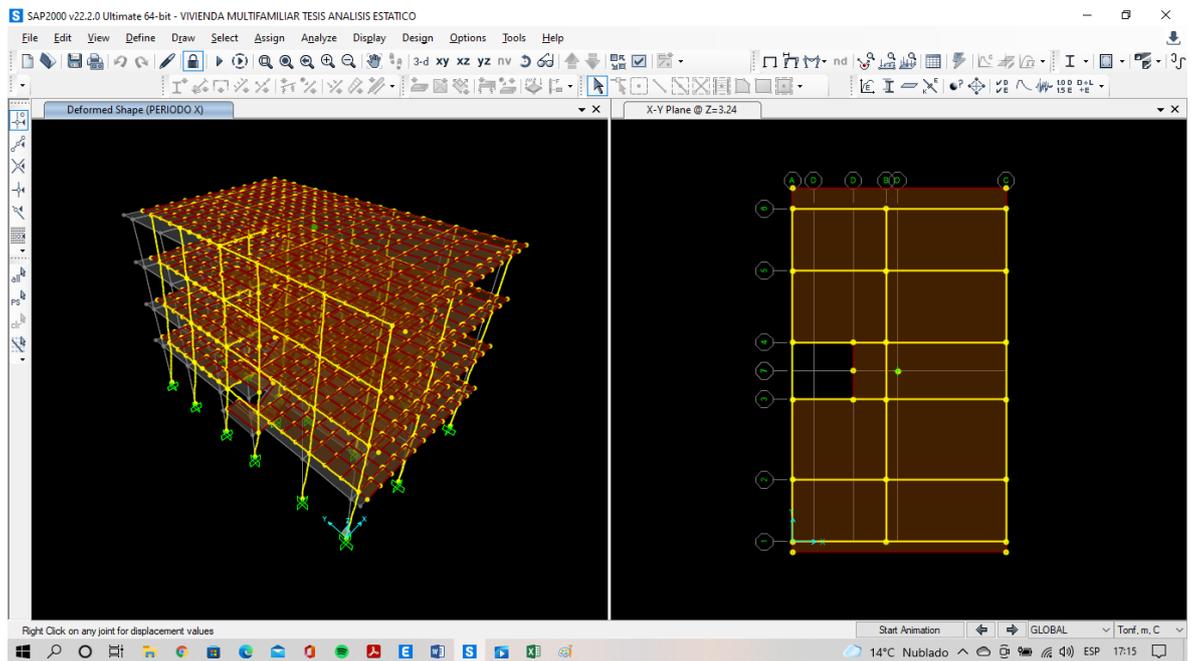
Figura 91: Estado de la simulación estática



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

b. SIMULACION ESTATICA CON SAP2000

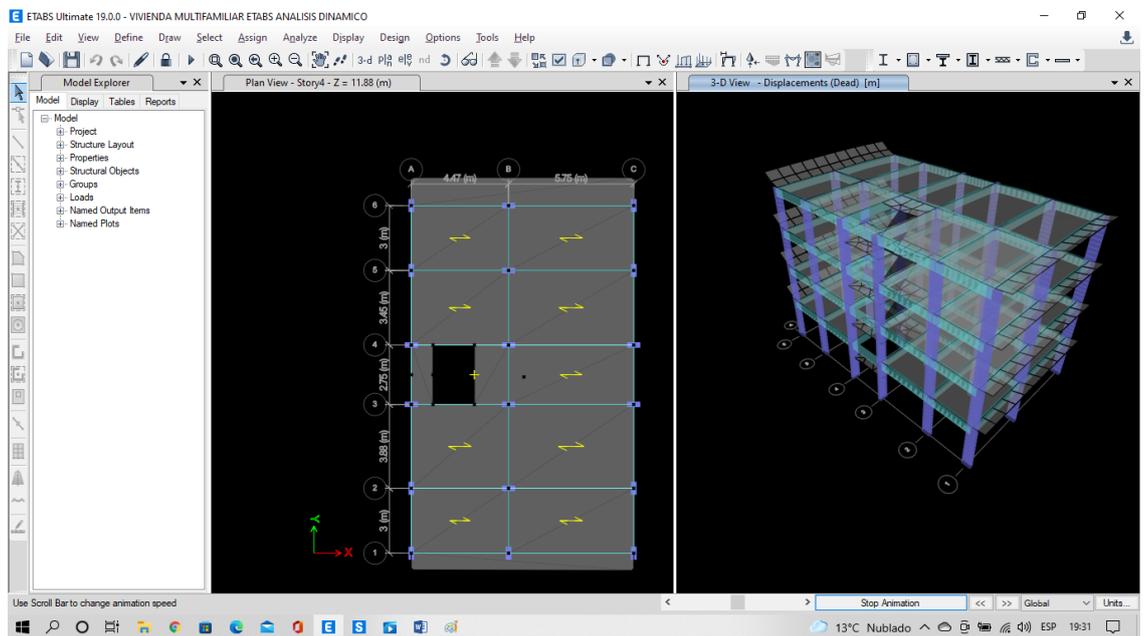
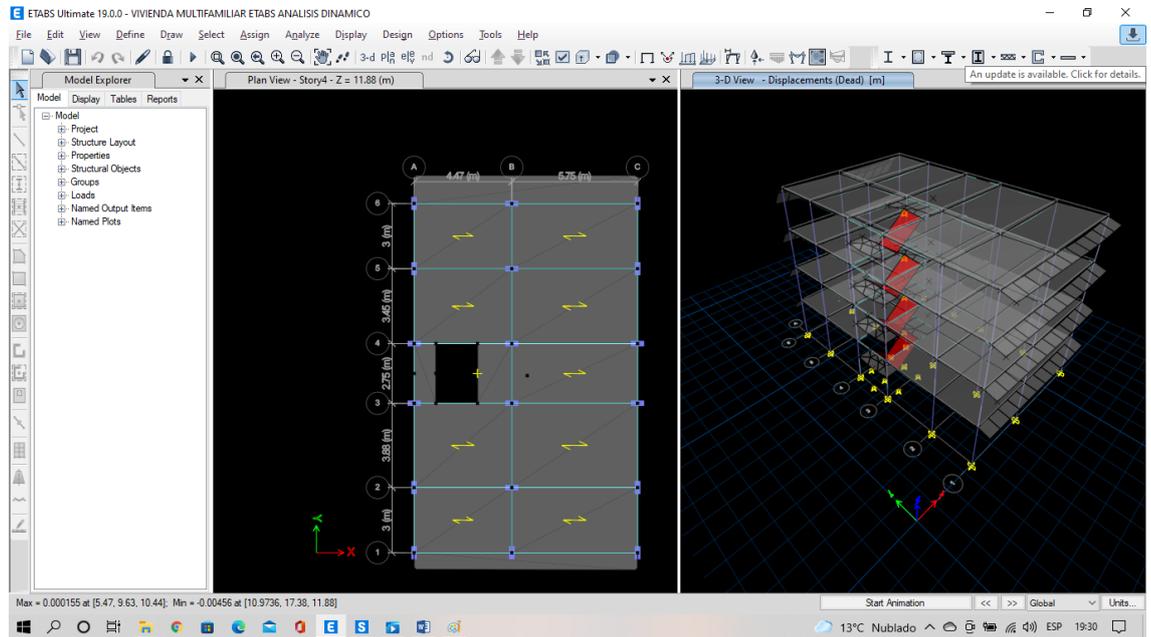
Figura 92: Estado de la simulación estática



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

C. SIMULACION DINAMICA CON ETABS

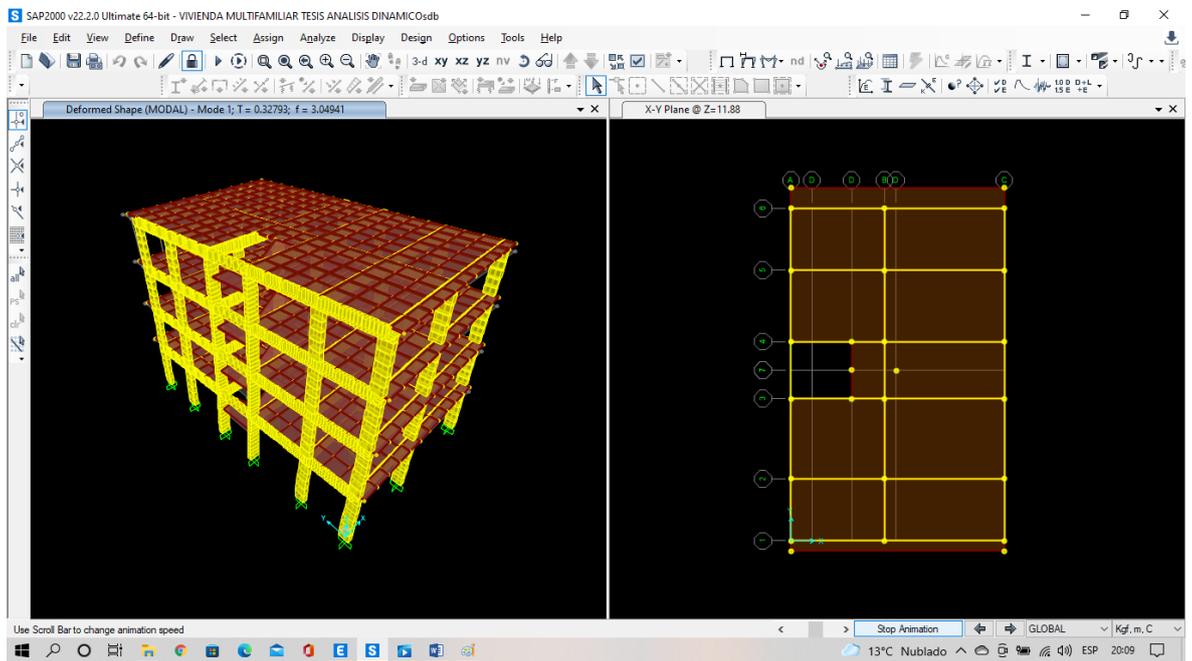
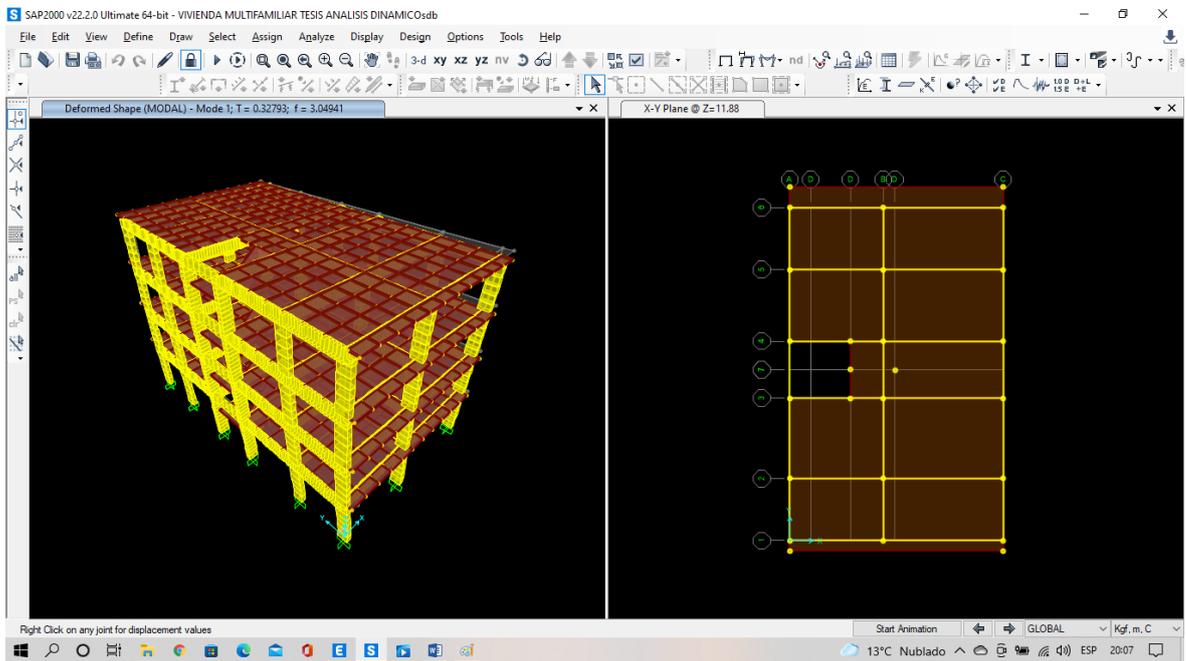
Figura 93: Estado de la simulación Dinámica



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

d. SIMULACION DINAMICA CON SAP2000

Figura 94: Estado de la simulación Dinámica



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

6. OPTIMIZACION DE VALORES EN VARIABLES

Es importante indicar que la edificación sobre la cual se hace este trabajo de investigación tiene una antigüedad de 10 años por lo cual es importante saber del nivel de resistencia que a la fecha tiene el concreto que en un inicio fue definido con el valor de $f'c = 210$, en estos casos es funcional hacer pruebas de esclerometría para medir la resistencia en el sitio del concreto de edad avanzada y hacer la comprobación de su estado actual entre otros, este estudio está avalado por la norma ASTM C805/C805M, en cuyo detalle indica que la distancia de rebote del martillo permite medir la deformación del concreto, el valor final del concreto nos servirá para saber el estado estructural de la edificación a través de las herramientas de software como Etabs y Sap2000 y determinar si la estructura es óptima o necesita algún reforzamiento estructural.

7. SALIDA DE INFORMACION CON SOFTWARES

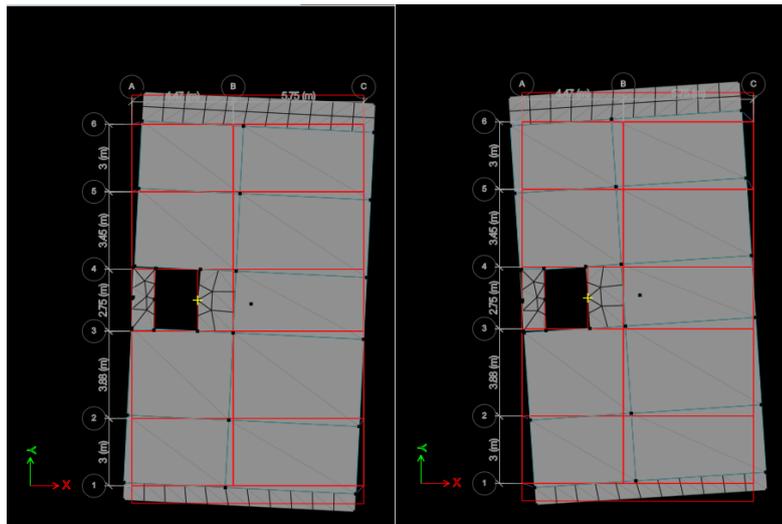
Una vez que se realizan los modelos de las estructuras con toda la información estructural correspondiente a cada diseño es necesario mostrar la información que brinda cada uno de los softwares que se está usando como Etabs y Sap2000, esto de acuerdo a la necesidad de análisis del usuario tal como se puede mostrar seguidamente:

a. VISUALIZACION DE DESPLAZAMIENTOS CON ETABS

Es importante destacar la visualización del desplazamiento depende del manejo de fuerzas y de cargas sobre los cuales uno desee hacer combinaciones y mostrar lo cual es variado y de acuerdo a necesidad de la visualización que quiera el usuario.

En este sentido tenemos la visualización de desplazamiento en X e Y:

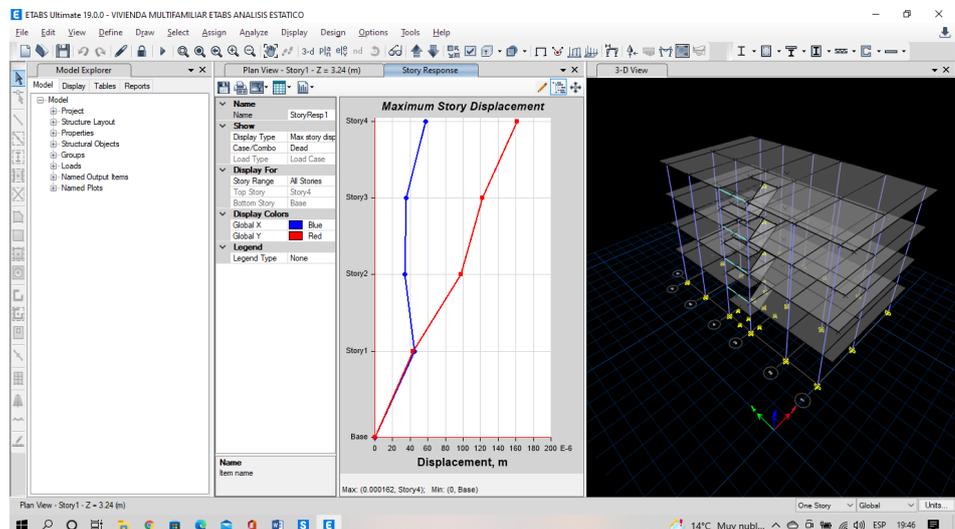
Figura 95: Desplazamientos en X e Y



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Etabs también permite visualizar los desplazamientos a través de visualización de líneas de desplazamientos donde la línea roja representa el desplazamiento en el eje Y y la línea de color azul el desplazamiento en el eje X por niveles de la edificación.

Figura 96: Líneas de visualización de desplazamientos



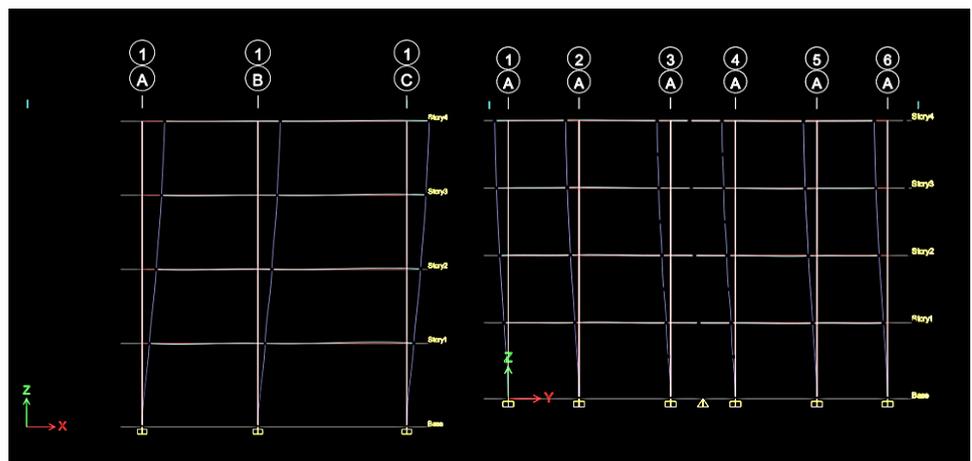
Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 97: Visualización de los desplazamientos en X e Y en “mm” por niveles de la estructura

Story	Elevation mm	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story4	11880	Top	0.057	0.162
Story3	9000	Top	0.035	0.122
Story2	6120	Top	0.034	0.097
Story1	3240	Top	0.045	0.043
Base	0	Top	0	0

Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

Figura 98: Vista lateral XZ y YZ de desplazamiento

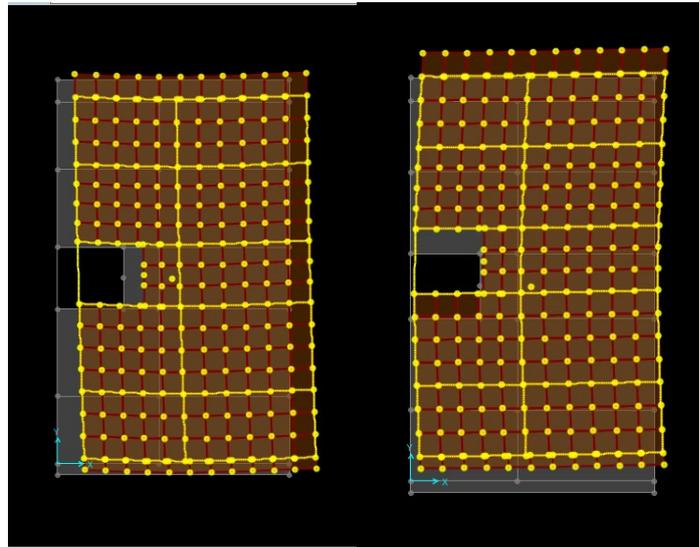


Fuente: Captura de pantalla de Programa Etab

b. VISUALIZACION DE DESPLAZAMIENTOS CON SAP2000

En el caso de Sap2000 permite también mostrar los desplazamientos de la estructura ante la aplicación de cargas y fuerzas sísmicas sean estas estáticas o dinámicas; esta visualización es de tipo grafico mas no con líneas de visualización de desplazamiento en X e Y como en el caso de Etabs, para ello es necesario usar de una aplicación complementaria que se denomina DIEC V19, seguidamente se muestra ejemplos de desplazamiento sobre la estructura:

Figura 99: Visualización de desplazamiento en X e Y



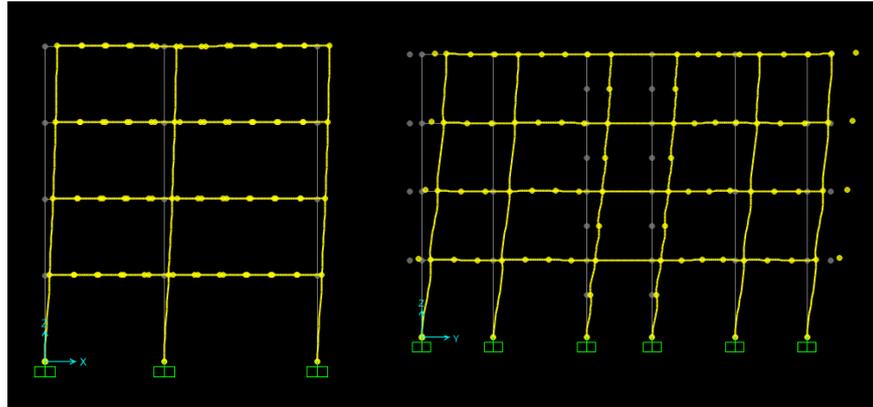
Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Figura 100: Visualización de los desplazamientos en X e Y en “mm” por niveles de la estructura

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	MODAL	LinModal	Mode	1	-3.557279	0.337749	0.005535	-0.00012	-0.000251	-4E-05
1	MODAL	LinModal	Mode	2	-0.391962	-1.522495	-0.291705	0.000344	-3.5E-05	-7.5E-05
1	MODAL	LinModal	Mode	3	-2.377326	2.706854	0.448923	-0.000598	-7.8E-05	-0.000361
1	MODAL	LinModal	Mode	4	-8.779093	0.888104	0.175149	-0.000142	-0.000263	-0.000307
1	MODAL	LinModal	Mode	5	0.080782	4.434445	0.052298	-0.000505	2.3E-05	0.000169
1	MODAL	LinModal	Mode	6	5.429859	-6.219925	-0.127595	0.000665	9.3E-05	0.000887
1	MODAL	LinModal	Mode	7	9.616982	-1.23139	0.096721	-0.000192	-0.000339	0.000783
1	MODAL	LinModal	Mode	8	-1.977017	1.557215	-0.151661	2.8E-05	0.00021	-1.3E-05
1	MODAL	LinModal	Mode	9	-0.168966	-4.874418	0.076031	-0.000288	0.000125	-0.000404
1	MODAL	LinModal	Mode	10	-1.251518	1.189283	-0.028732	8E-05	1.3E-05	-0.000139
1	MODAL	LinModal	Mode	11	4.396047	-5.971525	0.161828	-0.000365	-9.4E-05	0.000713
1	MODAL	LinModal	Mode	12	-1.852536	2.085119	-0.092269	0.000145	9.6E-05	-0.000319
1	SDXX	LinRespSpec	Max		0.061481	0.011951	0.001566	3.246E-06	4.416E-06	1.83E-06
1	SDYY	LinRespSpec	Max		0.016714	0.04014	0.007371	8.761E-06	1.212E-06	1.772E-06
2	MODAL	LinModal	Mode	1	-3.567149	-1.267811	-0.182927	0.000313	-0.000319	-8.1E-05
2	MODAL	LinModal	Mode	2	-0.430912	-2.868214	-0.505044	0.000601	2.6E-05	-0.000234

Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

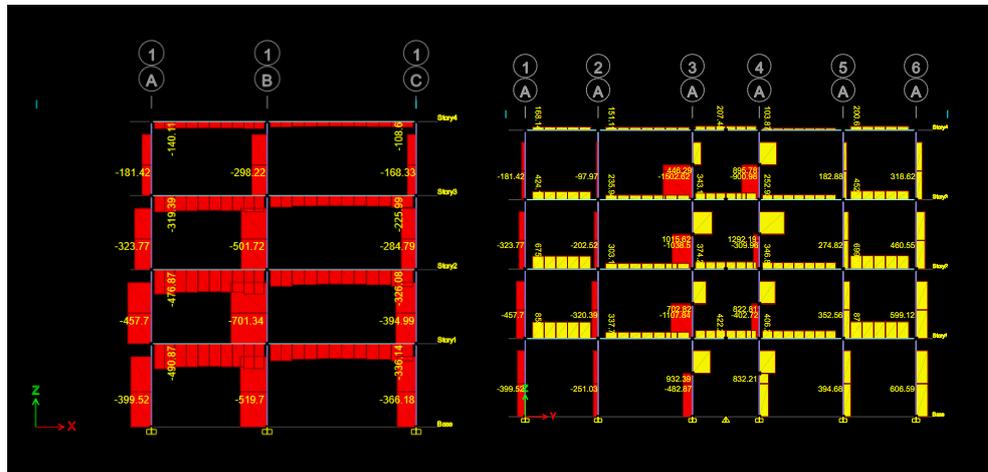
Figura 101: Vista lateral XZ y YZ de desplazamiento



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

c. VISUALIZACION DE ESFUERZO CORTANTE CON ETABS

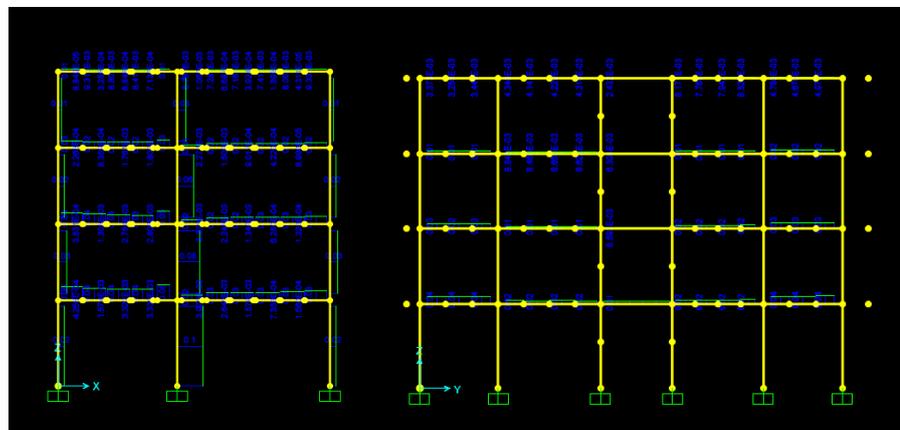
Figura 102: Vista de esfuerzo cortante en Etabs



Fuente: Captura de pantalla de Programa Etabs

d. VISUALIZACION DE ESFUERZO CONRTANTE CON SAP2000

Figura 103: Vista de esfuerzo cortante en Sap2000



Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

3.6. Método de análisis de datos: Nuestro método de análisis de datos será cuantitativo porque nuestro enfoque responde al análisis de medidas en términos de números, los cuales serán recaudados por medio de los instrumentos de recolección de datos, como las fichas de laboratorio, planos, documentos basados en normas como las que están en el RNE y que serán ingresadas para su validación y procesamiento en los tres softwares de elementos finitos para su análisis y modelamiento, finalmente los resultados serán analizados, comparados desde el punto de vista sísmico estructural para posteriormente sacar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

1.- Análisis de datos para modelo estático

Calculo del factor de escala sísmico:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R}$$

Z = Factor de Zona sísmica

U = Factor de uso o importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de amplificación del Suelo

R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

De acuerdo la información que se tiene asignamos los valores para cada uno de los parámetros de V

Tabla 6: Datos para el factor de escala

	Valor	Descripción	Norma
Z	0.25	Zona 2 (Cusco)	E 030
U	1.0	Edificaciones comunes Viviendas categoría C	E 030
C	2.5	Amplificación sísmica	E 030
S	1.2	Factor del suelo	E 050
R	8	Por ser estructura de concreto armado	E 030

Fuente: RNE Norma R 030

Haciendo los cálculos respectivos para el factor de coeficiente basal

$$V = \frac{0.25 * 1 * 2.5 * 1.2}{8} = 0.09375$$

cálculo las fuerzas aplicables a cada nivel en el análisis estático:

Si:

$$\alpha_i = \frac{P * h}{\sum_{i=0}^n P * h}$$

Dónde:

P= Peso de cada nivel

h = Altura para cada nivel desde el suelo

Entonces:

Primer nivel:

$$\alpha_1 = \frac{124.18 * 3.24}{3925.5732} = 0.1024$$

Segundo nivel:

$$\alpha_2 = \frac{130.49 * 6.12}{3925.5732} = 0.2034$$

Tercer nivel:

$$\alpha_3 = \frac{130.49 * 9}{3925.5732} = 0.2991$$

Cuarto nivel:

$$\alpha_4 = \frac{130.49 * 11.88}{3925.5732} = 0.3949$$

De esta manera podemos calcular la fuerza sísmica para cada nivel sabiendo que de acuerdo a la norma E 030 la fórmula de la fuerza cortante es:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R} * P$$

Para P es igual al peso total de la estructura con un valor de 515.65.

Entonces se tiene

$$V = \frac{0.25 * 1 * 2.5 * 1.2}{8} * 515.65 = 48.3421875$$

$$F1 = 0.1024 * 48.3421875 = 4.95024$$

$$F2 = 0.2034 * 48.3421875 = 9.83280$$

$$F3 = 0.2991 * 48.3421875 = 14.45915$$

$$F4 = 0.3949 * 48.3421875 = 19.09033$$

Calculamos la excentricidad accidental para la estructura

$$e_x = 0.05 * 10.47 = 0.5235m$$

$$e_y = 0.05 * 16.505 = 0.82525m$$

Una vez realizados los cálculos de los valores de las fuerzas se procede a generar los periodos tanto para X como para Y en el software Sap2000 tal como se muestra en los cuadros de dialogo:

Tabla 7: Fuerzas en X e Y por nivel

Primer nivel		Segundo Nivel	
Load Pattern	PERIODO X	Load Pattern	PERIODO X
Joint Force		Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL	Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	4.9502	Force in X Dir	9.8328
Load Pattern	PERIODO Y	Load Pattern	PERIODO Y
Joint Force		Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL	Coordinate System	GLOBAL
Force in Y Dir	4.9502	Force in Y Dir	9.8328
Tercer Nivel		Cuarto nivel	
Load Pattern	PERIODO X	Load Pattern	PERIODO X
Joint Force		Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL	Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	14.4592	Force in X Dir	19.0903
Load Pattern	PERIODO Y	Load Pattern	PERIODO Y
Joint Force		Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL	Coordinate System	GLOBAL
Force in Y Dir	14.4592	Force in Y Dir	19.0903

Fuente: Captura de pantalla de Programa Sap2000

Una vez determinados los cálculos de factor de escala y fuerzas sísmicas se ingresó los datos a cada uno de los softwares de elementos finitos como son Etabs y Sap2000 dentro de los cuales se realizó el análisis y cálculos internos propios de cada software, obteniendo los cálculos estructurales tomando en cuenta que se hizo

el análisis de acuerdo al siguiente criterio de análisis estático para valores de $f'c=210$ y también para el valor producto del análisis de esclerometría que nos dio como resultado de análisis de laboratorio de un $f'c =200$ para la edificación con antigüedad de 10 años, con este criterio es que se simuló el comportamiento estructural de nuestra edificación, seguidamente se muestra los resultados en base a las fuerzas sísmicas aplicadas como SISMOX y SISMOY, obteniendo los valores de desplazamiento, se sabe de acuerdo a la norma E030 en su numeral 5.2 sobre los desplazamientos laterales relativos admisibles en la cual se indica que el valor máximo para un desplazamiento relativo no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso la cual también se denomina distorsión y que se referencia en la Tabla N°11 seguidamente se muestran las derivas resultado de la simulación estructural a nivel estático:

Tabla 8: Resultados de desplazamientos para análisis estático calculados con Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=200$ kg/cm² por niveles de la edificación.

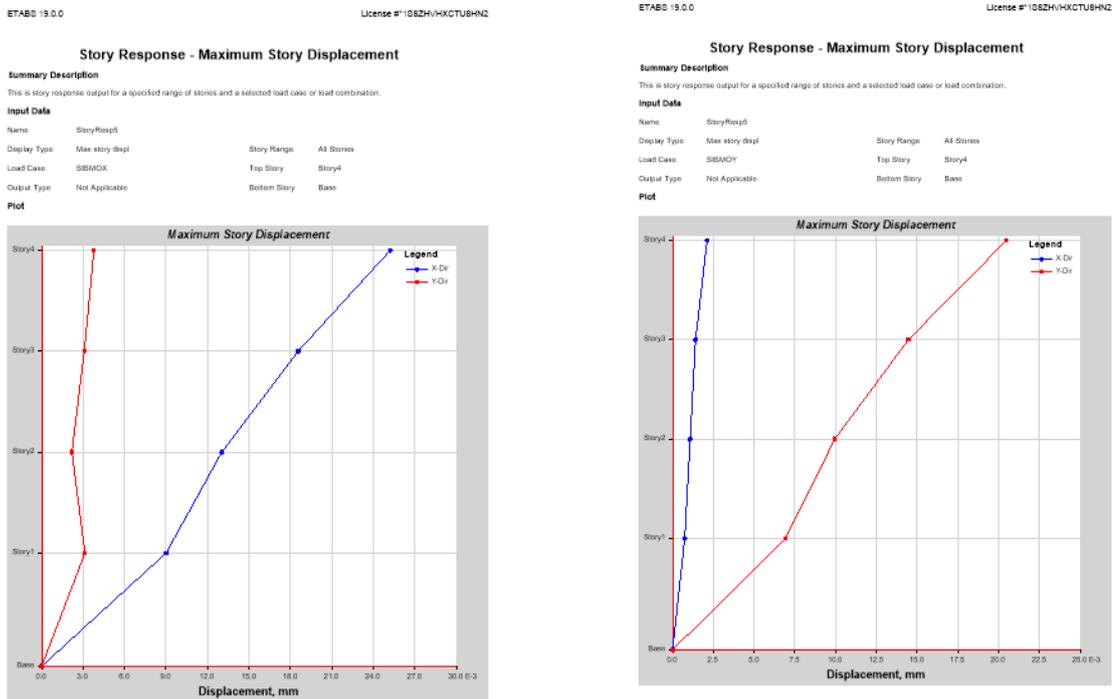
DESPLAZAMIENTOS (ANALISIS ESTATICO)									
f'c= 210 kg/cm ²					f'c=200 kg/cm ²				
	ETABS					ETABS			
	SISMO X		SISMO Y			SISMO X		SISMO Y	
NIVEL	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY	NIVEL	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY
4	0.02524	0.00377	0.00213	0.02046	4	0.02586	0.00386	0.00218	0.02097
3	0.01856	0.00310	0.00140	0.01447	3	0.01902	0.00318	0.00144	0.01482
2	0.01305	0.00218	0.00107	0.00996	2	0.01337	0.00224	0.00110	0.01021
1	0.00902	0.00311	0.00075	0.00691	1	0.00924	0.00319	0.00077	0.00708
	SAP2000					SAP2000			
	SISMO X		SISMO Y			SISMO X		SISMO Y	
NIVEL	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY	NIVEL	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY
4	0.00571	0.00475	0.00440	0.00865	4	0.00286	0.00336	0.00357	0.00326
3	0.00216	0.00033	0.00083	0.00465	3	0.00147	0.00238	0.00228	0.00157
2	0.00365	0.00248	0.00078	0.00476	2	0.00057	0.00172	0.00126	0.00075
1	0.00346	0.00215	0.00057	0.00460	1	0.00062	0.00176	0.00158	0.00095

Fuente: Diseño propio

En la Tabla 8 se muestran los resultados de todos los desplazamientos producto de la simulación del modelo estructural ante fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y, se simuló para el valor de $f'c = 210$ que correspondería a la edificación primigenia o inicial, se vio por conveniente realizar un análisis de esclerometría sobre algunos elementos estructurales y constatar la resistencia del concreto a la fecha ya que la edificación tiene una antigüedad de 10 años y es recomendable como a la actualidad se comporta la estructura, tal es así que se realizaron simulaciones de tipo estático y dinámico también para el valor de 200kg/cm^2 correspondiente a los resultados de laboratorio que se detallan en el anexo N°4 de ensayos de laboratorio, ello para tener una visión más clara de cómo el tiempo afecta a los valores del $f'c$ ante concretos antiguos.

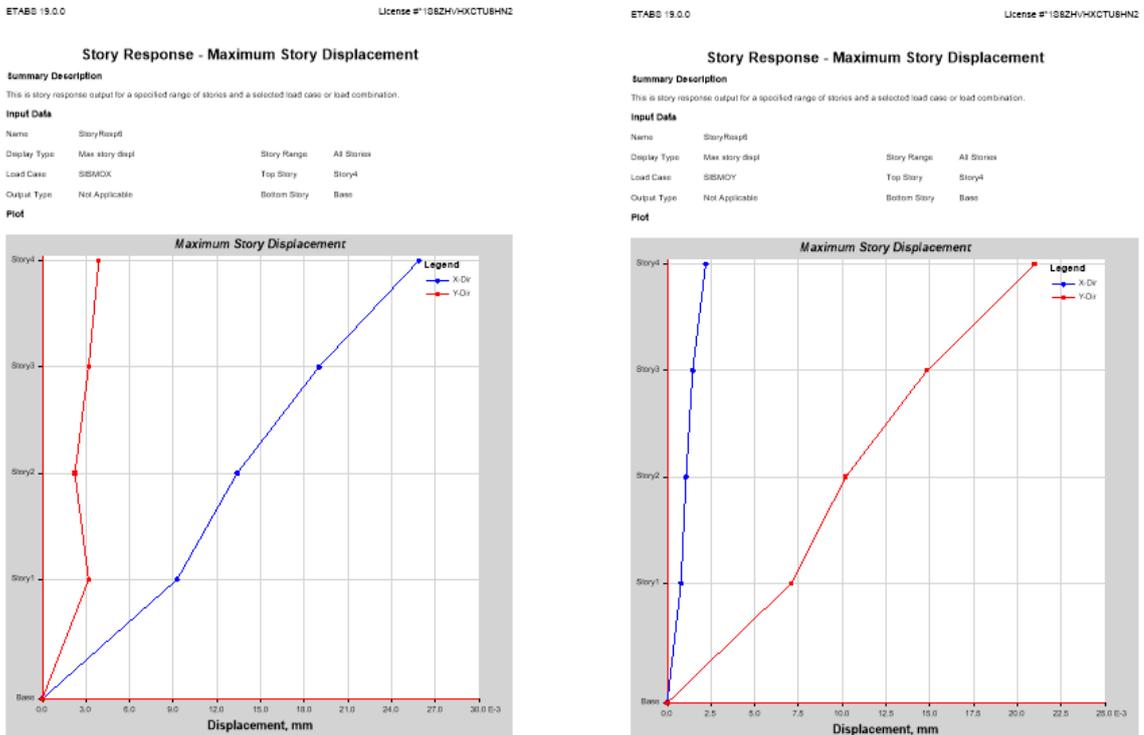
Estos resultados también nos arrojaron gráficos a nivel del software Etabs donde nos muestra los desplazamientos de la estructura los cuales se muestran a continuación como parte del nivel de funcionalidad de Etabs, aclarando que Sap2000 no permite emitir reportes de esta naturaleza en vista que necesita de un software complementario para realizar dicha tarea, el software en mención se denomina DIEC V19, seguidamente se muestran los gráficos equivalentes a los desplazamientos.

Figura 104. Vistas resultantes del desplazamiento análisis estático para $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Captura de pantalla Etabs

Figura 105: Vistas resultantes del desplazamiento análisis estático para $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$ (esclerómetro)



Fuente: Captura de pantalla Etabs

2.- Análisis de datos para modelo Dinámico

Dentro de las recomendaciones de la Norma E030 recomienda hacer un análisis dinámico para verificar el comportamiento sismorresistente de una edificación tomando en cuenta que la norma E030 indica que cualquier estructura en su diseño puede usar resultados de datos dinámicos de tipo espectral, tomando en cuenta ello se vio por conveniente realizar el análisis dinámico con ambos softwares Etabs y Sap2000 para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para el valor de laboratorio de esclerometria $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ de tal manera que con ello se podrá tener un panorama más claro del comportamiento de ambos softwares ante estos dos tipos de $f'c$. En este sentido se usará los valores sísmicos de Periodo Vs valor sísmico al cual se denomina espectro sísmico que se sugiere la norma E030 como parte del análisis dinámico, con estas recomendaciones se ingresó los valores del espectro sísmico de la tabla siguiente:

Tabla N° 9: Frecuencia de datos sísmicos Periodo / Valor

T (seg)	Sa (1/g)						
0	0.011126	0.21	0.046373	0.41	0.038272	0.61	0.032436
0.01	0.015427	0.22	0.045887	0.42	0.03794	0.62	0.032063
0.02	0.019278	0.23	0.045411	0.43	0.037615	0.63	0.031706
0.03	0.02317	0.24	0.044946	0.44	0.037294	0.64	0.031361
0.04	0.02713	0.25	0.044489	0.45	0.03698	0.65	0.03103
0.05	0.031162	0.26	0.044042	0.46	0.03667	0.66	0.03071
0.06	0.035271	0.27	0.043604	0.47	0.036366	0.67	0.030402
0.07	0.039456	0.28	0.043174	0.48	0.036066	0.68	0.030103
0.08	0.043719	0.29	0.042753	0.49	0.035772	0.69	0.029815
0.09	0.048061	0.3	0.04234	0.5	0.035482	0.7	0.029536
0.1	0.052483	0.31	0.041935	0.51	0.035197	0.71	0.029266
0.11	0.051862	0.32	0.041537	0.52	0.034917	0.72	0.029004
0.12	0.051255	0.33	0.041147	0.53	0.034641	0.73	0.028749
0.13	0.050662	0.34	0.040764	0.54	0.034369	0.74	0.028503
0.14	0.050083	0.35	0.040388	0.55	0.034101	0.75	0.028263
0.15	0.049517	0.36	0.040019	0.56	0.033838	0.76	0.02803
0.16	0.048964	0.37	0.039657	0.57	0.033579	0.77	0.027803
0.17	0.048423	0.38	0.039301	0.58	0.033323	0.78	0.027582
0.18	0.047893	0.39	0.038952	0.59	0.033072	0.79	0.027367
0.19	0.047376	0.4	0.038609	0.6	0.032824	0.8	0.027157
0.2	0.046869						
0.81	0.026953	1.01	0.023697	1.2	0.021539	1.41	0.01975
0.82	0.026754	1.02	0.023565	1.21	0.021442	1.42	0.019676
0.83	0.026559	1.03	0.023436	1.22	0.021346	1.43	0.019603
0.84	0.026369	1.04	0.02331	1.23	0.021252	1.44	0.019531
0.85	0.026184	1.05	0.023185	1.24	0.021159	1.45	0.019459
0.86	0.026003	1.06	0.023063	1.25	0.021067	1.46	0.019388
0.87	0.025826	1.07	0.022942	1.26	0.020977	1.47	0.019318
0.88	0.025652	1.08	0.022824	1.27	0.020887	1.48	0.019249
0.89	0.025483	1.09	0.022707	1.28	0.020799	1.49	0.019181
0.9	0.025317	1.1	0.022593	1.29	0.020712	1.5	0.019113
0.91	0.025155	1.11	0.02248	1.3	0.020626	1.51	0.019046
0.92	0.024996	1.12	0.022369	1.31	0.020542	1.52	0.01898
0.93	0.02484	1.13	0.02226	1.32	0.020458	1.53	0.018915
0.94	0.024687	1.14	0.022152	1.33	0.020375	1.54	0.01885
0.95	0.024537	1.15	0.022046	1.34	0.020294	1.55	0.018786
0.96	0.02439	1.16	0.021942	1.35	0.020213	1.56	0.018723
0.97	0.024246	1.17	0.021839	1.36	0.020134	1.57	0.01866
0.98	0.024105	1.18	0.021737	1.37	0.020055	1.58	0.018598
0.99	0.023966	1.19	0.021637	1.38	0.019978	1.59	0.018536
1	0.02383	1.2	0.021539	1.39	0.019901	1.6	0.018475
				1.4	0.019825		

Fuente: Datos sísmicos generados propios

Producto del análisis sísmico dinámico que se realizó en Etabs y Sap2000 se hizo el siguiente resumen donde se muestran los valores para los desplazamientos para un valor de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=200\text{kg/cm}^2$ que se presentan en la siguiente tabla:

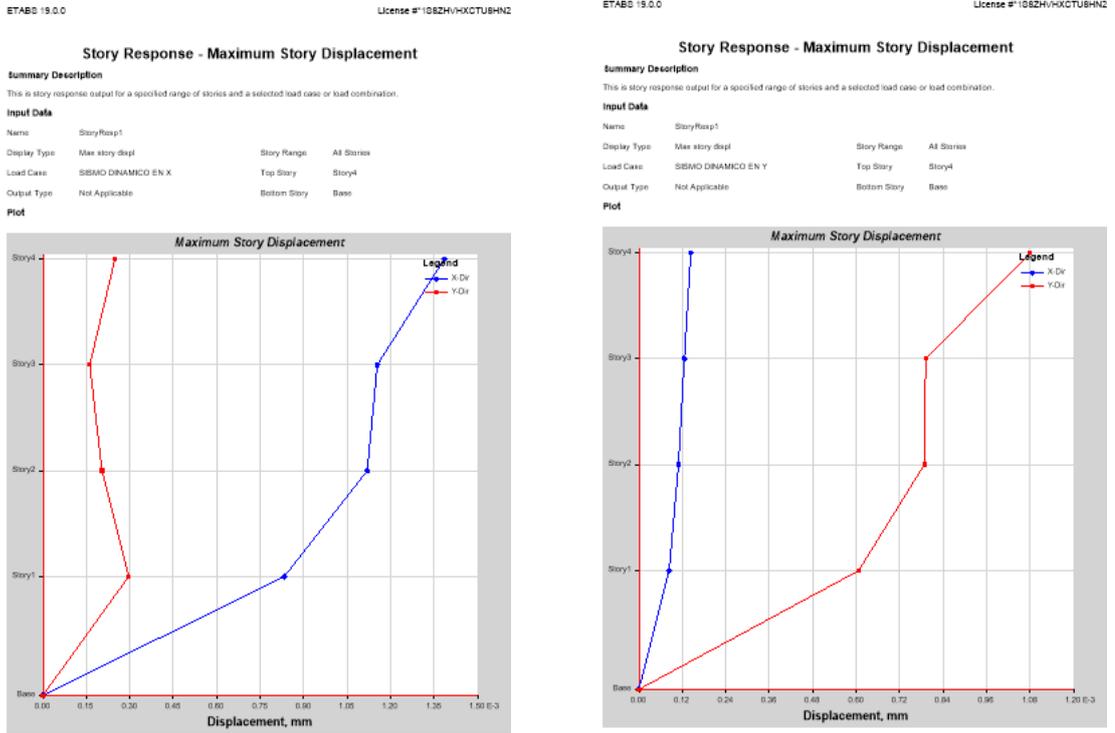
Tabla 10: Resultados de desplazamientos para análisis dinámico calculados con Etabs y Sap2000 para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ por niveles de la edificación.

DESPLAZAMIENTOS (ANÁLISIS DINAMICO)									
$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$					$f'c=200 \text{ kg/cm}^2$				
ETABS					ETABS				
sismo X		sismo y			sismo X		sismo y		
nivel	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY	nivel	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY
4	0.0013852	0.0002499	0.0001434	0.0010802	4	0.0014299	0.0002579	0.0001479	0.0011145
3	0.0011539	0.0001617	0.0001255	0.0007928	3	0.0011910	0.0001669	0.0001295	0.0008180
2	0.0011197	0.0002040	0.0001089	0.0007875	2	0.0011556	0.0002105	0.0001124	0.0008124
1	0.0008346	0.0002952	0.0000830	0.0006062	1	0.0008612	0.0003046	0.0000856	0.0006253
SAP2000					SAP2000				
sismo X		sismo y			sismo X		sismo y		
nivel	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY	nivel	Dx_SX	Dy_SX	Dx_SY	Dy_SY
4	0.0064266	0.0056325	0.0046336	0.0065611	4	0.0059087	0.0041467	0.0045756	0.0062110
3	0.0054266	0.0051633	0.0045404	0.0056211	3	0.0053609	0.0035724	0.0042580	0.0057356
2	0.0035874	0.0033515	0.0023334	0.0038367	2	0.0031555	0.0017900	0.0021670	0.0036790
1	0.0025876	0.0021510	0.0013950	0.0032184	1	0.0014556	0.0004910	0.0007760	0.0018679

Fuente: Diseño propio

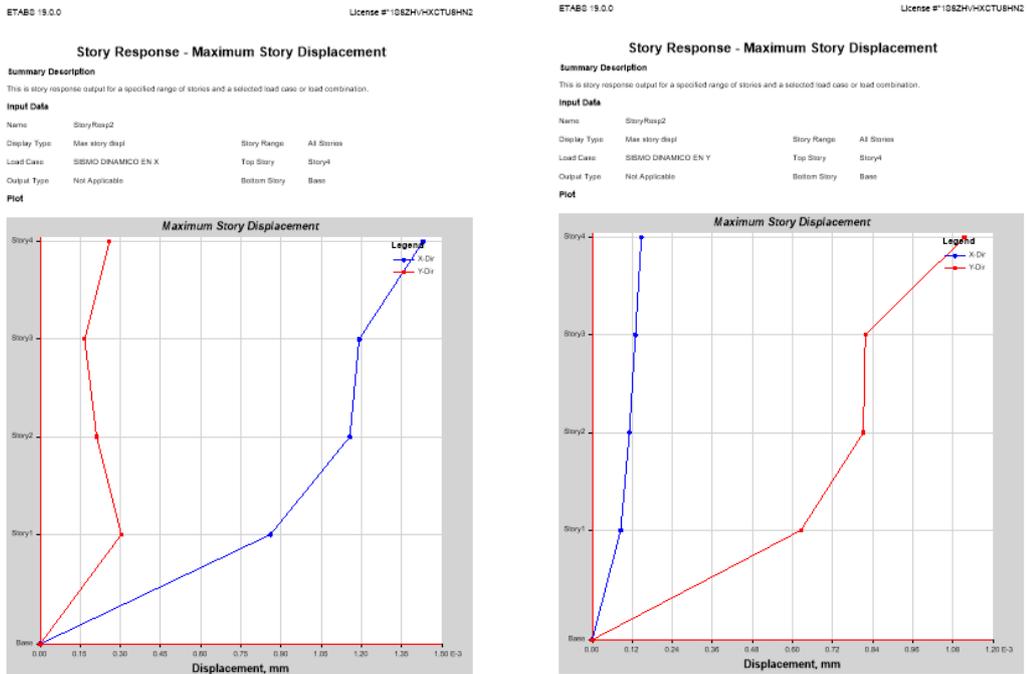
También se pudo procesar gráficos que representen los desplazamientos de tipo dinámico, esto se realizó con el software Etabs ya que es una de sus bondades el poder mostrar los gráficos de los desplazamientos por niveles de la edificación, dichos gráficos también son para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y para un $f'c=200$ que como se explicó corresponde a los resultados de las pruebas de esclerometría que se realizaron con la finalidad de verificar el nivel de resistencia del concreto con una antigüedad de 10 años los gráficos de desplazamientos se muestran seguidamente:

Figura 106: Vistas resultantes del desplazamiento dinámico para $f'c=210$ kg/cm²



Fuente: Captura de pantalla Etabs

Figura 107: Vistas resultantes del desplazamiento dinámico para $f'c=200$ kg/cm²



Fuente: Captura de pantalla Etabs

Como parte del procesamiento de análisis de datos se procedió a calcular las Derivas, es primordial antes de realizar un diseño para una edificación revisar los valores de las derivas la cual no es otra cosa que el cálculo o la evaluación de los desplazamientos horizontales para una estructura que será sometida a fuerzas sísmicas.

Conceptualizando la deriva es el cálculo del desplazamiento horizontal relativo que se da entre dos puntos relacionados a una misma línea vertical entre dos niveles consecutivos correspondientes a la edificación dicho valor de acuerdo a la norma E030 en la tabla N°11 que hace referencia a los límites permisibles de distorsión para entrepisos tomando en cuenta el material predominante que para nuestro caso es el concreto le corresponde un valor máximo de deriva = 0.007 de aceptabilidad, cualquier valor calculado no deberá exceder este valor de referencia para que sea validado. Seguidamente como parte del análisis estático y dinámico se obtuvieron los resultados para las derivas, cabe destacar que Etabs se presentó mucho más versátil dentro de la visualización de resultados de derivas mientras que para Sap2000 en base a los valores de los desplazamientos se hizo el cálculo de las derivas todos estos datos se muestran seguidamente:

Tabla 11: Resultados de derivas con el software Etabs y Sap2000 para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=200$ para análisis estático

DERIVA ANALISIS ESTATICA F'C = 210			
ETABS			
TABLE: Story Drifts			
Story	Output Case	Direction	Drift
Story4	SISMOX	X	0.00000200
Story4	SISMOX	Y	0.00000038
Story4	SISMOY	Y	0.00000200
Story3	SISMOX	X	0.00000200
Story3	SISMOY	Y	0.00000200
Story2	SISMOX	X	0.00000100
Story2	SISMOY	Y	0.00000100
Story1	SISMOX	X	0.00000300
Story1	SISMOY	Y	0.00000200

DERIVA ANALISIS ESTATICO F'C = 200			
ETABS			
TABLE: Story Drifts			
Story	Output Case	Direction	Drift
Story4	SISMOY	Y	0.00000200
Story3	SISMOY	Y	0.00000200
Story2	SISMOY	Y	0.00000100
Story1	SISMOY	Y	0.00000200

"SAP2000		
DERIVAS SISMO ESTATICO F'C = 210		
TABLE: Joint Displacements		
Joint	OutputCase	Δ TOTAL
Text	Text	mm
~1	PERIODO X	0.0000000
~1	PERIODO Y	0.0000000
~2	PERIODO X	0.0002234
~2	PERIODO Y	0.0000442
~3	PERIODO X	0.0000605
~3	PERIODO Y	0.0001612
~4	PERIODO X	0.0000964
~4	PERIODO Y	0.0001660

"SAP2000		
DERIVAS SISMO ESTATICO F'C = 200		
TABLE: Joint Displacements		
Joint	OutputCase	Δ TOTAL
Text	Text	mm
~1	PERIODO X	0.0000000
~1	PERIODO Y	0.0000000
~2	PERIODO X	0.0008168
~2	PERIODO Y	0.0016035
~3	PERIODO X	0.0012054
~3	PERIODO Y	0.0018706
~4	PERIODO X	0.0057577
~4	PERIODO Y	0.0049295

Fuente: Tabla de consultas Etabs y Sap2000

Tabla 12: Resultados de derivas con el software Etabs y Sap2000 para $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=200$ para análisis Dinámico

ETABS			
DERIVAS SISMO DINAMICO F'C = 210			
TABLE: Story Drifts			
Story	Output Case	Direction	Drift
Story4	SISMO DINAMICO EN X	Y	0.0000000688
Story4	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.0000001578
Story3	SISMO DINAMICO EN X	Y	0.0000000318
Story3	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.0000001162
Story2	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.0000000864
Story1	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.0000001871

ETABS			
DERIVAS SISMO DINAMICO F'C = 200			
TABLE: Story Drifts			
Story	Output Case	Direction	Drift
Story4	SISMO DINAMICO EN Y	X	0.000000042
Story4	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.000000163
Story3	SISMO DINAMICO EN Y	X	0.000000019
Story3	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.000000120
Story2	SISMO DINAMICO EN Y	X	0.000000034
Story2	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.000000089
Story1	SISMO DINAMICO EN Y	X	0.000000022
Story1	SISMO DINAMICO EN Y	Y	0.000000193

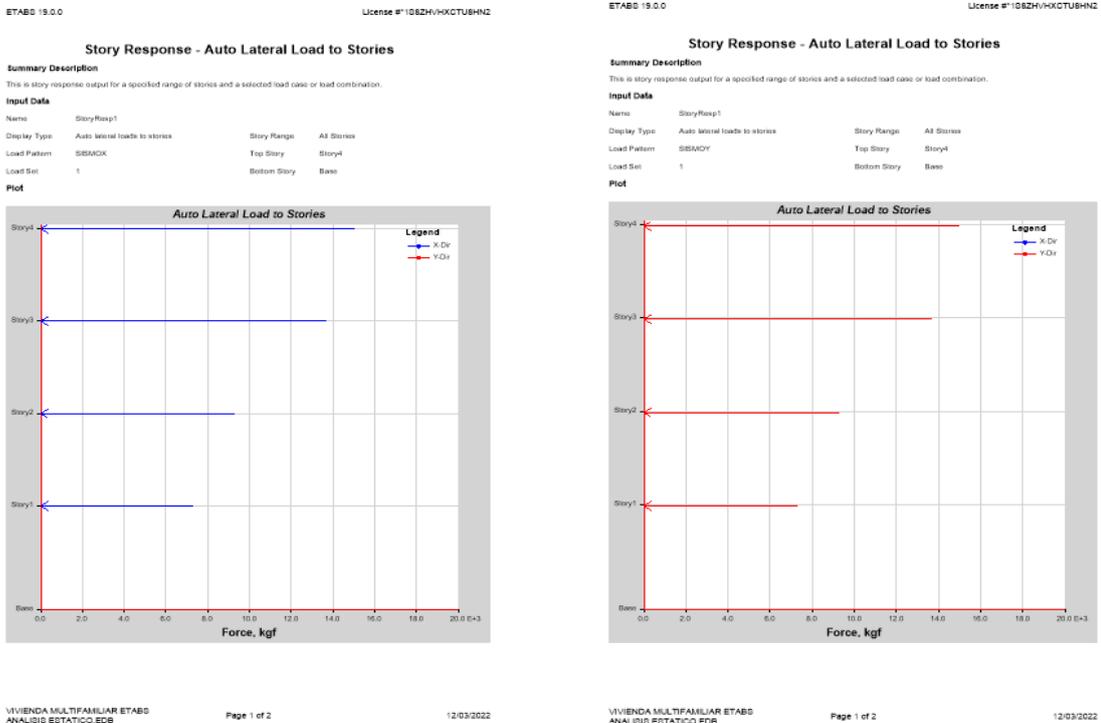
"SAP2000		
DERIVAS SISMO DINAMICA F'C = 210		
TABLE: Joint Displacements		
Joint	OutputCase	Δ TOTAL
Text	Text	mm
~1	SDXX	0.0000000
~1	SDYY	0.0000000
~2	SDXX	0.0012165
~2	SDYY	0.0009446
~3	SDXX	0.0021837
~3	SDYY	0.0021539
~4	SDXX	0.0031594
~4	SDYY	0.0027857

"SAP2000		
DERIVAS SISMO DINAMICA F'C = 200		
TABLE: Joint Displacements		
Joint	OutputCase	Δ TOTAL
Text	Text	mm
~1	SDXX	0.0000000
~1	SDYY	0.0000000
~2	SDXX	0.0010158
~2	SDYY	0.0018993
~3	SDXX	0.0015421
~3	SDYY	0.0039877
~4	SDXX	0.0067270
~4	SDYY	0.0053468

Fuente: Tabla de consultas Etabs y Sap2000

Se muestran también de referencia las cargas laterales que se aplicaron por pisos, como parte de los resultados que permite emitir el software Etabs:

Figura 108: carga lateral automática



Fuente: Reporte Etabs

Figura 109: carga lateral automática



Fuente: Reporte Etabs

3.7. Aspectos éticos: Nuestro trabajo de investigación cumple con todos los criterios éticos desde el inicio del presente trabajo hasta su presentación final con el respeto a la propiedad privada y el respeto de las normas para diseño en edificaciones vigentes para nuestro país como es el caso de la Norma R 020, E 030, E 050, E060, así también la originalidad de los resultados de laboratorio respaldado por los profesionales ligados a cada especialidad, también indicar que se ha respetado los conceptos y referencias bibliográficas haciendo referencia a los autores y sus obras ya sean de origen internacional, nacional o local haciendo uso del estándar ISO 690 y de esta manera garantizar la calidad ética del trabajo de investigación que permita dar un aporte a posteriores investigaciones en esta línea sísmico estructural.

IV. RESULTADOS

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Descripción de la zona de estudio

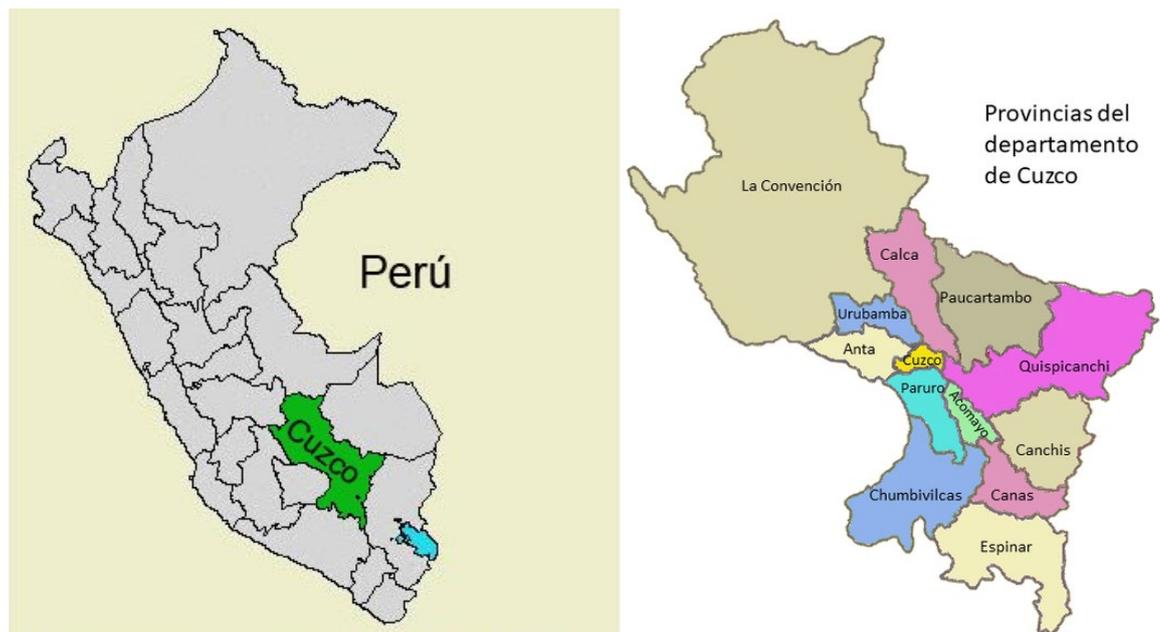
Nombre de la Tesis:

"Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022"

2. Ubicación Política

El presente trabajo de investigación se realizó, en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco.

Figura 110 Ubicación Política de Cusco



Fuente: Gráficos Internet

3. Ubicación del Proyecto

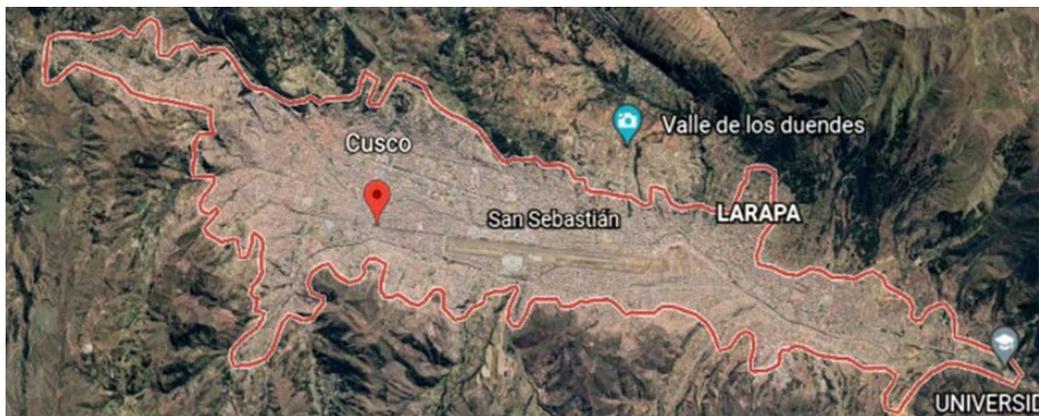
La ubicación del proyecto está en el Lote B16 de la urbanización Santa Rosa de la Guardia Civil, del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco.

Figura 111. Distritos de la ciudad de Cusco



Fuente. Gráficos internet

Figura 112. Mapa de la ciudad del Cusco



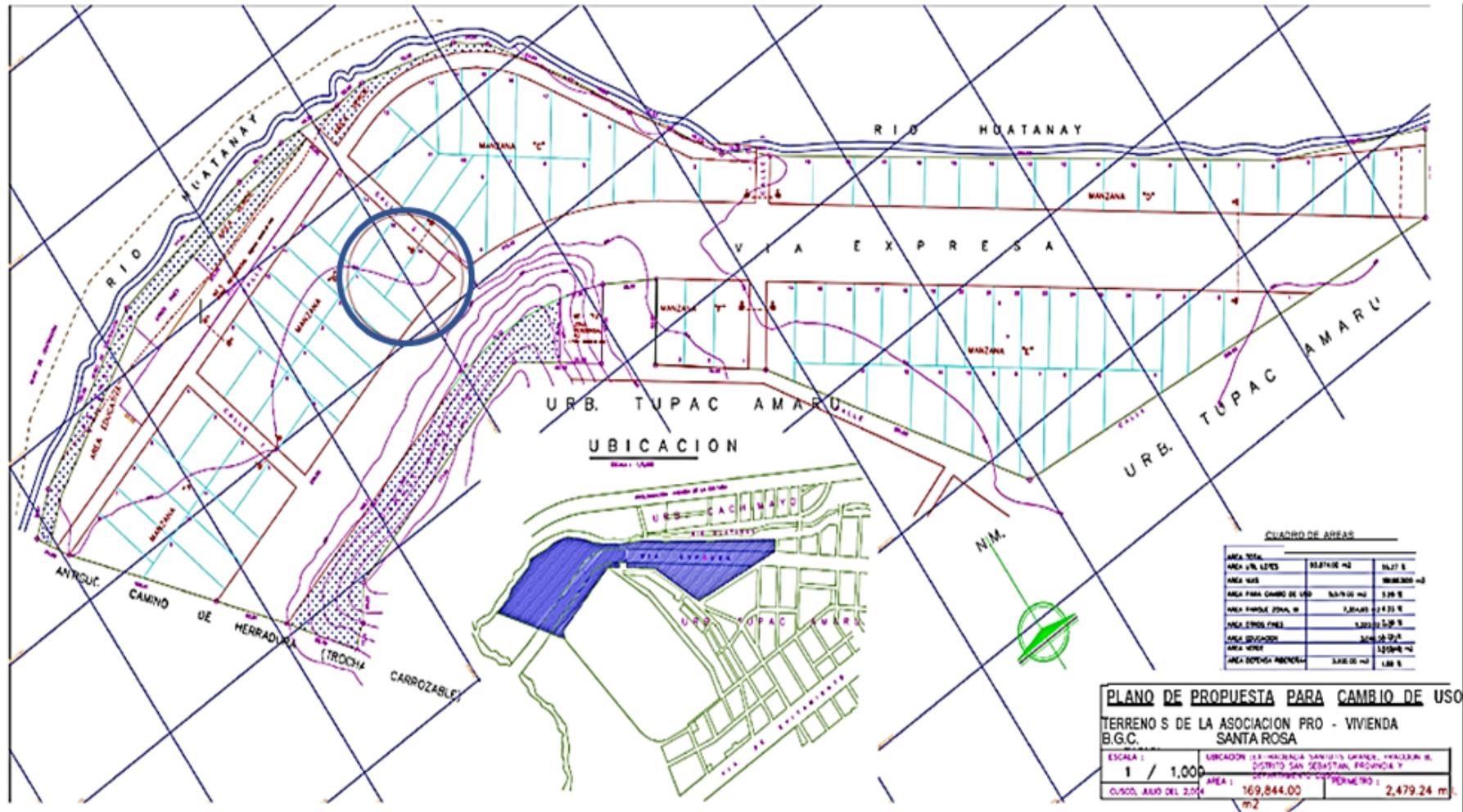
Fuente: Google Earth

Figura 113. Distrito de San Sebastián y área de estudio



Fuente: Google Earth

Figura 114. Plano topográfico de la Urb. Santa Rosa



Fuente: Cortesía Asociación Santa Rosa de la Guardia Civil

4. Limites

Norte : Limita con la provincia de Calca

Sur : Limita con la provincia de Paruro.

Este : Limita con el distrito de San Jerónimo

Oeste : Limita con el distrito de Santiago, el distrito de Wanchaq y el distrito de Cusco.

5. Ubicación geográfica

El distrito de San Sebastián presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: -13.53, Longitud: -71.9375, 13° 31' 48" Sur, 71° 56' 15" Oeste, contando con un área de 7.700 hectáreas aproximadamente con una altitud de 3.302 m.s.n.m,

6. Clima

El distrito de san Sebastián presenta un clima que durante el año es frio como templado existe presencia de lluvias para los meses de noviembre a marzo, con chubascos y tormentas, rayos y truenos.

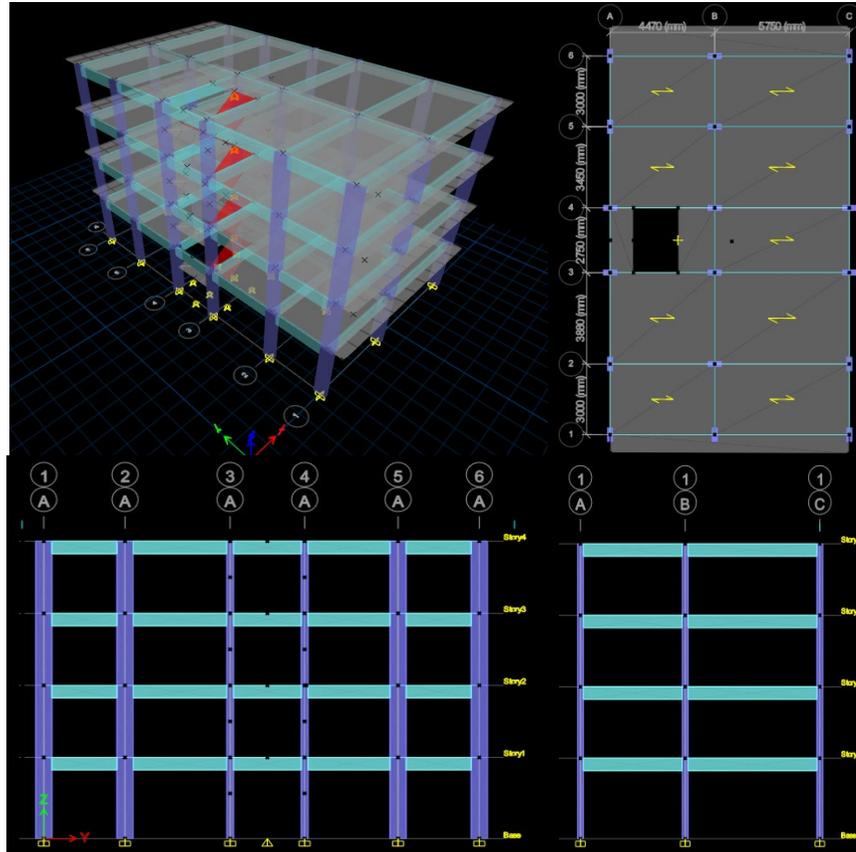
4.2. OBJETIVO ESPECIFICO 1

Realizar un adecuado análisis comparativo usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022.

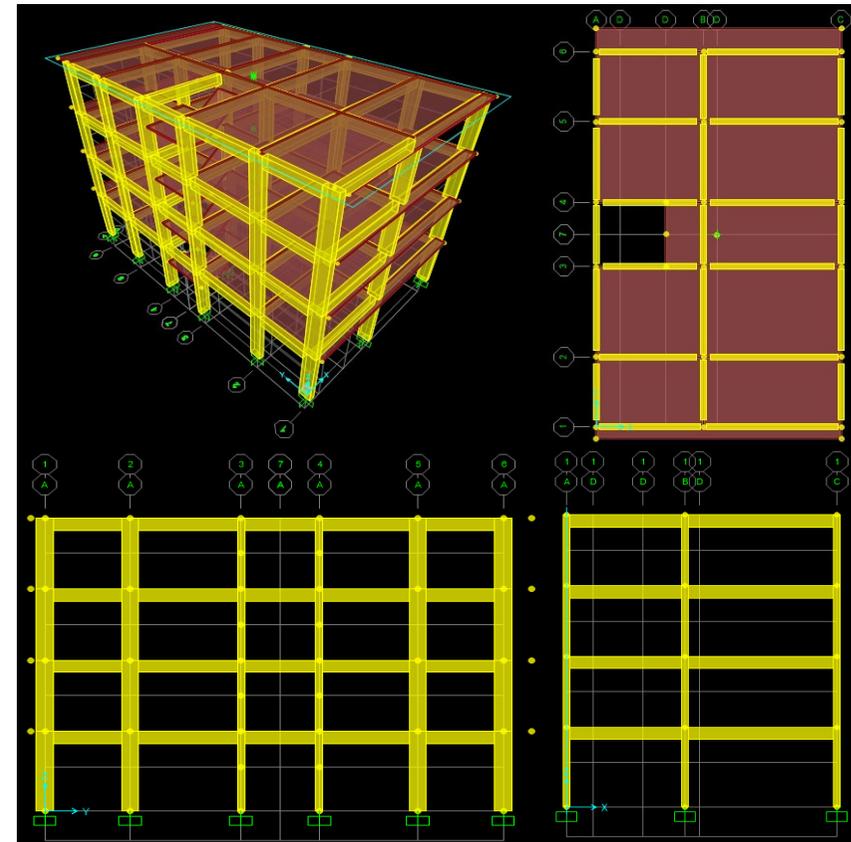
Una vez realizado el análisis y modelamiento de la estructura de la vivienda multifamiliar como parte de la experiencia propia puedo dar un análisis comparativo acerca del uso de ambos softwares Etabs y Sap2000 en el propósito que se tuvo de modelar una vivienda multifamiliar de 4 niveles, claro está que ambas tecnologías de software poseen un amplio abanico de posibilidades de análisis calculo y simulación respetando normativas internacionales y nacionales, seguidamente muestro una tabla comparativa con algunas características que propongo como diferenciales entre ambos softwares mostrando previamente imágenes del modelado que se realizó con ambos softwares como evidencia del trabajo realizado :

Figura 115. Producto del diseño de vivienda multifamiliar en la Urb. Santa Rosa Distrito de San Sebastián provincia y departamento del Cusco

ETABS

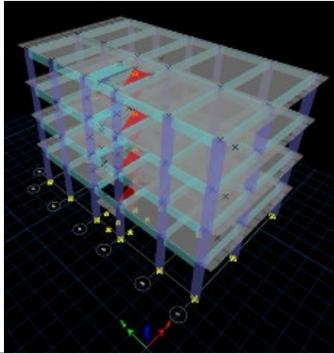
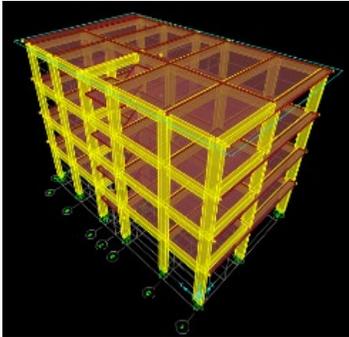
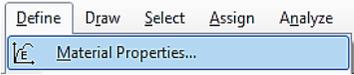
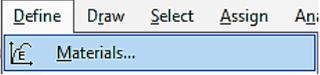
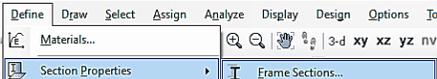
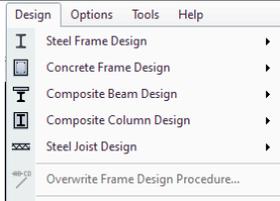
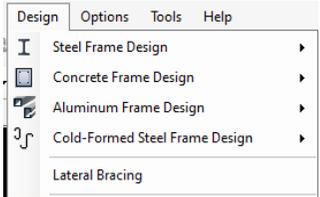


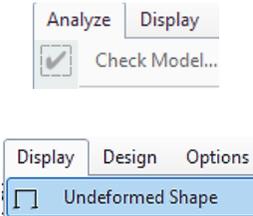
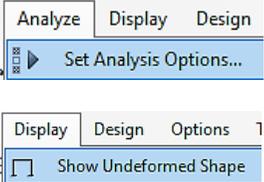
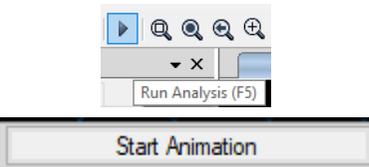
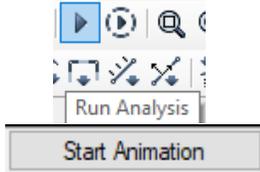
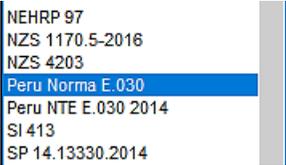
SAP2000



Fuente: Capturas de pantalla Etabs y Sap2000

Tabla N° 13: Tabla comparativa de características de Etabs y Sap2000 en el diseño de Vivienda Multifamiliar de 4 Pisos

CARACTERÍSTICA	ETABS	EVIDENCIA	SAP2000	EVIDENCIA
VERSATILIDAD	Muy versátil para el diseño de la vivienda multifamiliar Muy intuitivo y amigable en el proceso de modelamiento de estructuras por niveles como la vivienda multifamiliar a través de la definición de materiales y elementos estructurales		Muy versátil para el diseño de la vivienda multifamiliar Presenta opciones de menú muy intuitivas y amigables para el modelamiento de la vivienda multifamiliar con su opción de definición de materiales y elementos estructurales	
MATERIALES	Permite una definición de materiales y sus diferentes características como en el caso del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ que se usó para la edificación		Presenta la opción de definición de materiales algo más completa que etabs en el uso de mayor gama de materiales, para nuestro caso nos permitió definir $f'c = 210$ para nuestra edificación	
MODELAMIENTO	Permite modelado de toda la edificación previo diseño de los elementos estructurales ya sea columnas vigas muros entre otros elementos por medio de su opción frame sections en su opción de definición		Permite modelado de toda la edificación previo diseño de elementos estructurales igualmente en la opción frame sections de la opción define.	
DISEÑO	Presenta una opción particular de diseño de elementos estructurales como vigas columnas losas etc		En comparación con etabs tiene semejantes opciones de definición de elementos estructurales solo cambia la distribución de la ubicación de las herramientas de diseño.	

<p>ANÁLISIS</p>	<p>Presenta opciones de análisis y cálculos complejos basados en elementos finitos sobre el comportamiento de las columnas vigas en la estructura mostrando cálculos en fuerzas momentos, diagramas de tensión, derivas, análisis sísmico estático y dinámico que se realizó en el trabajo de investigación.</p>		<p>Permite realizar análisis sobre la estructura como también cálculos complejos basados en elementos finitos sobre los elementos estructurales estos son cálculos de momentos, fuerzas diferentes diagramas de fuerzas derivas análisis de comportamiento sísmico estático y dinámico que se realizó en el presente trabajo.</p>	
<p>SIMULACIÓN</p>	<p>Nos permitió realizar la simulación sísmica de la estructura de vivienda multifamiliar tanto estática como dinámica, con la definición de fuerzas y manejo espectros sísmicos.</p>		<p>Permitió la realización de una simulación de la estructura ante cargas sísmicas en la definición de fuerzas como de espectro sísmico en el campo estático y dinámico</p>	
<p>NORMATIVIDAD</p>	<p>La herramienta hace uso de normativas internacionales como también hace mención a las normas nacionales para el manejo sísmico estructural en nuestro caso para el modelamiento de la vivienda multifamiliar se hizo uso de la norma E020, E030,E050,E060 del RNE</p>		<p>Tiene presente el uso de las normativas internacionales como nacionales para el manejo sísmico estructural, para el modelamiento de la vivienda multifamiliar se hizo uso de la norma E020, E030,E050,E060 del RNE</p>	
<p>RESULTADOS</p>	<p>Permitió mostrar los resultados del análisis sísmico por medio de tablas y reportes que muestran resultados a nivel de desplazamientos, reacciones, reacciones basales, etc.</p>		<p>Emite resultados en tablas y reportes sobre reacciones desplazamientos reacciones basales velocidad y aceleración desplazamientos. A nivel de tablas y reportes.</p>	

Fuente: Diseño Propio del autor

Interpretación: Con respecto al cumplimiento del presente objetivo se verifico las diferentes bondades y características producto de la experiencia que se tuvo en el uso de ambos softwares en el modelamiento de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles ubicada en la urbanización Santa rosa del distrito de San Sebastián de la provincia del Cusco departamento del Cusco. Las características comparativas que se muestran en la tabla XX anterior, son producto de la experiencia propia que se tuvo de llegar a desarrollar el modelado de una edificación de cuatro pisos a nivel de estructuras con los softwares Etabs y Sap2000, dentro de ello presentamos algunas características relevantes a criterio personal guardando un criterio lógico en el uso de ambos softwares las cuales se detallan a continuación:

1.- Con respecto a la **Versatilidad** el software Etabs y Sap2000 presentan una interfaz de desarrollo y modelamiento de proyectos estructurales muy parecida y esto se debe a que Etabs fue ideado como un módulo de Sap2000 que a la actualidad funciona como software independiente, también indicar que ambos poseen un menú de opciones de trabajo muy similar, si hay una diferencia relevante es la de poder desarrollar proyectos estructurales de forma compleja, en este sentido Sap2000 es mucho más completo ya que no solo se limita a modelar edificaciones por niveles y de forma regular sino estructuras de formas complejas y con materiales diversos, del otro lado Etabs demuestra su potencialidad más evidente en edificaciones por niveles y de forma regular, en la experiencia propia ambos softwares fueron de mucha utilidad ya que la estructura de vivienda multifamiliar es por niveles y de forma regular.

2.- Del uso de los **Materiales**, ambos softwares Etabs como Sap2000 nos permitieron definir las características y parámetros de uso del tipo de concreto que se definió producto del análisis de mezclas y dosificaciones que se accedió como parte de la información complementaria al modelamiento del proyecto, cabe destacar que ambos softwares permiten definir y usar materiales diversos de acuerdo a normativas nacionales e internacionales, recalcando que en este sentido Sap2000

lleva la delantera al ser más amplio en la definición y uso de materiales diversos.

3.- Con respecto al **Modelamiento**, Etabs y Sap2000, tienen una interfaz parecida y esto de acuerdo a criterios ya explicados en líneas anteriores como su espacio de visualización gráfica y sus herramientas de dibujo estas complementadas con herramientas de definición en sus características especiales para cada elemento estructural, es por ello que es muy fácil definir un modelo como el que se realizó de la vivienda multifamiliar ya que ambos softwares permiten definir el modelo estructural por medio de una malla guía y capas de control por alturas de manejo independiente y de esta manera ubicar las posiciones de los diferentes elementos estructurales, cabe indicar que para el modelamiento es importante previamente definir el espacio de trabajo, los materiales y las características de los elementos estructurales.

4.- Del **Diseño** esto obedece a información previamente definida por el profesional en la línea como un arquitecto, Etabs y Sap2000 permiten proyectar toda esa idea creativa en su plataforma de trabajo con cada uno de sus elementos y características especiales para ello Etabs y Sap2000 cuentan con herramientas gráficas variadas con control de puntos de manipulación de objetos con precisión como es la opción de "Snap to" y de esta manera tener un control minucioso del proyecto y sus elementos estructurales.

5.- Del **Análisis** podemos indicar fruto de la experiencia propia en el uso de ambos softwares como son Etabs y Sap2000 su potencialidad de cálculo de elementos de formas y dimensiones complejas por medio de discretización y optimización de cálculos matemáticos en el uso de MEF (método de elementos finitos) que posibilitan un mejor análisis teniendo un control detallado de pequeñas partes de cada objeto a través de mallas de definición sobre los objetos gráficos como las losas, realizando cálculos sobre cada objeto y sobre el conjunto, esto acompañado de la velocidad de cálculo por medio de algoritmos de optimización de procesos gráficos, demostrando su capacidad de análisis en sus diferentes visualizaciones gráficas como el cálculo de momentos,

fuerzas, centros de gravedad, tensiones, fuerzas axiales, torsión entre otras posibilidades de análisis gráfico.

6.- Con respecto a la **Simulación**, se entiende como aquella actividad que posibilita trasladar el comportamiento real de un objeto o conjunto de objetos y con la aplicación de normas estructurales y sísmicas que rigen en nuestro país como el RNE norma E030 acerca del comportamiento sísmico estructural y que bajo condiciones reales reaccionarían de manera particular, todas estas actividades reflejarlas por medio de un trabajo de virtualización a través de un ordenador con el uso de softwares como Etabs y Sap2000, que es lo que se realizó en el presente trabajo de investigación para el modelamiento de una vivienda multifamiliar, el cual presenta a nivel de sus características estructurales un número de pisos, para este caso 4 niveles, elementos estructurales como columnas y vigas con dimensiones definidas en el proyecto, losas aligeradas un tipo de suelo particular etc. el cual se sometido a fuerzas, cargas sísmicas y espectros sísmicos tanto en su simulación estática como dinámica verificándose por medio de animaciones los desplazamientos estructurales producto de las fuerzas, cargas sísmicas y espectros sísmicos que se aplicaron a cada modelo según sea el caso los cuales sirven para un proceso de análisis posterior.

7.- De la **Normatividad** se pudo comprobar que ambos softwares Etabs y Sap2000 contemplan el uso de las normas nacionales e internacionales, para el análisis y diseño sísmico estructural, que respaldan la calidad en los cálculos y modelos estructurales dicha verificación se hizo al momento de definir los modelos para simulación dinámica de la estructura, claro está que estas opciones de uso de normas se ubican de acuerdo al uso que uno quiera hacer del software con lo cual se indica que están presentes en diferentes partes de cada uno de los softwares como opciones de trabajo, en la experiencia propia encontramos esta opción de uso de normas en la definición de los espectros sísmicos donde encontramos las normas nacionales e internacionales para nuestro caso verificamos la presencia de la norma del RNE peruano E030.

8.- Con respecto a los **Resultados** podemos indicar que tanto Etabs como Sap2000 nos presentan una amplia posibilidad de visualización de resultados de análisis por medio de sus tablas producto de un proceso de cálculos internos, esto posterior a un trabajo de simulación de la estructura por medio de sus opciones de análisis y despliegue de resultados, es por medio de ellas que identificamos la información de los desplazamientos estructurales como también los gráficos de momentos y fuerzas axiales entre otras opciones de visualización de resultados como: Análisis de mensajes, desplazamientos, reacciones, velocidad y aceleración, salida de cuadros, masas articulares, áreas etc.

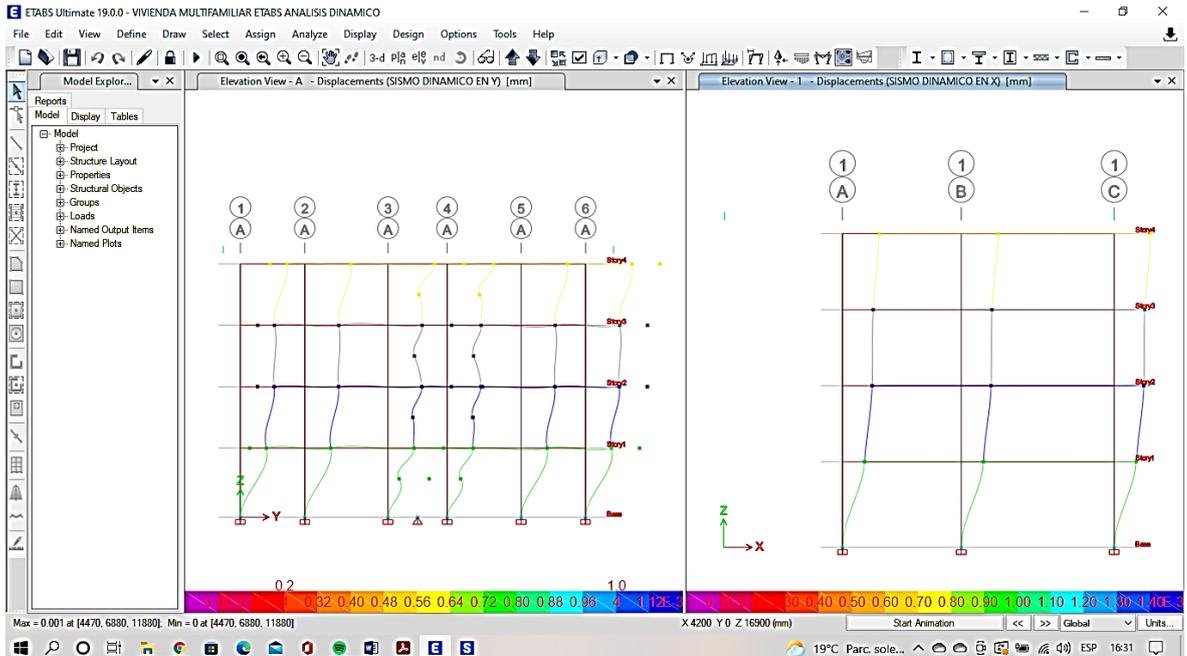
Ambos softwares en términos concretos producto de la experiencia propia han permitido desarrollar el proyecto de modelamiento y simulación de la vivienda multifamiliar los resultados son muy buenos en ambos casos cabe destacar que cualquier detalle o característica que se añada o elimine será producto del análisis del usuario a fin de mejorar los resultados del producto.

4.3. OBJETIVO ESPECIFICO 2

Realizar un adecuado análisis comparativo estructural usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022

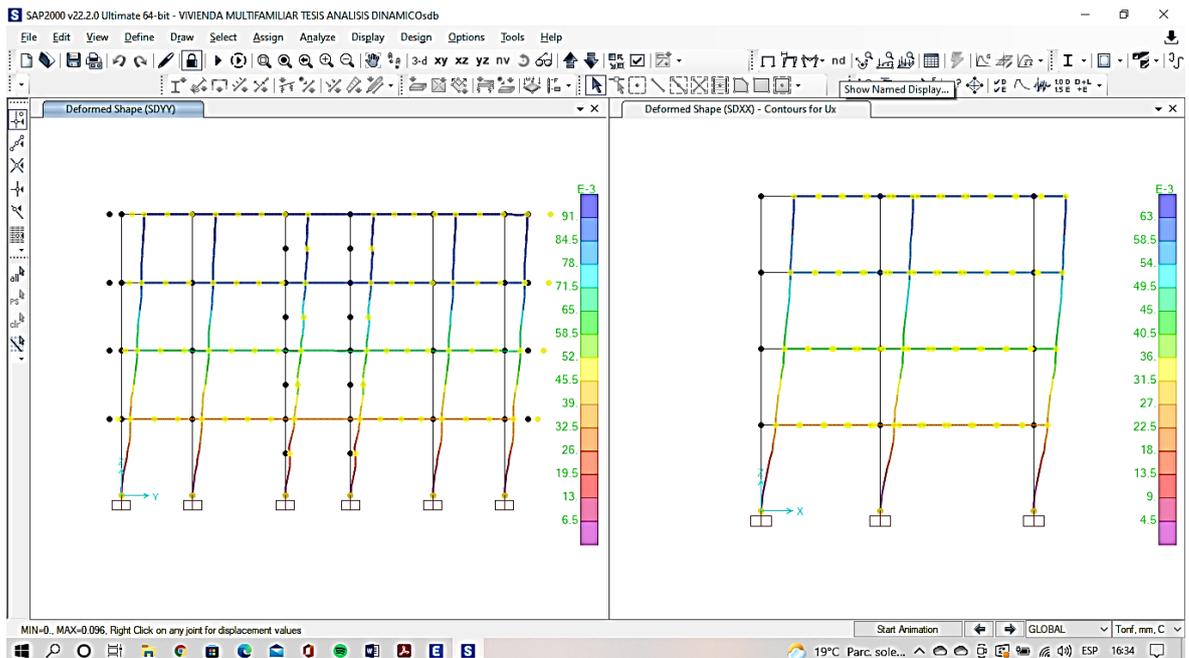
1. Análisis del comportamiento sísmico

Figura 116. Vistas del desplazamiento de la estructura en XZ e YZ



Fuente: Captura de pantalla de Etabs

Figura 117. Vistas del desplazamiento de la estructura en XZ e YZ



Fuente: Captura de pantalla de Sap2000

Una vez realizado los modelos es importante indicar que de acuerdo a la norma E030 del RNE sobre diseño sismorresistente indica que para ver el comportamiento sísmico estructural de una edificación es necesario realizar pruebas de análisis estático en base a fuerzas y dinámico en base a valores espectrales o modales, es importante entonces realizar el análisis de los resultados obtenidos, se debe indicar de primera instancia que se realizó el modelamiento de los elementos estructurales que le dan rigidez a la estructura tomando en cuenta la norma E 060 referente al concreto armado, definiendo los elementos estructurales con las siguientes dimensiones: a nivel de columnas con dimensiones de 60x25cm en número de 18 con un espaciamiento horizontal y vertical de acuerdo a los planos de diseño del propietario, distribuidos en toda el área de la edificación, así mismo se hizo el modelo en base a las dimensiones de vigas con valores de 50x25cm, 4 losas aligeradas de 20cm de espesor una caja de escaleras de área 2.25mx2.00m de acceso a los 4 niveles de la edificación, dichos valores se obtuvieron de los planos estructurales que facilitó el propietario, se tuvo que realizar una actualización de pruebas de suelos a fin de verificar las características del suelo y los parámetros del mismo como el factor del suelo "S" con un valor de 1.2 , también la zona sísmica entre otros valores necesarios para el modelamiento, así también se pudo acceder a los resultados del análisis de materiales y diseño de mezclas de concreto de la cual se obtuvo que el concreto de la edificación es de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$, cabe destacar que dicha edificación tiene una antigüedad a la fecha de 10 años lo cual motivo hacer una análisis de esclerometria, con el fin de verificar el nivel de resistencia de concretos antiguos, dichos resultados motivaron el realizar modelamiento con ambos softwares Etabs y Sap2000 para el valor de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ que fue el valor que arrojó como resultado el análisis de esclerometria que se realizó en laboratorio de acuerdo a la norma ASTM C-805 para pruebas de impacto no destructivo, en total se realizaron 2 modelos de la vivienda uno en Etabs y el otro en Sap2000 para cada uno, dos análisis uno estático y otro dinámico, así también por cada tipo de análisis se tomó en cuenta el $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y el $f'c=200$

kg/cm², se calculó fuerzas cortantes para cada nivel dichos valores fueron $F_1=4.95024\text{Tnf}$, $F_2=9.83280\text{ Tnf}$ $F_3=14.45915\text{ Tnf}$ $F_4=19.09033\text{ Tnf}$, cada una de ellas aplicadas a los centros de gravedad o centroides de cada losa con características de diafragma rígido tomando en cuenta la norma E 020 referente al manejo de cargas, en base a todo ello se definieron los tipos de cargas y fuerzas sísmicas tanto en X como Y para finalmente realizar la simulación y obtener los resultados de desplazamientos sísmicos y las derivas ya que en base a esos resultados se puede sugerir reforzamientos a nivel de los elementos estructurales, seguidamente se muestra el resumen de resultados obtenidos:

Tabla 14: Resumen de resultados de desplazamientos máximos para análisis estático en “mm”

		ETABS $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$				ETABS $f'_c=200\text{ kg/cm}^2$			
		SISMO X		SISMO Y		SISMO X		SISMO Y	
		Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY	Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY
		0.02524	0.00377	0.00213	0.02046	0.02586	0.00386	0.00218	0.02097
PISO		4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000
		SAP2000 $f'_c=210\text{ Kg/cm}^2$				SAP2000 $f'_c=200\text{ kg/cm}^2$			
		SISMO X		SISMO Y		SISMO X		SISMO Y	
		Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY	Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY
		0.00571	0.00475	0.00440	0.00865	0.00286	0.00336	0.00357	0.00326
PISO		4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000

Fuente: diseño propio del autor

Interpretación:

De acuerdo a la norma E 030 indica que el desplazamiento relativo para cada entrepiso no deberá exceder del valor estipulado en el numeral 5.1 que está indicado en la Tabla N° 11 que es de 0.007 para edificaciones de concreto indicado en la norma en mención, tal es así que se obtienen los valores máximos para el análisis estático correspondiente a un concreto $f'_c=210\text{ kg/cm}$ modelados en Etabs los cuales son: para la fuerza sísmica en X se tienen los valores de desplazamiento en la dirección indicada $Dx_SX=0.02524\text{mm}$, $Dy_SX=0.00377\text{mm}$, para la fuerza sísmica en Y se tiene $Dx_SY=0.00213$, $Dy_SY=0.02046\text{mm}$, con

respecto al $f'c=200$ kg/cm modelados también con Etabs se obtiene los valores máximos para la fuerza sísmica en X se tiene $Dx_{SX}=0.02586$, $Dy_{SX}=0.00386$, para la fuerza sísmica en Y se tiene $Dx_{SY}=0.00218$, $Dy_{SY}=0.02097$, todos estos valores calculados también con Etabs sugieren aplicar reforzamientos en la estructura observando que la fuerza de desplazamiento mayor se da en el cuarto nivel pese a que los valores son permisibles al valor máximo indicado en la norma E030.

Con respecto al mismo modelo estructural de vivienda multifamiliar en Sap2000 basados en la norma E030 se obtienen los valores máximos de desplazamientos en base al valor de $f'c=210$ Kg/cm² con respecto a la fuerza sísmica en X con los siguientes valores: $Dx_{SX}=0.00571$, $Dy_{SX}=0.00475$ y para la fuerza sísmica en Y: $Dx_{SY}=0.00440$, $Dy_{SY}=0.00865$; así también para el $f'c=200$ se tiene los valores siguientes, primero para la fuerza sísmica en X: $Dx_{SX}=0.00286$, $Dy_{SX}=0.00336$, seguidamente para la fuerza sísmica en Y: $Dx_{SY}=0.00357$, $Dy_{SY}=0.00326$, al igual que la simulación en Etabs, Sap2000 también muestra en base a sus resultados un mayor desplazamiento estructural con desplazamientos graduales por nivel y un mayor desplazamiento en el cuarto nivel de la edificación, con valores aceptables de acuerdo a norma, importante aclarar que hay una tendencia parecida en ambos software mas no valores iguales que llevan a tomar en cuenta algunos ajustes de manejo en ambas herramientas de software.

Con respecto al análisis dinámico de espectro sísmico se obtuvieron los valores de desplazamiento máximo para la estructura modelada con Etabs y Sap2000, también para un $f'c=210$ kg/cm² y $f'c= 200$ kg/cm² que se detallan seguidamente para su interpretación:

Tabla 15: Resumen de resultados de desplazamientos máximos para análisis dinámico en “mm”

		ETABS $f'c=210$ kg/cm ²				ETABS $f'c=200$ kg/cm ²			
		SISMO X		SISMO Y		SISMO X		SISMO Y	
		Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY	Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY
PISO		0.00139	0.00030	0.00014	0.00108	0.00143	0.00030	0.00015	0.00111
		4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000
		SAP2000 $f'c=210$ kg/cm ²				SAP2000 $f'c=200$ kg/cm ²			
		SISMO X		SISMO Y		SISMO X		SISMO Y	
		Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY	Max Dx_SX	Max Dy_SX	Max Dx_SY	Max Dy_SY
PISO		0.00643	0.00563	0.00463	0.00656	0.00591	0.00415	0.00458	0.00621
		4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000	4.00000

Fuente: diseño propio del autor

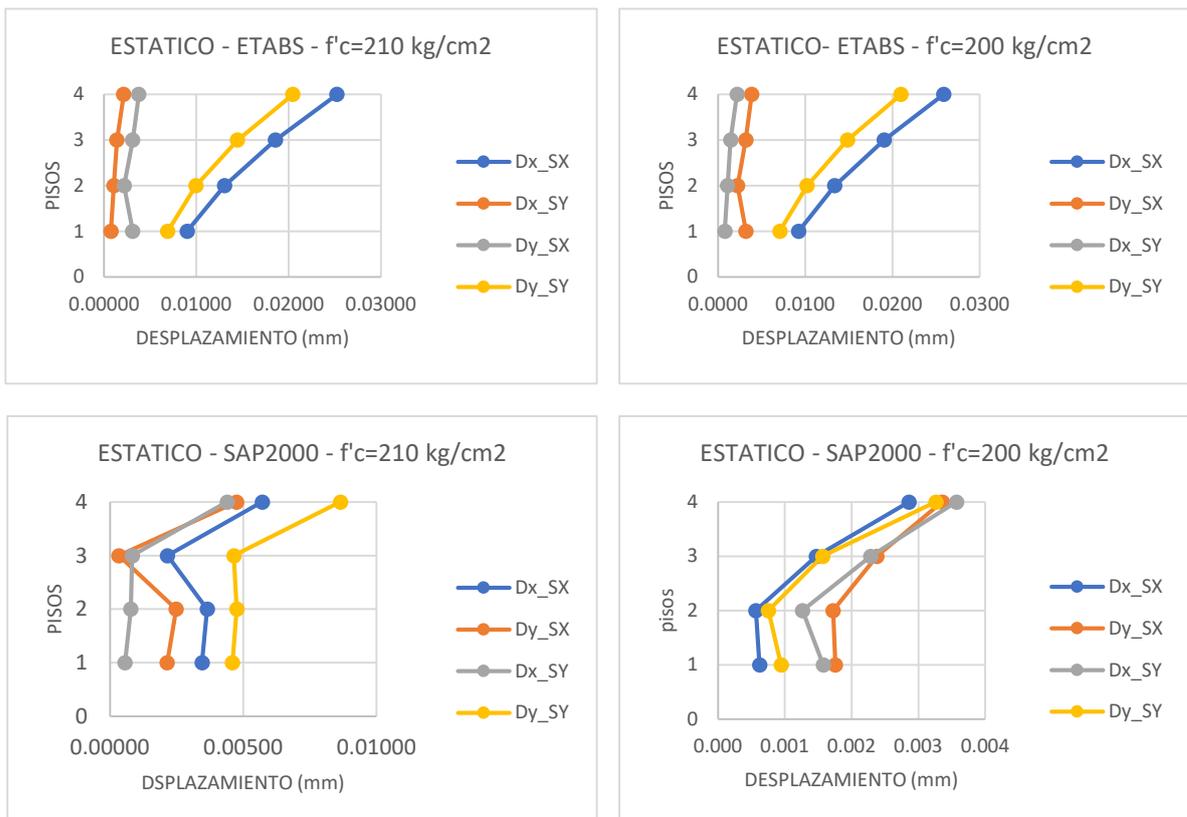
Interpretación:

Al igual que para el caso del análisis estático, el análisis dinámico también muestra un comportamiento, aclarando que en este caso se aplicaron valores que corresponde a espectros sísmicos basados en periodo/valor los siguientes valores obtenidos que se detallan seguidamente demuestran tendencias en desplazamientos similares al análisis estático mas no igual, seguidamente se detalla los desplazamientos máximos del análisis dinámico con Etabs para $f'c=210$ kg/cm², para la fuerza sísmica en X: $Dx_{SX}=0.00139$, $Dy_{SX}=0.00030$; para la fuerza sísmica en Y: $Dx_{SY}=0.00014$, $Dy_{SY}=0.00108$ importante también nombrar los valores obtenidos con Etabs para el $f'c=200$ kg/cm² para una fuerza sísmica en X: $Dx_{SX}=0.00143$, $Dy_{SX}=0.00030$; para la fuerza sísmica en Y: $Dx_{SY}=0.00015$, $Dy_{SY}=0.00111$, todos los valores calculados por Etabs para el análisis sísmico dinámico son aceptables ya que están por debajo del valor indicado en la norma de 0.007 lo cual no excluye que se requiera hacer un análisis de reforzamiento en la estructura ya que el mayor desplazamiento al igual en el caso de análisis estático se presenta en el cuarto nivel de la edificación.

Realizando el análisis dinámico en Sap2000 para el mismo modelo estructural para $f'c= 210$ kg/cm² y $f'c=200$ kg/cm se tienen los siguientes

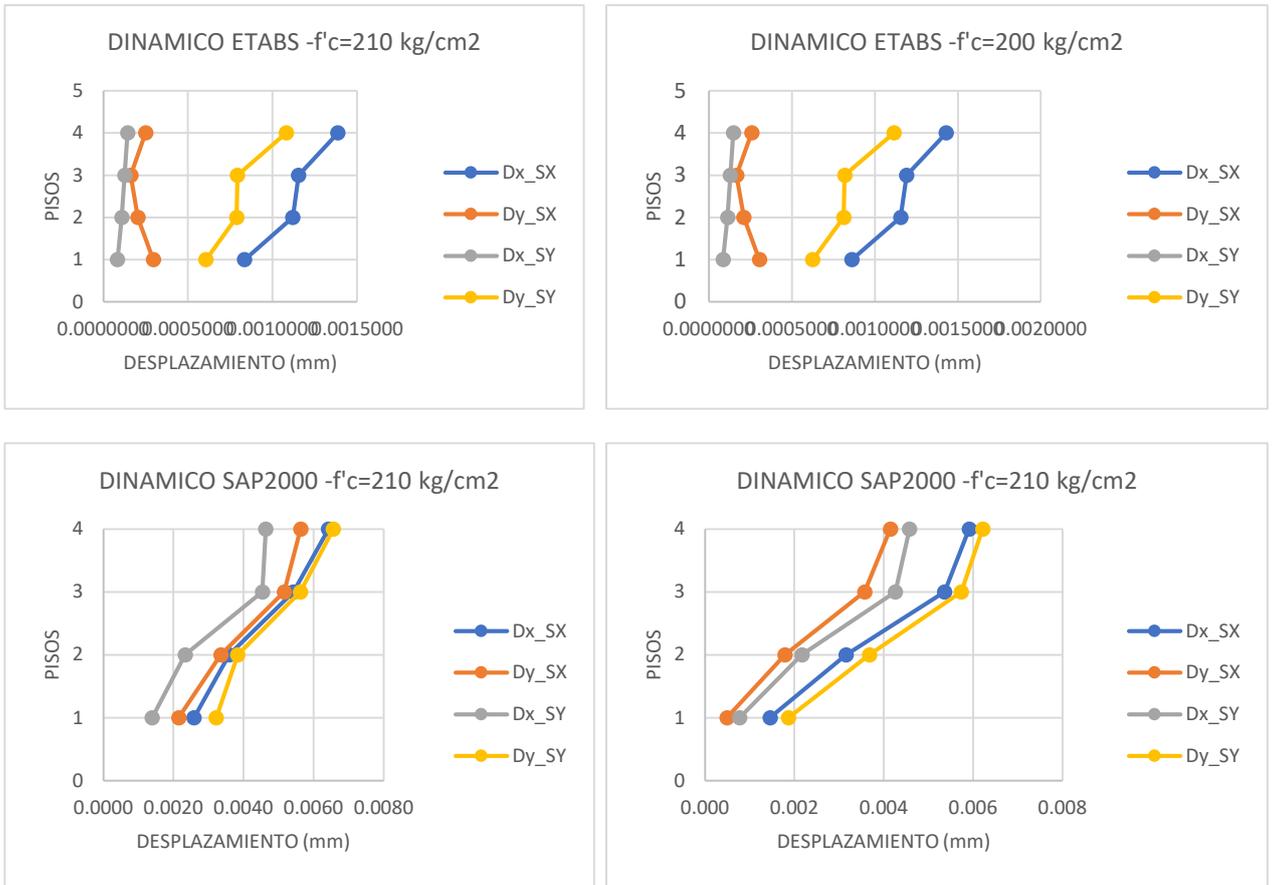
resultados de desplazamiento sísmico para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, para fuerza sísmica en X: $Dx_SX=0.00643$, $Dy_SX=0.00563$; para fuerza sísmica en Y: $Dx_SY=0.00463$, $Dy_SY=0.00656$, al igual que para este tipo de $f'c$ se detallan los resultados para el $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, para fuerza sísmica en X: $Dx_SX=0.00591$, $Dy_SX=0.00415$, y para fuerza sísmica en Y: $Dx_SY=0.00458$, $Dy_SY=0.00621$, de todos estos resultados existe un común denominador es el desplazamiento mayor en el piso 4, también indicar que todos los valores calculados por ambos software en las condiciones expuestas siempre están en un nivel de aceptabilidad por debajo del valor que estipula la norma E030 recalcando que pese a que los valores son mínimos implican tomar en cuenta hacer un reforzamiento estructural lógicamente revisando los criterios de reforzamiento sísmico que sugiere la norma E060.

Figura 118: Gráficos de comportamiento de los desplazamientos estáticos



Fuente: Diseño propio del autor

Figura 119: Gráficos de comportamiento de los desplazamientos dinámicos



Fuente: Diseño propio del autor

También se calcularon los valores para las derivas de acuerdo a la norma E030 en la tabla N° 11 donde el límite de distorsión de entrepiso es de 0.007 para el caso de material predominante que para nuestro caso es concreto armado obteniendo el siguiente resumen de resultados en ambos softwares con valores sísmicos en X y Y como también para f'c=210 kg/cm2 y f'c=200 Kg/cm2 mostrando la variación porcentual con respecto al valor total aceptable que se detalla en las siguientes tabla que resume todas las derivas :

Tabla 16: Resultados porcentuales deriva

VARIACION PORCENTUAL DE LAS DERIVAS

	ETABS				SAP2000			
	f'c=210 kg/cm2		f'c=200 kg/cm2		f'c=210 kg/cm2		f'c=200 kg/cm2	
	ESTATICO	DINAMICO	ESTATICO	DINAMICO	ESTATICO	DINAMICO	ESTATICO	DINAMICO
	VAR % ΔD	VAR % ΔD						
SISMO X	0.043 %	0.004 %	0.043 %	0.004 %	0.03 %	43.13 %	82.25 %	96.1 %
NIVEL	1	1	1	1	2	2	4	4
SISMO Y	0.029 %	0.003 %	0.029 %	0.003 %	0.02 %	39.8 %	70.42 %	76.38 %
NIVEL	4	1	4	1	4	4	4	4

Fuente: Diseño propio del Autor

Interpretación:

Con respecto a la Tabla 16 se presentan los valores máximos de la variación porcentual de deriva, para las fuerzas sísmicas en X y Y , de estos datos podemos indicar que para el caso de Etabs los valores porcentuales de la variación de la deriva son mínimos con respecto al valor aceptable de acuerdo a la norma E 030 de 0.007 contemplado en la tabla N° 11 correspondiente a los límites de distorsión, con respecto a los valores porcentuales con Sap2000 respecto a la deriva son porcentajes muy elevados inclusive en cerca al límite de aceptabilidad tomando en cuenta que el valor de 0.007 de acuerdo a norma representaría nuestro 100%, también indicar que con Etabs se verifica que la fuerza sísmica en X de tipo estático para un f'c=210 kg/cm2 es similar así también las variaciones porcentuales de tipo dinámico guardan similitud y corresponde el porcentaje al primer nivel de la estructura, con respecto a la fuerza sísmica en Y los valores porcentuales de la deriva en un análisis estático coinciden en 0.029% para el piso 4 y en el caso del análisis dinámico también existe coincidencia en el valor de 0.003 y correspondería al piso 1, seguidamente con respecto a Sap2000 los valores porcentuales de análisis estático y dinámico para un f'c= 210 Kg/cm2 mantienen un porcentaje muy distante con respecto a la fuerza sísmica X y la fuerza sísmica Y con respecto a los pisos 2 y 4 coincidencia, con respecto al f'c=200 Kg/cm2 existe un porcentaje de variación de la deriva muy próximo al límite de aceptabilidad con

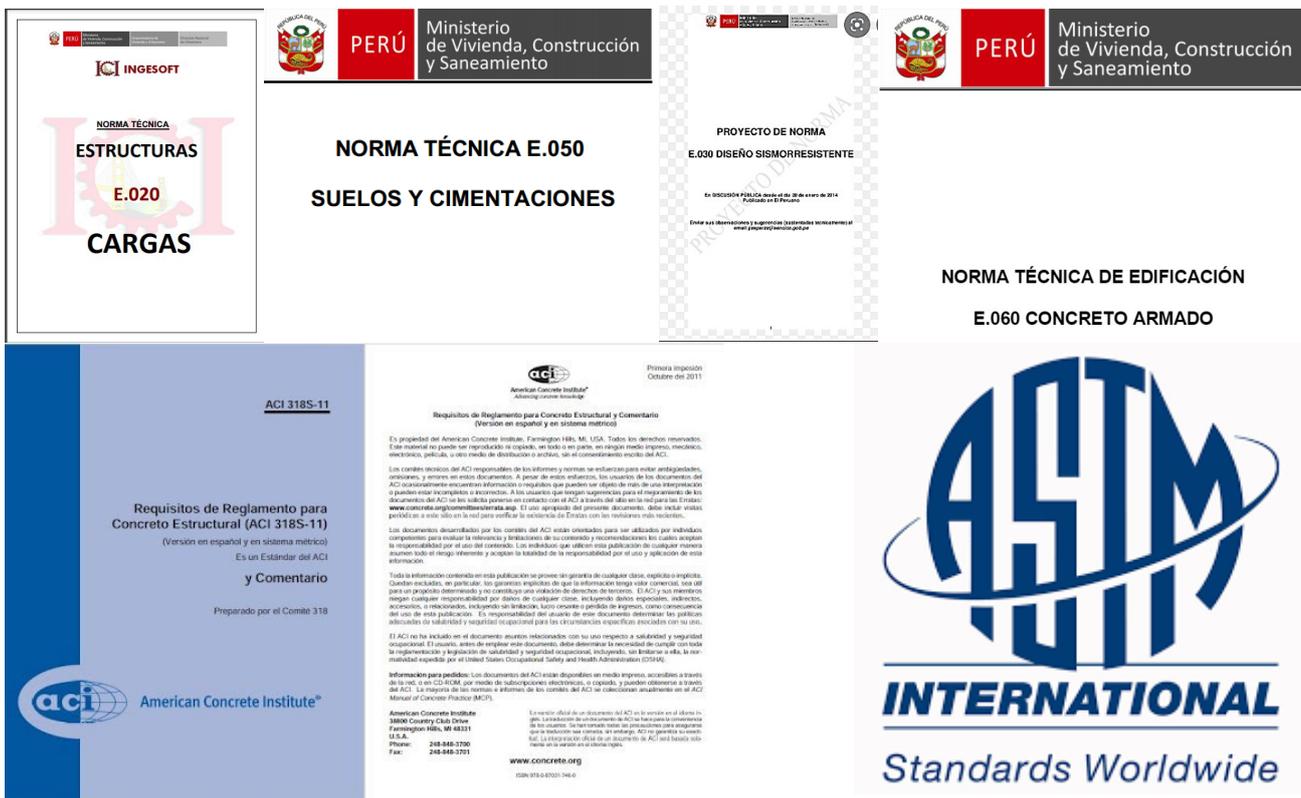
porcentajes elevados, en conclusión hay mucha diferencia en las variaciones porcentuales entre Etabs y Sap2000 implicando hacer revisiones en ajustes de diseño en el modelamiento a fin de conseguir resultados en los modelos que sean semejantes.

4.4. OBJETIVO ESPECIFICO 3

Aplicar las normas de diseño sísmico estructural en los dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022

Es importante indicar que para el presente trabajo se hizo referencia a las normas del RNE como son las normas E 020 referida al cálculo de cargas, la norma E030 referido a diseño sismorresistente, la norma E050 referido a suelos y cimentaciones, la norma E 060 referente al concreto armado ya que dichas normas están directamente relacionadas con el presente trabajo de investigación.

Figura 120. Normas técnicas relacionadas con la investigación



Fuente: Imágenes de internet

Tabla 17: Valores calculados de acuerdo a la normatividad y que fueron usados en Etabs y Sap2000

NORMA	DESCRIPCION	OBSERVACION	ETABS			SAP2000		
			CRITERIO	PARAMETRO	VARIABLES O VALOR	CRITERIO	PARAMETRO	VARIABLES O VALOR
E 020	CARGAS	Se complementa con NTE E.030	CARGAS	Carga Total	P1= 124.18 Ton P2=130.49 Ton P3=130.49 Ton P4=130.49 Ton	CARGAS	Carga Total	P1= 124.18 Ton P2=130.49 Ton P3=130.49 Ton P4=130.49 Ton
				Carga Viva	P1= 36.340 Ton P2=36.340 Ton P3=36.340 Ton P4=32.880 Ton		Carga Viva	P1= 36.340 Ton P2=36.340 Ton P3=36.340 Ton P4=32.880 Ton
				Carga Muerta	P1= 91.2965 Ton P2= 94.1537 Ton P3= 94.1537 Ton P4= 94.1537 Ton		Carga Muerta	P1= 91.2965 Ton P2= 94.1537 Ton P3= 94.1537 Ton P4= 94.1537 Ton
				Combinacion de Cargas	(1) M (2) M + V (3) M + (Vtoo 0,70 S) (4) M + T (5) α [M + V + (Vtoo 0,70 S)] (6) α [M + V + T] (7) α [M + (Vto o 0,70 S) + T] (8) α [M + V + (Vto o 0,70 S) + T]		Combinacion de Cargas	(1) M (2) M + V (3) M + (Vtoo 0,70 S) (4) M + T (5) α [M + V + (Vtoo 0,70 S)] (6) α [M + V + T] (7) α [M + (Vto o 0,70 S) + T] (8) α [M + V + (Vto o 0,70 S) + T]
		Se complementa con NTE E.030		Desplazamientos Laterales			Desplazamientos Laterales	
E 030	DISEÑO SISMORRESISTENTE	Seguridad de las personas No perdida de servicios basicos Que no existan daños Tabla 1	Zonificación	Zona (Z)	Zona = 4 , Z= 0.25	Zonificación	Zona (Z)	Zona = 4 , Z= 0.25
		Suelos Intermedios Tabla 3	Perfiles de Suelo	Perfil Tipo S2	S2= 1.2	Perfiles de Suelo	Perfil Tipo S2	S2= 1.2
		Condiciones Geotécnicas Tabla 4	Parámetros de Sitio	Periodos TP y TL	TP(s)= 0.6 TL(s)= 2.0	Parámetros de Sitio	Periodos TP y TL	TP(s)= 0.6 TL(s)= 2.0
		Categoría Sistema Estructural Tabla 5	Categoría de las Edificaciones	Factor de Uso (U) Categoría	U= 1.0 Categoría C	Categoría de las Edificaciones	Factor de Uso (U) Categoría	U= 1.0 Categoría C
		Sistemas Estructurales Tabla 7	Coefficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas	Coefficiente (R)	R = 8	Coefficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas	Coefficiente (R)	R = 8
			Estimación del Peso	Peso (P)	P=	Estimación del Peso	Peso (P)	P=
		Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes	Fuerza Cortante en la Base	Fuerza (F)	F1= 4.95024 Tonf F2= 9.83280 Tonf F3= 14.45915 Tonf F4= 19.09033 Tonf	Fuerza Cortante en la Base	Fuerza (F)	F1= 4.95024 Tonf F2= 9.83280 Tonf F3= 14.45915 Tonf F4= 19.09033 Tonf
			Excentricidad en cada nivel	Centroide	ex = 0.5235 m ey = 0.8253 m	Excentricidad en cada nivel	Centroide	ex = 0.5235 m ey = 0.8253 m
		Análisis Dinámico Modal Espectral	Análisis Dinámico Tiempo - Historia	Perido /valor	Archivo sísmico	Análisis Dinámico Tiempo - Historia	Perido /valor	Archivo sísmico
			Criterios de Combinación	Fuerza sísmica en X Fuerza sísmica en Y	SISMO X SISMO Y	Criterios de Combinación	Fuerza sísmica en X Fuerza sísmica en Y	SISMO X SISMO Y
		Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles Tabla 11	Material Predominante	Concreto Armado	0,007	Material Predominante	Concreto Armado	0,007
E 050	SUELOS Y CIMENTACIONES	Sobre los tipos de Estudios TABLA N° 2.1.2 Categoría de edificación	De la obra a cimentar	Distancia mayor entre apoyos (m) Categoría C	< 10 m	De la obra a cimentar	Distancia mayor entre apoyos (m) Categoría C	< 10 m
		De las Técnicas de Investigación TABLA N° 2.2.1	De campo	NTP 339.162 (ASTM D 420)	Df= 2.1	De campo	NTP 339.162 (ASTM D 420)	Df= 2.1
			Propiedades fisico mecanica	Angulo de friccion del suelo Cohesion del suelo Densidad del suelo humedo	30.8" 0.00 kg/cm2 0.89 Kg/cm3	Propiedades fisico mecanica	Angulo de friccion del suelo Cohesion del suelo Densidad del suelo humedo	30.8" 0.00 kg/cm2 0.89 Kg/cm3
			Perfil estratigrafico	E-1 (0-0.6m) E-1 (0.6-1.2m) E-1 (1.2-2.6m) E-4 (2.6-3.2m)	(CL-ML) - Arcilla limosa (GP) - Grava mal graduada (GP) - Grava mal graduada Tamaño maximo 10" (GW) - Grava bien graduada	Perfil estratigrafico	E-1 (0-0.6m) E-1 (0.6-1.2m) E-1 (1.2-2.6m) E-4 (2.6-3.2m)	(CL-ML) - Arcilla limosa (GP) - Grava mal graduada (GP) - Grava mal graduada Tamaño maximo 10" (GW) - Grava bien graduada
			Problemas especiales de cimentacion	Colapso Expansión Licuación	Moderado Bajo Moderado	Problemas especiales de cimentacion	Colapso Expansión Licuación	Moderado Bajo Moderado
E 060	CONCRETO ARMADO	MATERIALES	concreto inicial	f'c=	210 kg/cm2	concreto inicial	f'c=	210 kg/cm2
			concreto (esclerometria)	f'c=	200 kg/cm2	concreto (esclerometria)	f'c=	200 kg/cm2
		DOSIFICACION	Mezcla inicial	Agua = Cemento tipo IP = bolsas Agregado Grueso =	193 Lt/cm3 C° 371.15 = 8.75 Angular	Mezcla inicial	Agua = Cemento tipo IP = bolsas Agregado Grueso =	193 Lt/cm3 C° 371.15 = 8.75 Angular
			Consistencia Plastica	SLUMP	1.3"	Consistencia Plastica	SLUMP	1.3"
			Proporciones de Mezcla	AGF /AGG AGUA CEMENTO	1.119 193 Lt 371.88 Kg	Proporciones de Mezcla	AGF /AGG AGUA CEMENTO	1.119 193 Lt 371.88 Kg
				Peso Unitario del concreto	2400 kg/m3		Peso Unitario del concreto	2400 kg/m3
				Modulo de elasticidad	2188197.89 Tonf/m2		Modulo de elasticidad	2188197.89 Tonf/m2
				Poisson	u= 0.2		Poisson	u= 0.2
		DETALLES DEL REFUERZO	Ganchos estandar	Estribo con doble vigas 50x25 cm	3/8" 1 @ 0.05 7@ 0.10 Rto @ 0.20	Ganchos estandar	Estribo con doble vigas 50x25 cm	3/8" 1 @ 0.05 7@ 0.10 Rto @ 0.20
			losa aligerada	espesor	20 cm	losa aligerada	espesor	20 cm
				Estribo con doble vigas 20x20 cm	4Φ1/2" 3/8"@0.05 5@0.10 Rto @ 0.15	Estribo con doble vigas 20x20 cm	4Φ1/2" 3/8"@0.05 5@0.10 Rto @ 0.15	
				Columna 60x25 cm	4Φ5/8" + 6Φ1/2" 3/8"	Columna 60x25 cm	4Φ5/8" + 6Φ1/2" 3/8"	

Fuente: Diseño propio del autor

Interpretación:

De la tabla 17 se puede interpretar de primera instancia que se usaron las normas vigentes del RNE que van acorde con el proyecto de vivienda multifamiliar en el análisis comparativo estructural implementadas en los softwares de elementos finitos ETABS y SAP2000, es importante aclarar que la edificación por ser un diseño regular es factible de ser modelada sin ningún inconveniente en ambos softwares indicando que para diseños complejos surgirían limitantes de modelamiento para el caso del software ETABS mas no para SAP2000 debido a que esta herramienta tecnológica es de mayor potencialidad en diseños complejos, la presente tabla 17 diagrama de manera muy detallada y clara que para el modelamiento de la estructura se tomaron en cuenta los aspectos indicados en las normas nacionales como las siguientes:

Norma E 020: norma relacionada con el tratamiento de cargas que nos permitió dar la directriz de los aspectos que se deben de tomar en cuenta al momento de realizar el modelo de la vivienda multifamiliar de 4 niveles, se determinaron los siguientes valores de acuerdo a las referencias de la norma en mención como: la carga total por niveles que es útil para el cálculo de las fuerzas sísmicas en caso del análisis estático con los valores de, $P_1= 124.18$ Ton, $P_2=130.49$ Ton, $P_3=130.49$ Ton, $P_4=130.49$ Ton distribuidos a nivel de carga muerta con valores de, $P_1= 91.2965$ Ton, $P_2= 94.1537$ Ton, $P_3= 94.1537$ Ton, $P_4= 94.1537$ Ton y la carga viva con valores de: $P_1= 36.340$ Ton, $P_2=36.340$ Ton, $P_3=36.340$ Ton, $P_4=32.880$ Ton, es importante indicar que los valores mencionados son usados por ambos softwares como parte del modelamiento, también la norma nos indica las referencias de combinaciones de cargas que pueden contemplar, dentro del análisis sísmico es importante tomar en cuenta las combinaciones de cargas para simulaciones sísmicas que se pueden implementar en Etabs y Sap2000.

Norma E030: relacionada con el diseño sismorresistente que también es factible aplicar en Etabs y Sap2000 a través de los siguientes criterios de uso en el modelamiento de la vivienda multifamiliar como los factores de zonificación sísmica que se da en la tabla 1 de donde se tienen los siguientes valores de zona =4 y su factor $Z=0.25$ acorde a la ubicación geográfica, también se determinó el valor del perfil del suelo de tipo S2 correspondiente a suelos intermedios con el valor de $S_2=1.2$; con respecto a las condiciones geotécnicas indicadas en la tabla 4 acerca

de los parámetros de sitio con periodos $TP = 0.6s$ y $TL = 2.0s$. correspondientemente, seguidamente se identificó en la norma la categoría de edificación de acuerdo al tipo de uso con un valor de factor $U = 1$ correspondiente a la categoría C para edificaciones de tipo vivienda, también se determinó el coeficiente de reducción para fuerzas sísmicas con un valor de factor $R=8$ de acuerdo a la tabla 7, con respecto al peso total de la edificación producto de cálculos de metrado se obtuvo el valor $P= 515.65 Tn$, dentro de las recomendaciones que indica la norma se realizó el cálculo de las fuerzas cortantes para el análisis estático obteniendo los valores de: $F1= 4.95024 \text{ Tonf}$, $F2= 9.83280 \text{ Tonf}$, $F3= 14.45915 \text{ Tonf}$, $F4= 19.09033 \text{ Tonf}$ de acuerdo a cada nivel de la edificación aplicados el centro de gravedad con valores de $ex = 0.5235 \text{ m}$ y $ey = 0.8253 \text{ m}$, a continuación se indican los criterios para el análisis dinámico con valores de espectro sísmico de periodo valor también recomendado por la normatividad aplicados en ambos Softwares como Etabs y Sap2000 con fuerzas sísmicas producto de datos sísmicos aplicados a ambos softwares en el modelo estructural de la vivienda multifamiliar a los cuales denominamos SISMOX y SISMOY, dentro de este análisis se pudo obtener los resultados sísmicos de los desplazamientos y derivas también indicados en la norma como parte del análisis estático y dinámico indicando que el valor admisible que indica la norma es de 0.007 para el caso de edificaciones con material predominante de concreto armado. Dichos valores en desplazamientos indican el nivel de afectación de la estructura a fin de recomendar reforzamientos ante deformaciones de sus elementos estructurales y en caso extremo una demolición de la estructura.

Norma E050: Esta norma hace referencia a los suelos y las cimentaciones, para nuestro trabajo es importante contar con la información de los análisis de laboratorio de mecánica de suelos de los cuales se obtiene una serie de valores que serán usados como parámetros estructurales en Etabs y Sap2000, dichos parámetros que se obtienen referidos a la categoría de la edificación indicados en la tabla 2.1.2 de la norma con referencia a la obra y su cimentación indica que la distancia mayor entre los apoyos para edificaciones de categoría C debe ser con un valor $<10m$. Así mismo la norma recomienda el uso de técnicas de investigación ello referenciado en la tabla 2.2.1 recomendando pruebas de campo indicadas en la norma NTP 339.162 (ASTM D 420) de donde se obtiene el valor de $Df = 2.1$, también se

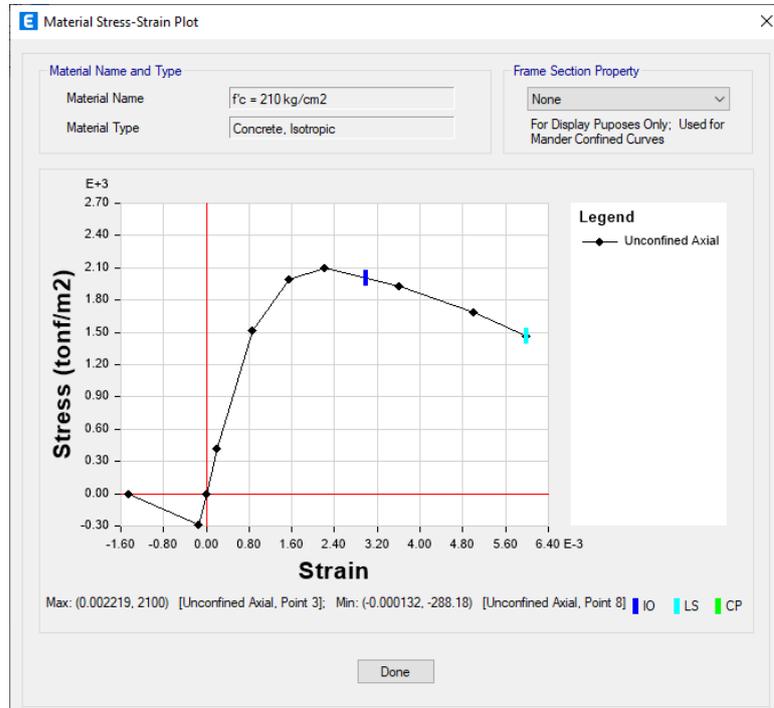
obtuvieron datos con referencia a las propiedades físico mecánicas como Angulo de fricción del suelo con un valor de 30.8", Cohesión del suelo con un valor de 0.00 kg/cm² y Densidad del suelo húmedo con valor de 0.89 Kg/cm³. La norma E050 hace referencia a identificar dentro de las características del suelo el perfil estratigráfico el cual se obtuvo de los análisis de mecánicas de suelos con los valores siguientes: E-1 (0-0.6m) para (CL-ML) - Arcilla limosa, E-1 (0.6-1.2m) para (GP) - Grava mal graduada, E-1 (1.2-2.6m) para (GP) - Grava mal graduada Tamaño máximo 10" y E-4 (2.6-3.2m) para (GW) - Grava bien graduada; es importante también tomar referencia a lo que indica la norma con respecto a los problemas que podrían darse en la cimentación dentro de los cuales es bueno tomar en cuenta los siguientes problemas Colapso, Expansión, Licuación en el caso de la edificación los riesgos fueron identificados en el mismo orden con los características de: Moderado, Bajo, Moderado.

Norma E060: Esta norma hace referencia al concreto armado muy importante en el trabajo de investigación ya que en base a este elemento se obtiene las características de resistencia de la edificación, de acuerdo a los análisis de laboratorio con respecto al análisis de materiales y mezclas se obtuvo un valor de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la actualidad la edificación tiene 10 años de antigüedad por lo que se realizaron análisis de esclerometria para concretos antiguos y averiguar el nivel de resistencia del concreto obteniendo un valor de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, así mismo las dosificaciones iniciales arrojaron los valores proporcionales de: Agua = 193 Lt/cm³ C°, Cemento tipo IP = bolsas 371.15 = 8.75, Agregado Grueso = Angular, el valor para la consistencia plástica con SLUMP = 1.3", llegando a las proporciones de mezcla AGF /AGG=1.119, AGUA =193 Lt, CEMENTO = 371.88 Kg, importante también indicar los valores de Peso específico del concreto = 2400 kg/m³, Modulo de elasticidad = 2188197.89 Tonf/m², Poisson= $\nu = 0.2$, está claro indicar que el módulo de elasticidad también se calculó para el $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ finalmente indicar las dimensiones de los elementos estructurales como son columnas de 60x25 cm (4 Φ 5/8" + 6 Φ 1/2", 3/8") , vigas de 50x25cm (3/8" 1 @ 0.05 ,7@ 0.10, Rto @ 0.20), Estribo con doblez vigas 20x20 cm (4 Φ 1/2", 3/8"@0.05, 5@0.10,Rto @ 0.15) finalmente el valor de la losa aligerada de espesor 20 cm).

Este análisis comparativo demuestra la aplicación que se realizó de las normas en ambos softwares Etabs y Sap2000 demostrando que ambas herramientas

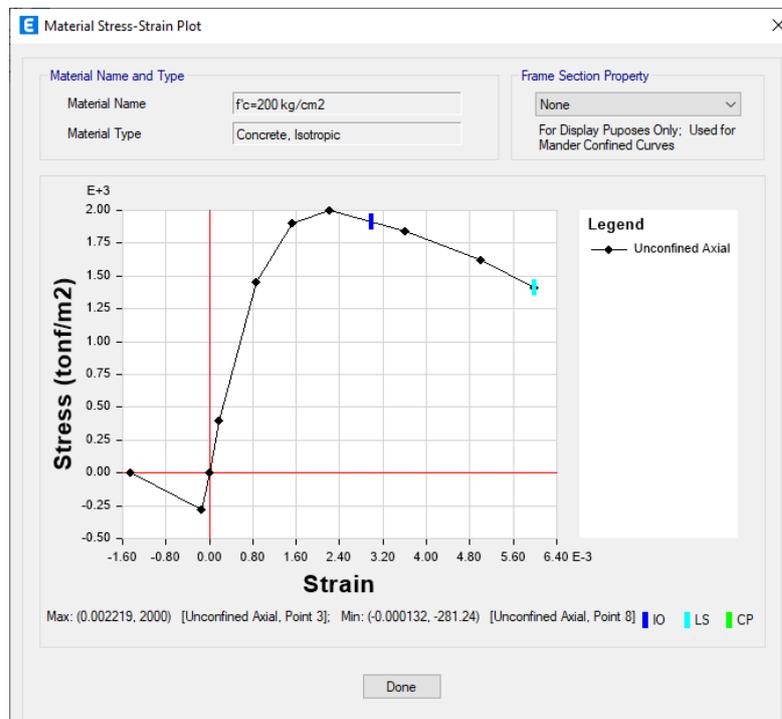
tecnológicas permiten el uso de las variables y factores de uso para la edificación de tipo reglas como es la vivienda multifamiliar.

Figura 121: Gráfico de tensión para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



Fuente: Captura de pantalla Etabs

Figura 122: Grafico de tensión para $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Captura de pantalla Etabs

V. DISCUSION

OBJETIVO 1: Realizar un adecuado análisis comparativo usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022.

Para Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), en su tesis no realiza como parte de sus objetivos el realizar una comparación de ambos softwares pero si menciona en el desarrollo de su trabajo características relevantes de ambos software mencionando que Etabs y Sap2000 permiten el manejo de objetos gráficos como joint, frame, Shell los que manejan coordenadas en tres dimensiones, así también ambos softwares permiten dibujar diversidad de elementos; con respecto a la metodología MEF (método de elementos finitos) ambos softwares permiten discretizar todos los elementos susceptibles de calcular sus áreas a través de la definición de mallas de control y optimización de cálculos, también indica que es posible realizar el análisis sísmico estático y espectral y el diseño estructural con ambos softwares.

Para el caso de nuestro trabajo de investigación tomamos más cuidado en el uso y comportamiento de las herramientas a fin de identificar características relevantes de Etabs y Sap2000 indicando las siguientes características: versatilidad en el uso de sus herramientas ya que siguen un criterio lógico en su diseño, definición y uso de materiales con la posibilidad de definir materiales en base a normas técnicas, rapidez en el modelamiento de estructuras con una metodología rápida de definición de gráficos, facilidad de diseño permitiendo un rápido despliegue de toda la estructura en base a valores de espaciamiento de elementos estructurales en el plano y el espacio, un abanico de posibilidades de análisis estructural en el cálculo de derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes, momentos, gráficos de torsión, ductilidad etc, posibilidad de simulación grafica con movimiento, permite la aplicación de normas nacionales e internacionales, posibilidad de visualización de resultados en base a gráficos estadísticos y tablas de resultados, es importante recalcar que para el modelamiento de esta estructura de vivienda multifamiliar de 4 niveles no se tuvo problemas de modelamiento en ambos softwares ya que es una edificación

regular, pero para diseños más complejos el software Sap2000 es el más completo e indicado.

Contrastación: En base a los hallazgos encontrados producto de nuestro trabajo de investigación **encontramos semejanza** con el autor de la referencia que tanto Etabs como Sap2000 son herramientas de amplio espectro en el diseño y análisis estructural lógicamente una más que otra para el caso de Sap2000 ya que maneja diseños más complejos y Etabs diseños regulares como el que analizo el autor de la referencia y el autor del presente trabajo.

OBJETIVO 2: Realizar un adecuado análisis comparativo estructural usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022.

Para Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), en su tesis, dentro del análisis estructural para una edificación de 10 pisos identifico los siguientes datos como el tipo de suelo de baja plasticidad (SM) con gravas menudas (CL) con presencia de arena (SP), se encontraron los siguientes resultados a nivel de fuerzas de acuerdo a su factor de zona $Z= 0.45$ y amplificación del suelo $S=1.05$, un periodo $TP= 0.60s$.

Para el caso de nuestro trabajo de investigación los parámetros identificados para el tipo de suelo son: (CL-ML) - Arcilla limosa, (GP) - Grava mal graduada, (GP) - Grava mal graduada Tamaño maximo 10", (GW) - Grava bien graduada, y valores para $TP=0.6$ y $TL =2.0$. para zona sísmica 4 con factor igual $Z=0.25$.

Para Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), Con respecto al análisis sismorresistente en base a la norma E030 hay que tomar en cuenta las dimensiones de la edificación la cual es de 10 pisos, valor calculado por Etabs igual a $P= 3905.09Tn$

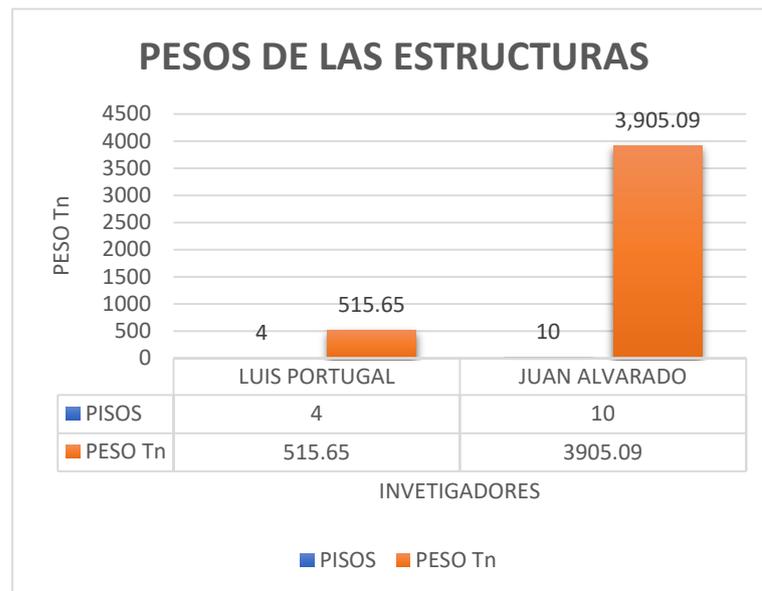
Para nuestro trabajo de investigación se evaluó con una edificación de 4 niveles con un peso total $P =515.65Tn$ las diferencias las mostramos en el siguiente grafico comparativo:

Tabla 18: Tabla comparativa de pesos por niveles

COMPARATIVA DE PESOS		
	PISOS	PESO Tn
LUIS PORTUGAL	4	515.65
JUAN ALVARADO	10	3905.09

Fuente: Diseño del autor

Figura 123: Comparativa de pesos en estructura



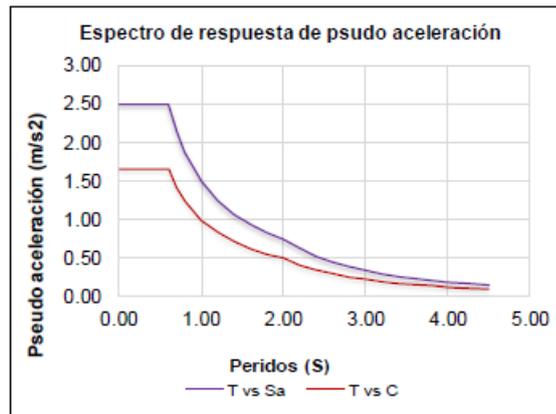
Fuente: Diseño del Autor

Para Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), llega hace el cálculo de las fuerzas cortantes para su análisis estático y dinámico encontrando los siguientes valores: $V_x = 570.84\text{ton}$, $V_y = 694.52\text{ton}$ para Etabs y $V_x = 575.19\text{ton}$, $V_y = 701.45\text{ton}$ con Sap2000.

En nuestro trabajo de investigación se realizó el cálculo de la fuerza cortante para cada nivel encontrando los siguientes valores: $F_1 = 4.95024\text{Tonf}$, $F_2 = 9.83280\text{Tonf}$, $F_3 = 14.45915\text{Tonf}$, $F_4 = 19.09033\text{Tonf}$ aplicados a cada nivel en el centroide de su losa.

Para Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), para el análisis dinámico utilizo periodos y respuesta espectral inelástica para un valor de $R = 6$ como se muestra en la siguiente referencia

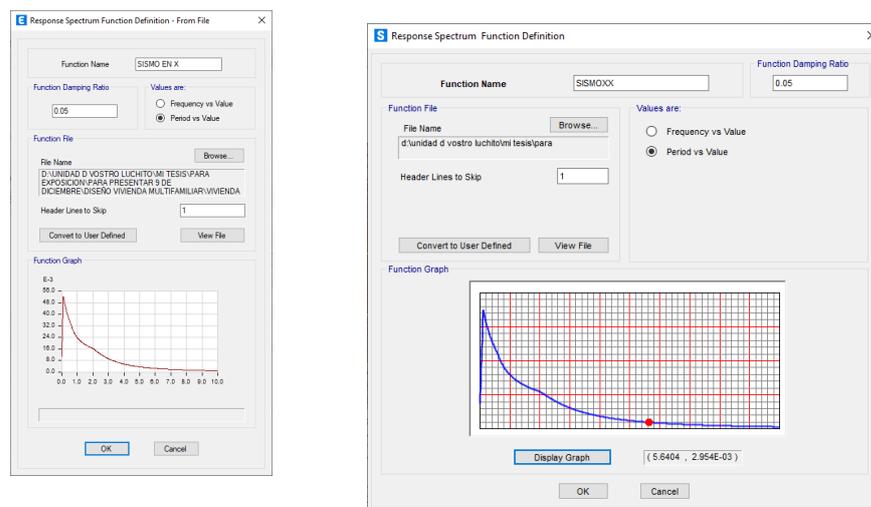
Figura 124: espectro sísmico dinámico



Fuente: Alvarado Espinoza

En nuestro trabajo de investigación también se usó un espectro sísmico en base a datos periodo valor que asemejan el mismo comportamiento que el de referencia para el análisis dinámico lo cual implicaría un comportamiento sísmico similar mas no igual debido a la diferencia en niveles de nuestra estructura con respecto a la de la referencia.

Figura 125: espectro sísmico dinámico Etabs y Sap2000



Fuente: Captura de pantalla Etabs y Sap2000

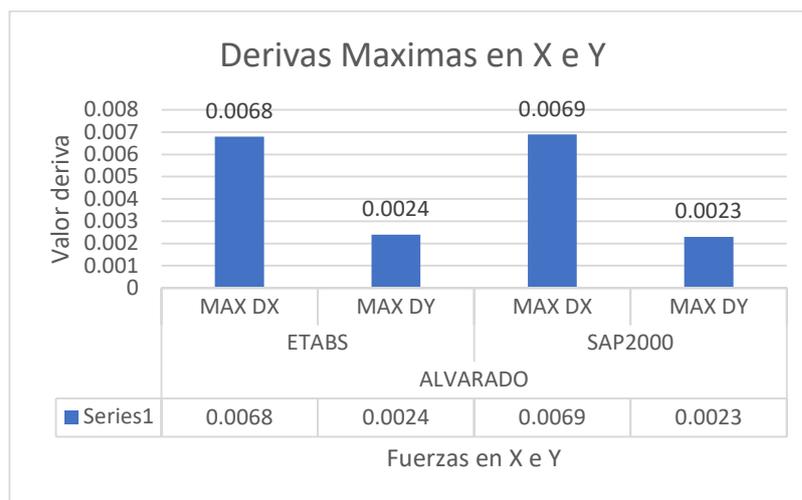
Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021), con respecto a los valores de las distorsiones o derivas obtenidas en ambos softwares para las direcciones sísmicas X y Y obtiene los siguientes valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19: Valores máximo para las derivas en X e Y

ALVARADO			
ETABS		SAP2000	
MAX DX	MAX DY	MAX DX	MAX DY
0.0068	0.0024	0.0069	0.0023

Fuente: Diseño del autor referencia Alvarado

Figura 126: Gráfico estadístico deriva Máxima en X e Y

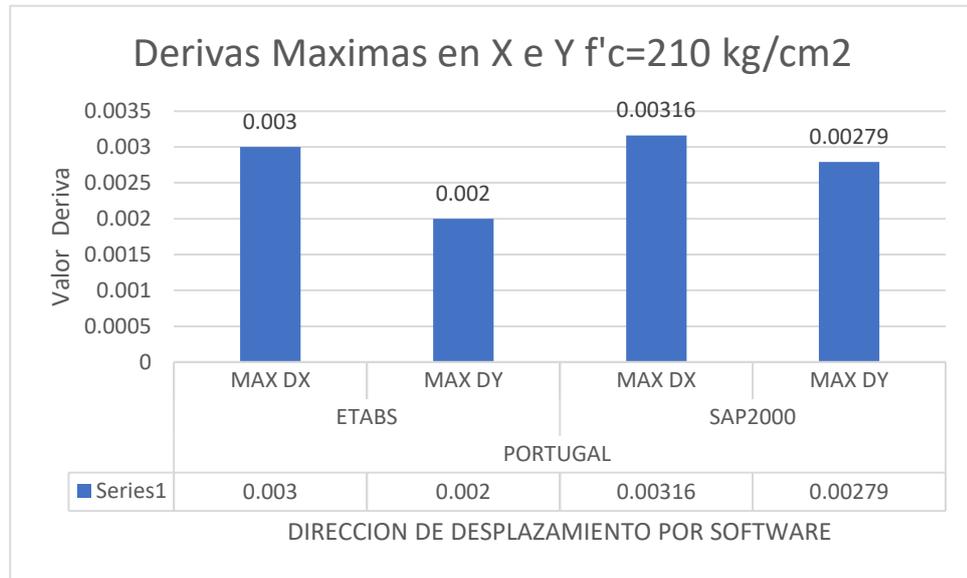


Fuente: Diseño del autor referencia datos Alvarado

Indicando también que los resultados pueden tener una variación en situaciones reales y de acuerdo a la necesidad requerida.

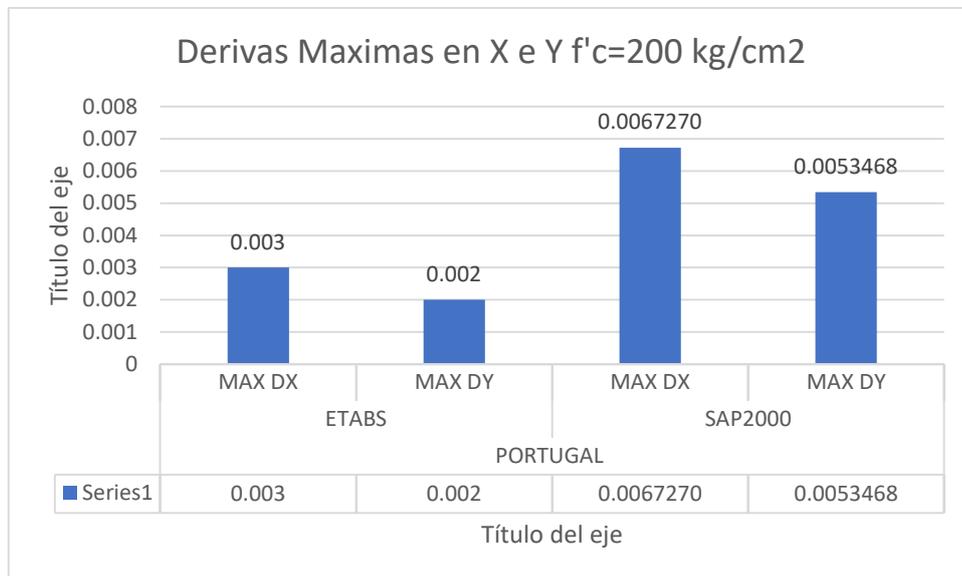
En referencia a nuestro trabajo de investigación se realizó también el cálculo de las derivas máximas con los resultados de Etabs y Sap2000 tanto para el caso de análisis estático y dinámico, de los cuales mostraremos los resultados de deriva máxima con ambos softwares tomando en cuenta que se hizo el análisis para los valores de $f'c=210$ kg/cm² y para $f'c=200$ kg/cm² que se muestran en la siguiente tabla y grafico comparativo:

Figura 127: Valores máximo para las derivas en X e Y



Fuente: Diseño del Autor

Figura 128: Valores máximo para las derivas en X e Y



Fuente: Diseño del Autor

De dicha información concluimos que tanto para la referencia Alvarado y para el autor de este trabajo de investigación hubo coincidencia en el análisis estático y dinámico con los mismos softwares tomando en cuenta que en nuestro caso se tuvo que realizar un análisis extra ya que se trabajó sobre una edificación ya existente por lo cual se tomó en cuenta el análisis

para un $f'c=200$ Kg/cm² producto de los análisis de esclerometría, de otro lado en la referencia parten del diseño de una edificación de 10 niveles en comparación a la estudiada en este trabajo que es de 4 niveles, en ambos análisis se verificó desplazamientos por debajo del valor de referencia que indica la norma que es de 0.007 , lo cual implica verificación de las estructuras ya que al existir desplazamientos implica deformación en los elementos estructurales que requieren reforzamiento.

Contrastación: Del análisis comparativo estructural entre la referencia y el presente trabajo de investigación se ratifica la **coincidencia** de la gran posibilidad de análisis y cálculo estructural que tienen los softwares Etabs y Sap2000 claro está que siempre existen algunas diferencias de uno con respecto al otro como por ejemplo la visualización gráfica del comportamiento de las derivas que es posible con Etabs mas no con Sap2000 ya que este requiere de un software complementario como es el **DIEC V19**, así mismo Etabs tiene limitaciones a nivel de diseño y modelamiento de estructuras complejas, en ese sentido Sap2000 es mucho más eficiente y completo.

Así también existe similitud en los cálculos y resultados que se realizan en ambos softwares con lo cual entramos en coincidencia con la referencia.

OBJETIVO 3: Aplicar las normas de diseño sísmico estructural en los dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022.

Para **Alvarado Espinoza, Juan Piero (2021)**, en el desarrollo de su trabajo de tesis hace referencia a la normativa del RNE como herramienta de apoyo en la definición de los parámetros estructurales que se aplicaran en el uso de Etabs y Sap2000, mas no hace una comparativa en el uso de las normativas en ambos softwares como son Etabs y Sap2000, dentro de ello se puede indicar que en el desarrollo de su trabajo de tesis tomo en cuenta las siguientes normativas: RNE, 2018, la norma E030 para el diseño sismorresistente, la norma E 060 referido al diseño de concreto armado, el referido trabajo comenzó con el diseño de la edificación por lo cual hizo referencia a las normas A0.10 y A0.20 del RNE, también hace referencia

a los cálculos de metrados de cargas en base a la norma E 020 para el análisis sísmico estático en Etabs y Sap2000, como su edificación contempla el diseño de un semisótano también hace uso de la norma E050 referida a suelos y cimentaciones con valores que sirven dentro del análisis sísmico. El uso de todas estas normativas permite que el autor Alvarado saque una evaluación de diferencias entre Etabs y Sap2000 que indica a la letra lo siguiente que las normas permiten satisfacer los requerimientos demandados por los softwares Etabs y Sap2000 indicando que ambos softwares arrojan resultados similares mas no iguales tomando en cuenta que ambos trabajan con los requerimientos sismorresistentes que exige la norma E030.

Con referencia a nuestro trabajo de investigación se realizó un análisis más detallado de las variables que deben ser evaluadas en cada uno de los softwares como son Etabs y Sap2000, toda la información utilizada fue tomando en cuenta las normas del RNE como son:

La Norma E 020 referida a las cargas, como son la carga viva, la carga muerta la carga total y las combinaciones de cargas que menciona la norma E020 y cuyos valores calculados son ingresados a Etabs y Sap2000 de manera normal.

Con respecto a la **norma E 060** que contempla todas las características del concreto armado nos fue útil en el cálculo y determinación de los valores de los tipos de concreto , contenido y características de mezclas, características de consistencia plástica o SLUMP, criterios de proporciones en mezclas así también el peso unitario del concreto su módulo de elasticidad, como también el valor de poisson, así mismo permite determinar las características de los estribos, características y parámetros de las losas aligeradas, tipos de columnas y características todos estos valores son ingresados sin ninguna dificultad dentro de ambos softwares como son el Etabs y Sap2000.

Con referencia a la **norma E050** sobre suelos y cimentaciones pudimos determinar los valores de la distancia entre apoyos para edificaciones de categoría C con un criterio de <10m, hace referencia a las técnicas de

investigación para este caso de campo en referencia a la norma **NTP 339.162 (ASTM D 420)**.

Con referencia a las propiedades físico mecánicas esta norma permite definir el ángulo de fricción del suelo, la cohesión del mismo, y la densidad del suelo húmedo cada uno de estos valores son requerimiento de ambos softwares para cálculos complementarios en el diseño sismorresistente. La norma también nos da los criterios de identificación del perfil estratigráfico muy útil para la determinación del tipo de cimentaciones. Importante mencionar que la **norma E050** toma en cuenta los problemas particulares en cimentaciones como los que se identificaron en el análisis de mecánica de suelos y son: colapso, expansión, y licuación la variedad de requerimientos estructurales hace que tomemos en cuenta todas las normas que contribuyan en el diseño de una buena edificación.

Finalmente hacemos referencia a la **Norma E030** que es la que más se utilizó debido a que el presente trabajo es de análisis estructural dentro de ello se pudo identificar con apoyo de la norma los diferentes parámetros de uso sismorresistente que se aplicó en los softwares Etabs y Sap2000 en base a ello se logró identificar los valores de zonificación sísmica Zona =4 Factor $Z=0.25$ para el caso de Cusco, el perfil del suelo S2 los periodos TP y TL, así mismo el factor de uso de la edificación U, el coeficiente de reducción sísmica R, la estimación del peso P, las fuerzas cortantes F, cálculo de la excentricidad, criterios para el análisis dinámico espectral y los criterios de combinación sísmica también demandados para un bien análisis sísmico estático y dinámico con los Softwares Etabs y Sap2000.

Contrastación: Existe **semejanza** con el autor de la referencia que tanto Etabs y Sap2000 son herramientas tecnológicas que para el diseño y modelamiento de estructuras regulares como la analizo permiten el uso irrestricto de las normativas peruanas como son la E020, E030, E050, E060 que se usaron en este trabajo de investigación

Finalmente determinamos que las normas mencionadas pueden ser aplicadas sin ningún problema en ambos softwares visto las experiencias de las referencias y del autor del presente trabajo de investigación.

VI. CONCLUSIONES

1. Del Análisis comparativo del uso de ambos softwares Etabs y Sap2000 para el modelamiento de la vivienda multifamiliar se determina:
 - Se logró realizar el análisis comparativo entre los softwares Etabs y Sap2000, verificando sus características en el uso de ambos softwares como son **versatilidad**, amplio uso y definición de **materiales** como el $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ y el $f'c=200\text{Kg/cm}^2$, acero y especificación de características de suelo, capacidad de **modelamiento** de la estructura de vivienda multifamiliar de 4 niveles, **diseño** rápido en la definición de elementos estructurales como las columnas de 60x25 cm, vigas de 25x50cm y losas aligeradas de 20cm de espesor, amplio abanico de posibilidades de **análisis** estructural utilizando el **MEF**(método de elementos finitos) para aumentar su potencialidad de análisis de elementos gráficos de estructuras complejas, capacidad de **simulación** con posibilidad de movimiento estructural, así mismo permite el uso de las **normas** peruanas como la E20, E030, E050, E060 que se utilizó en este trabajo de investigación, aclarando que la normatividad va también en el uso de normas internacionales de amplia gama ya que son softwares de uso internacional, finalmente los **resultados** en ambos softwares son similares mas no iguales.
2. Del análisis comparativo estructural de los dos softwares Etabs y Sap2000 se tiene:
 - Se logró realizar el análisis comparativo estructural para la vivienda multifamiliar de cuatro niveles respecto al análisis estático y dinámico estructural con ambos softwares Etabs y Sap2000 para los valores de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c= 200 \text{ kg/cm}^2$ y las dimensiones de los elementos estructurales, concluyendo que ambos softwares permiten el modelamiento de la vivienda multifamiliar con la posibilidad de optimización de cálculos con la metodología MEF (método de elementos finitos) en la definición de mallas de optimización aplicadas a sus elementos estructurales para mejorar

su capacidad de cálculo, así también se pudo verificar el efecto de las fuerzas sísmicas en X e Y reflejadas en los resultados de las derivas máximas para ETABS como MAX_DX= 0.003mm, MAX_DY= 0.002mm, en Sap2000 MAX_DX=0.00316mm MAX_DY= 0.00279mm para un $f'c=210$ kg/cm² y para $f'c=200$ kg/cm² derivas máximas en ETABS como MAX_DX=0.003mm, MAX_DY=0.002mm y en Sap2000 los valores de MAX_DX=0.0067270mm MAX_DY=0.0053mm todos los valores por debajo del valor límite de aceptabilidad que es 0.007 mm y con efecto en el cuarto nivel de la edificación donde se verifica mayor valor en su deriva, en ambos softwares se verifica una similitud en sus cálculos aunque no igualdad permitiendo resultados aceptables, en el campo sismorresistente ambos softwares permiten el cálculo de desplazamientos, derivas, visualización de los desplazamientos cálculo de centroides, fuerzas momentos entre otros, Etabs en relación a Sap2000 permite los gráficos de derivas mientras que Sap2000 necesita de una aplicación complementaria, importante mencionar que ambos softwares permiten una amplia gama de posibilidades de reportes ya que en base a sus filtros se puede mostrar diferentes combinaciones de resultados también utiliza consultas SQL para sus filtrados de tipo avanzado.

3. De la aplicación de las normas de diseño sísmico estructural en los dos softwares Etabs y Sap2000 se tiene:
 - Se logró aplicar el cumplimiento de las normas de diseño estructural en ambos softwares Etabs y Sap2000 en el uso de sus variables definidas en las normas **E020**, referido al manejo de cargas en carga viva , muerta y combinación de cargas; norma **E030** del diseño sismorresistente con la especificación de zonas sísmicas $Z=0.25$ para zona 4, perfiles de suelo, parámetros de sitio $TP=0.6$ $TL =2.0$ categoría de edificaciones $U = 1.0$ categoría C, coeficiente básico de reducción $R=8$ fuerzas cortantes,

excentricidades; norma **E050** del análisis de suelos y cimentaciones el detalle del perfil estratigráfico y valor de $D_f=2.1\text{m}$; norma **E060** referida a las características del concreto armado, con respecto a ello se logró usar todas las variables que todas estas normas recomiendan para el modelamiento de estructuras regulares como $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=200\text{ Kg/cm}^2$, Slump = 1.3", peso unitario del concreto 2400 Kg/cm^3 , módulo de elasticidad con un valor de $2188197.89\text{ tonf/m}^2$ para un $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$, poisson=0.2 de la vivienda multifamiliar aclarando que ambos softwares tienen implementadas una amplia gama de normas internacionales ya que estos softwares son de uso global.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda a las entidades públicas y privadas ligadas a la construcción que en sus proyectos estructurales seleccionen adecuadamente las tecnologías de software como Etabs y Sap2000 de acuerdo al tipo y complejidad de las estructuras a modelar, ya que estas permitirán una amplia posibilidad de diseño de estructuras y con ello dar celeridad de cálculo en el desarrollo de proyectos estructurales brindando la confiabilidad de los resultados.
- 2.** Se recomienda a nivel académico promover el uso de herramientas estructurales, ya que en el ámbito global hoy en día se debe optimizar el desarrollo de proyectos estructurales, lo cual se consigue con este tipo de herramientas.
- 3.** Se recomienda usar estas herramientas de diseño y modelamiento estructural como parte del proceso de desarrollo de proyectos en edificaciones ya que favorece el diseño y modelamiento de estructuras a través de cálculos y métodos optimizados como el MEF (Método de elementos finitos).
- 4.** También es recomendable antes de usar las herramientas de software como son Etabs y Sap2000 contar con toda la información de los ensayos de laboratorio que recomiendan las normas de diseño estructural esto en el RNE o la NTP.
- 5.** Se recomienda tener cuidado con los datos que se ingresan y la validación de los mismo ya que las herramientas de software como Etabs y Sap2000 están diseñadas para recibir datos numéricos y referencias indicadas en normas y estas deben ser veraces caso contrario se obtendrán resultados fuera del contexto real.
- 6.** Finalmente se recomienda hacer uso del criterio profesional en el uso de estas herramientas y la lógica en su manejo y su interpretación ya que el razonamiento profesional debe primar antes que el uso de las herramientas tecnológicas.

REFERENCIAS

ABHINAV, V., et al. Seismic analysis of multi-story RC building with shear wall using STAAD. Pro. International Journal of Innovative Technology and Research (IJITR), 2016, vol. 4, no 5, p. 3776-3779. **VÁSQUEZ CARRILLO, Juan Eduardo.** Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas Revit, Robot y Etabs. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. 2019

DESHMUKH, D. R., et al. Analysis and Design of G+ 19 Storied Building Using Staad-Pro. DR Deshmukh. et al. Int. Journal of Engineering Research and Application www. ijera. com, 2016, vol. 6, no 7, p. 17-19.

RIVAS PALMA, Carlos J.; ZERNA GAVILANES, Patricia D.; SANTOS BAQUERIZO, Eduardo. Utilización del software Cypecad en el diseño sismo resistente de un edificio de cinco pisos utilizando como material el hormigón armado. 2017.

ESCUADERO TORRES, Cuauhtemoc. Procedimiento para la aplicación de tecnología de elementos finitos y materiales compuestos en la resolución de estructuras de concreto y mampostería confinada. Comparación con Norma Mexicana. Instituto de Ingeniería y Tecnología, 2018.

BRITO PONCE, J. A. N. DISEÑO Y MODELACIÓN DE GALPÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y ANALISIS ESTRUCTURAL EN BASE A ELEMENTOS FINITOS MEDIANTE EL SOFTWARE SAP2000. 2018.

HERRERA INGA, Roddy, et al. Análisis Estructural Y Respuesta Sísmica Del Edificio Torre 4 Del Estadio Capwell-Estudio De Métodos De Protección Sísmica Para La Estructura. 2016. Tesis de Licenciatura. Espol.

QUIROZ, Celso Sanga; FLORES, Edson Huertas; CCOA, Manuel Caipo. COMPARACIÓN ANALÍTICA Y DE ELEMENTOS FINITOS DE ARRIOSTRES SEGÚN DISPOSICIÓN GEOMÉTRICA CON SOFTWARE DE CÁLCULO.

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA-Para el Desarrollo-UJCM, 2018, vol. 4, no 8, p. 31-37.

ROJAS ANDRADE, César Antonio; MORALES SALINAS, Luis Alejandro. Análisis y diseño estructural de una edificación de vivienda multifamiliar de ocho niveles en el distrito de La Perla-Callao. 2021.

CABELLO BETETA, Bob Goran Luis. Análisis estructural comparativo entre los sistemas estructurales de concreto armado aporticado y dual, Lima 2019. 2020.

CERVERA MENDO, Rogger Joseph. Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles. 2020.

ESTRADA REYES, Sofia Solange; VERDE HUAMÁN, Jhosep Kevin. Análisis comparativo del diseño estructural con la aplicación del software ETABS respecto al método tradicional de un edificio de cinco pisos con semisótano ubicado en el distrito de San Martín de Porres–Lima. 2020.

BAYONA PALOMINO, Marcial; VARGAS QUISPE, Rodolfo. Diseño y análisis estructural de un edificio multifamiliar de seis niveles, distrito San Jerónimo, provincia y departamento del Cusco. 2016.

POCOHUANCA FLORES, Fernando Santiago; ROSA RIBERA, José Enrique. Diseño estructural de un edificio multifamiliar en la urb. San Borja Alta, distrito de Wanchaq provincia del Cusco. 2017.

ZEBALLOS APARICIO, Jerson Bladimir; ROMUACCA NINA, Jean. Diseño estructural de un edificio vivienda y comercio ubicado en la urb. Quispicanchis Av. La Cultura J-9 distrito de Cusco. 2016.

HIBBELER, Russell C., et al. Análisis estructural. Pearson Educación, 2012.

OJEDA RUIZ, Joel Melchor; PARRA MEZA, Alberto; SÁNCHEZ VERGARA, Ricardo. Análisis estructural. 2020.

ATTO VALLES, Jimy Pooli; ESTRELLA LÓPEZ, Kevin Alejandro. Diseño estructural mediante el Software “Autodesk Robot Structural Analysis” para la ampliación del Hotel Cielo, Tarapoto 2019. 2019.

RODAS ANDRADE, Hernán, Estructuras I - Apuntes de clase, 2014

CELIGÜETA-LIZARZA, Juan Tomás. Método de los elementos finitos para análisis estructural. 2011.

ÁNGEL, RUBIO GONZÁLEZ Miguel, et al. Introducción a la informática básica. Editorial UNED, 2017.

TORRES, R. H. S. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 2018.

ABANTO CASTILLO, T. F. (2017). Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería. Lima: San Marcos.

PADILLA, Jorge Coronado. Escalas de medición. Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación, 2007, vol. 2, no 2, p. 104-125

ALVARADO ESPINOZA, Juan Piero; VÁSQUEZ VELÁSQUEZ, Cesar Augusto. Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio residencial utilizando los softwares Etabs y Sap2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo. 2021.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMESNIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General: ¿De qué manera un análisis comparativo estructural usando softwares de elementos finitos garantiza buenas estructuras para vivienda multifamiliar, en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022?	Objetivo general: Realizar el análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar haciendo uso softwares de elementos finitos en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022	Hipótesis general: Con el análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, se garantizará la estabilidad para una vivienda multifamiliar de la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022	INDEPENDIENTE	Softwares de elementos finitos	SAP2000	Estructuración	Fichas de: Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
		Análisis de predimensionamiento				Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060	
		Cálculo de metrados de cargas				Fichas de Norma E.020	
		Análisis estático y dinámico				Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.050 Norma E.060	
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:					
Problema específico N° 1 ¿Es posible realizar un análisis comparativo usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022?	Objetivo Especifico N° 1 Realizar un adecuado análisis comparativo usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022	Hipótesis específica N° 1 La realización de un análisis comparativo usando dos softwares de elementos finitos garantiza una vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022			ETABS	Estructuración	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
						Análisis de predimensionamiento	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
						Cálculo de metrados de cargas	Fichas de Norma E.020
						Análisis estático y dinámico	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.050 Norma E.060
Problema específico N° 2 ¿Es posible realizar un análisis comparativo estructural usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022?	Objetivo Especifico N° 2 Realizar un adecuado análisis comparativo estructural usando dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022	Hipótesis específica N° 2 La realización de un análisis comparativo estructural usando dos softwares de elementos finitos garantiza una vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022	DEPENDIENTE	Análisis comparativo estructural	Análisis Sísmico	Espectro de Respuesta (s)	Fichas de Norma E.030
						Cortante Basal Dinámica (Ton)	Fichas de Norma E.030
						Cortante Basal Estática (Ton)	Fichas de Norma E.030
						Control de Desplazamientos Máximos (cm)	Fichas de Norma E.030
						Factor de Diseño Estructural	Fichas de Norma E.030 Norma E.060
					Análisis Estructural	Losas (m3)	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
						Vigas (m3)	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
						Escaleras (m3)	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
						Columnas (m3)	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.060
Problema específico N° 3 ¿Es posible aplicar las normas de diseño sísmico estructural en los dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022?	Objetivo Especifico N° 3 Aplicar las normas de diseño sísmico estructural en los dos softwares de elementos finitos para vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022	Hipótesis específica N° 3 La aplicación de las normas sísmico estructurales en dos softwares de elementos finitos garantiza una vivienda multifamiliar en la Urb. Santa rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022				Cimentación (m3)	Fichas de Norma E.020 Norma E.030 Norma E.050 Norma E.060

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE LA INVESTIGACION	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
Software de elementos finitos	Es el software capaz de aplicar métodos de cálculo matemático sobre elementos de naturaleza continua y que son muy usuales en el campo de la ingeniería a través del MEF (método de elementos finitos) que son adecuados para dar solución a estructuras compleja	Por medio de estas herramientas de software se podrá analizar, diseñar, modelar y simular estructuras sismo resistentes ya que tienen implementados métodos matemáticos complejos denominados (MEF) ideales para trabajos en el campo de la ingeniería civil.	SAP2000	Estructuración	Razón	Tipo de Investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Correlacional Diseño de Investigación: Comparativo Enfoque: Cuantitativo Población: Edificaciones multifamiliares en urbanización Santa Rosa distrito de San Sebastián Muestra: Un edificio multifamiliar Muestreo: No Probabilístico - se ensayará en dos softwares Técnica: Observación directa Instrumento de Investigación: Dos softwares de elementos finitos.
				Análisis de predimensionamiento	Razón	
				Cálculo de metrados de cargas	Razón	
				Análisis estático y dinámico	Razón	
			ETABS	Estructuración	Razón	
				Análisis de predimensionamiento	Razón	
				Cálculo de metrados de cargas	Razón	
				Análisis estático y dinámico	Razón	
Análisis comparativo sísmico estructural	Es el proceso de observación analítica que se realizara sobre elementos con características sísmico estructurales susceptibles de ser comparados con el fin de encontrar diferencias y similitudes haciendo uso de métodos matemáticos de cálculo complejo.	Es el proceso comparativo que se realizara por medio de la observación sobre los diferentes resultados que se obtengan en las diferentes etapas en los procesos de análisis diseño modelamiento y simulación del objeto de estudio denominado vivienda multifamiliar	Análisis Sísmico	Espectro de Respuesta (s)	Razón	
				Cortante Basal Dinámica (Ton)	Razón	
				Cortante Basal Estática (Ton)	Razón	
				Control de Desplazamientos Máximos (cm)	Razón	
				Factor de Diseño Estructural	Razón	
			Análisis Estructural	Losas (m3)	Razón	
				Vigas (m3)	Razón	
				Escaleras (m3)	Razón	
				Columnas (m3)	Razón	
				Cimentación (m3)	Razón	

Anexo 3: Análisis estadístico de resultados

Análisis para el tamaño de muestra:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

n = Tamaño de muestra buscado

Z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

e = Erro de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1 - **p**) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Parametro	Insertar Valor
Z	1.960
P	50.00%
Q	50.00%
e	3.00%

Tamaño de muestra

"n" =

1,067.11

ANÁLISIS ESTADÍSTICO “T STUDENT”

Muestras relacionadas para Desplazamientos con ETABS y $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ análisis estático

Variables a relacionar:

Para **SISMO X**: Dx_SX, Dy_SX,

Para **SISMO Y**: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	0.01646750	4	0.007035147	0.003517573
	Dx_SY	0.00133750	4	0.000591235	0.000295617
Par 2	Dy_SX	0.00304000	4	0.000653452	0.000326726
	Dy_SY	0.01295000	4	0.005891582	0.002945791

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.992 y para Part2 tenemos el valor de 0.669, para los cuales tenemos el valor de significancia “Sig” en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables. de acuerdo a los valores diferentes de 0 o nulo podremos indicar que si existe relación entre las variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	4	0,992	0,008
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	4	0,669	0,331

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.018 para Part1 y 0.036 para Part2 ambos valores menores que 0.007

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.015130000	0.006449377	0.003224689	0.004867602	0.025392398	4,692	3	0,018
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.009910000	0.005476282	0.002738141	-0.018623987	-0.001196013	-3,619	3	0,036

Muestras relacionadas para Desplazamientos con ETABS y $f'c = 200\text{kg/cm}^2$ análisis estático

Variables a relacionar:

Para SISMO X: Dx_SX, Dy_SX,

Para SISMO Y: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	0.01687250	4	0.007209010	0.003604505
	Dx_SY	0.00137250	4	0.000603842	0.000301921
Par 2	Dy_SX	0.00311750	4	0.000665952	0.000332976
	Dy_SY	0.01327000	4	0.006037996	0.003018998

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.992 y para Part2 tenemos el valor de 0.667, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables. de acuerdo a los valores diferentes de 0 o nulo podremos indicar que si existe relación entre las variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	4	0,992	0,008
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	4	0,667	0,333

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.018 para Part1 y 0.036 para Part2 ambos valores menores que 0.007

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.015500000	0.006610411	0.003305205	0.004981361	0.026018639	4,690	3	0,018
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.010152500	0.005615505	0.002807752	-0.019088021	-0.001216979	-3,616	3	0,036

Muestras relacionadas para Desplazamientos con SAP2000 y $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ análisis estático

VARIABLES A RELACIONAR:

Para SISMO X: Dx_SX, Dy_SX,

Para SISMO Y: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	0.00374500	4	0.001467844	0.000733922
	Dx_SY	0.00164500	4	0.001840118	0.000920059
Par 2	Dy_SX	0.00242750	4	0.001814137	0.000907068
	Dy_SY	0.00566500	4	0.001991122	0.000995561

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.125 y para Part2 tenemos el valor de 0.141, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables. de acuerdo a los valores diferentes de 0 o nulo podremos indicar que si existe relación entre las variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	4	0,875	0,125
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	4	0,859	0,141

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.019 para Part1 y 0.008 para Part2 ambos valores menores que 0.007

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.002100000	0.000900740	0.000450370	0.000666721	0.003533279	4,663	3	0,019
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.003237500	0.001024317	0.000512158	-0.004867417	-0.001607583	-6,321	3	0,008

Muestras relacionadas para Desplazamientos con SAP2000 y $f'c = 200\text{kg/cm}^2$ análisis estático

Variables a relacionar:

Para SISMO X: Dx_SX, Dy_SX,

Para SISMO Y: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	0.00138000	4	0.001069611	0.000534805
	Dx_SY	0.00217250	4	0.001024414	0.000512207
Par 2	Dy_SX	0.00230500	4	0.000765485	0.000382742
	Dy_SY	0.00163250	4	0.001139777	0.000569889

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.006 y para Part2 tenemos el valor de 0.006, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables. de acuerdo a los valores diferentes de 0 o nulo podremos indicar que si existe relación entre las variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	4	0,994	0,006
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	4	0,994	0,006

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.001 para Part1 y 0.008 para Part2 ambos valores menores que 0.041

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	-0.000792500	0.000123390	0.000061695	-0.000988840	-0.000596160	-12,845	3	0,001
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	0.000672500	0.000389048	0.000194524	0.000053438	0.001291562	3,457	3	0,041

Muestras relacionadas para Desplazamientos con ETABS y $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ análisis dinámico

Variables a relacionar:

Para **SISMO X**: Dx_SX, Dy_SX,

Para **SISMO Y**: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	2.01262000	2	2.810579750	1.987380000
	Dx_SY	2.00106500	2	2.826920987	1.998935000
Par 2	Dy_SX	2.00188500	2	2.825761332	1.998115000
	Dy_SY	2.01023000	2	2.813959720	1.989770000

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.000 y para Part2 tenemos el valor de 0.000, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	2	1,000	0,000
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	2	1,000	0,000

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.500 para Part1 y 0.500 para Part2

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.011555000	0.016341238	0.011555000	-0.135265196	0.158375196	1,000	1	0,500
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.008345000	0.011801612	0.008345000	-0.114378279	0.097688279	-1,000	1	0,500

Muestras relacionadas para Desplazamientos con ETABS y $f'c = 200\text{kg/cm}^2$ análisis dinámico

Variables a relacionar:

Para **SISMO X**: Dx_SX, Dy_SX,

Para **SISMO Y**: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	2.01293000	2	2.810141343	1.987070000
	Dx_SY	2.00109000	2	2.826885632	1.998910000
Par 2	Dy_SX	2.00193000	2	2.825697693	1.998070000
	Dy_SY	2.01048500	2	2.813599096	1.989515000

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.000 y para Part2 tenemos el valor de 0.000, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	2	1,000	0,000
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	2	1,000	0,000

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.500 para Part1 y 0.500 para Part2

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.011840000	0.016744289	0.011840000	-0.138601464	0.162281464	1,000	1	0,500
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.008555000	0.012098597	0.008555000	-0.117256582	0.100146582	-1,000	1	0,500

Muestras relacionadas para Desplazamientos con SAP2000 y f'c =210kg/cm2 análisis dinámico

Variabes a relacionar:

Para SISMO X: Dx_SX, Dy_SX,

Para SISMO Y: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	2.00285500	2	2.824389545	1.997145000
	Dx_SY	2.00220000	2	2.825315855	1.997800000
Par 2	Dy_SX	2.00237500	2	2.825068368	1.997625000
	Dy_SY	2.00432500	2	2.822310651	1.995675000

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.000 y para Part2 tenemos el valor de 0.000, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	2	1,000	0,000
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	2	1,000	0,000

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.500 para Part1 y 0.500 para Part2

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	0.000655000	0.000926310	0.000655000	-0.007667564	0.008977564	1,000	1	0,500
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	-0.001950000	0.002757716	0.001950000	-0.026727099	0.022827099	-1,000	1	0,500

Muestras relacionadas para Desplazamientos con SAP2000 y f'c =210kg/cm2 análisis dinámico

Variables a relacionar:

Para SISMO X: Dx_SX, Dy_SX,

Para SISMO Y: Dx_SY, Dy_SY

Prueba T

En la siguiente tabla **Part1** podemos verificar la diferencia de medias que existe entre ambas variables emparejadas la cual no es significativa, para el análisis Part2 también se observa diferencias poco significativas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dx_SX	2.00143000	2	2.826404799	1.998570000
	Dx_SY	2.00178500	2	2.825902754	1.998215000
Par 2	Dy_SX	2.00168000	2	2.826051246	1.998320000
	Dy_SY	2.00163000	2	2.826121957	1.998370000

Para la tabla siguiente se presenta el coeficiente de correlación para Part1 tenemos el valor de 0.000 y para Part2 tenemos el valor de 0.000, para los cuales tenemos el valor de significancia "Sig" en ambos casos el valor es menor que 1 con lo cual medimos el nivel de correlación o asociación que existe entre ambas variables.

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dx_SX & Dx_SY	2	1,000	0,000
Par 2	Dy_SX & Dy_SY	2	1,000	0,000

Seguidamente tenemos la prueba de muestras emparejadas en los que se tiene una significancia bilateral de 0.500 para Part1 y 0.500 para Part2

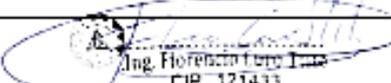
Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Dx_SX - Dx_SY	-0.000355000	0.000502046	0.000355000	-0.004865703	0.004155703	-1,000	1	0,500
Par 2	Dy_SX - Dy_SY	0.000050000	0.000070711	0.000050000	-0.000585310	0.000685310	1,000	1	0,500

Anexo 4: Ensayos

 GEOMET S.A.C. <small>INGENIEROS ASOCIADOS</small>	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS Anexo I - NORMA E-050 2018 CONDICIONES DE CIMENTACIÓN REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE)		
	PROYECTO: EDIFICIO VIVIENDA - COMERCIO		
	UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO: CUSCO	
SOLICITANTE: FIDEL W. PORTUGAL MORALES Y SILVIA F. PONCE DE LEON			
Ubicación:	URB SANTA ROSA B-16	Calzada:	C-1
Estructura:	ZAPATA	Localización:	-
Profesional Responsable (PR):	ING FLORENCIO CURO TTITO		
Ing. Civil CIP:	121433		
Tipo de Cimentación:	--		
Sótano:	NO		
Estrato de apoyo de la cimentación:	E - 5		
Profundidad de la Napa Freática:	NO PRESENTA		
Fecha:	Febrero del 2022		
Descripción del punto de investigación		Calzadas	
1. Parámetros de Diseño de la Cimentación			
Profundidad de Cimentación:	210 mts		
Presión Admisible:	0.67 kg/cm²		
Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico)	3.0		
Asentamiento Diferencial Máx.	Aceptable	0.01 cm	
1.1. Propiedades físico-mecánicas			
Ángulo de fricción del suelo	30.8 °		
Cohesión del suelo	0.00 kg/cm²		
Densidad del Suelo Húmedo	0.89 kg/cm³		
Coeficiente de empuje activo Ka	0.292		
Coeficiente de empuje pasivo Kp	4.350		
Coeficiente de reposo Ko	0.408		
2. Perfil Estratigráfico			
E-1 (0-0.6 m)	(CL - ML) Arcilla limosa		
E-2 (0.6-1.2 m)	(GP) Grava mal graduada		
E-3 (1.2-2.6 m)	(GP) Grava mal graduada, TAMAÑO MÁXIMO 10"		
E-4 (2.6-3.2 m)	(GW) Grava bien graduada		
3. Problemas Especiales de cimentación			
Colapso:	MODERADO		
Expansión:	BAJO		
Licuación:	MODERADO		
Agresividad del Suelo a la Cimentación:			
Cloruros cl-	-	-	
Sulfatos so4-	-	-	
Sales Solubles Totales	-	-	
Agresividad del Suelo	-		
Tipo de agresión	-		
Tipo de cemento portland,	1P		
Relación a/c	0.5		
f'c mínimo,	210 Kg/cm²		
Recubrimiento mínimo	7 cm		
4. Parámetros Sísmicos del suelo			
Zona Sísmica:	ZONA 2		
Tipo de perfil del suelo:	S2: Suelos Intermedios		
Factor del suelo (S):	1.2		
Período TP (s):	0.6		
Período TL (s):	2.0		
Factor de amplificación	-		
Recomendaciones Adicionales:			
El nivel de cimentación se realizará para todos los casos a partir del terreno natural. Para obras de estructuras portantes se recomienda cimentar sobre suelo natural a una profundidad de Df = 2.1 m. De acuerdo al tipo de estructura. Para obras de estructuras no portantes se recomienda cimentar sobre suelo natural a una profundidad de Df = 1.00 m. como mínimo.			
Para las construcciones proyectadas, las características de las cimentaciones serán del tipo superficial de acuerdo a los valores de Capacidad Portante y Presión de Diseño que se consignan en las respectivas tablas calculadas.			
Los elementos del cimiento deberán ser diseñados de modo que la presión de contacto (carga estructural del edificio entre el área de cimentación) sea inferior ó cuando menos igual a la presión de diseño ó capacidad admisible.			
Se recomienda el empleo de cimentaciones convencionales como zapatas cuadradas con vigas de cimentación con refuerzo de acero corrugado con un recubrimiento del concreto al refuerzo de 0.07m, (NTP - E.060).			
Los suelos de los estratos más profundos, presentan índices de Plasticidad y Límites Líquidos más bajos, y la cantidad de suelos finos disminuye, por otra parte, a estas profundidades no se estima se produzcan cambios de humedad, por lo que el fenómeno de expansión de suelos se descarta en estos estratos.			

Fecha: Febrero del 2022


Ing. Florencio Cuero Ttito
 CIP: 121433
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

11. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON ESCLERÓMETRO:

Los resultados de generales en las estructuras realizadas son presentados a continuación, pero los detalles pueden ser observados en la sección Anexos Tabla datos Esclerómetro.

BLOQUE VIVIENDA COMERCIO (4to Nivel)

Nro	Elemento	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
1	COLUMNA A-6	0°	31.00	200.00	19.60	Aceptado
2	COLUMNA B-6	0°	29.00	200.00	19.60	Aceptado
3	COLUMNA B-5	0°	29.00	200.00	19.60	Aceptado
4	COLUMNA C-5	0°	30.00	200.00	19.60	Aceptado
5	COLUMNA B-4	0°	30.00	200.00	19.60	Aceptado
6	COLUMNA B-2	0°	30.00	200.00	19.60	Aceptado
7	COLUMNA C-2	0°	30.00	200.00	19.60	Aceptado
8	COLUMNA B-1	0°	29.00	200.00	19.60	Aceptado

12. CONCLUSIONES:

- En función de los resultados obtenidos a los elementos estructurales del ultimo nivel de la vivienda comercio se determina que la resistencia del concreto cumpliría con las especificaciones técnicas mínimas ya que la construcción del Bloque de vivienda comercio tiene una antigüedad de 10 años.
- Es preciso señalar que en general las resistencias del concreto dentro de los elementos estructurales tipo columna evaluadas tienen una resistencia de 200 kg/cm² esta resistencia por la antigüedad de 10 años estaría dentro de los rangos además cabe señalar que hay muchas condiciones por las cuales se tiene esta resistencia.
- La variación de las lecturas entre altos y bajos se debe también a que muchas veces los disparos con el esclerómetro se realizan sobre el agregado grueso el mismo que es duro y muy resistente, en general las lecturas nos dan valores que indican que el concreto en los elementos estructurales tienen una resistencia buena.
- El esclerómetro evalúa la homogeneidad de la resistencia del concreto.



GEOMET S.A.C.
INGENIERÍA ASOCIADA
 Ing. Juan Carlos Barrios
 C.E. DE INGENIERÍA DE CALIDAD



Ing. Florencia Caro Tute
 CIP. 121433
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

INFORME: GDMET-0781
PROYECTO : VIVIENDA COMERGO

RESP. LAB : Ing. Florencio Curo Tito

UBICACIÓN : DIST: SAN SEBASTIAN, PROV: CUSCO, REGION CUSCO

TEC. LAB. : Esp. Antonio Candori Ch

SOLICITADO POR : ILLUS ALBERTO FORTUGAL MORALES

FECHA : 28/02/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNAA-6	1	1	30.00	0°	29.50	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	29.00					
	3	1	29.00					
	4	1	29.00					
	5	1	29.00					
	6	1	30.00					
	7	1	29.00					
	8	1	30.00					
	9	1	30.00					
	10	1	30.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNAB-6	1	1	31.00	0°	29.67	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	29.00					
	3	1	29.00					
	4	1	30.00					
	5	1	30.00					
	6	1	30.00					
	7	1	30.00					
	8	1	29.00					
	9	1	29.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNAB-5	1	1	29.00	0°	29.67	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	29.00					
	3	1	29.00					
	4	1	31.00					
	5	1	30.00					
	6	1	30.00					
	7	1	30.00					
	8	1	29.00					
	9	1	30.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNAC-5	1	1	30.00	0°	29.67	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	31.00					
	3	1	30.00					
	4	1	28.00					
	5	1	29.00					
	6	1	31.00					
	7	1	29.00					
	8	1	31.00					
	9	1	28.00					




Ing. Florencio Curo Tito
 CIP. 121433
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

INFORME GCOMET-0781

PROYECTO : VIVIENDA COMERCIO

RESP. LAB : Ing. Florencio Caro Tito

UBICACIÓN : DIST. SAN SEBASTIÁN, PROV. CUSCO, REGION. CUSCO

TEC. LAB. : Esp. Antonio Condori Ch

SOLICITADO POR : LUIS ALBERTO FORTUGAL MORALES

FECHA : 28/02/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNA B-4	1	1	30.00	0°	29.56	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	29.00					
	3	1	29.00					
	4	1	29.00					
	5	1	29.00					
	6	1	30.00					
	7	1	31.00					
	8	1	29.00					
	9	1	30.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNA B-2	1	1	30.00	0°	29.67	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	30.00					
	3	1	28.00					
	4	1	31.00					
	5	1	31.00					
	6	1	29.00					
	7	1	29.00					
	8	1	30.00					
	9	1	29.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNA C-2	1	1	29.00	0°	29.56	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	29.00					
	3	1	29.00					
	4	1	30.00					
	5	1	29.00					
	6	1	29.00					
	7	1	30.00					
	8	1	30.00					
	9	1	31.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f'c (Kg/cm ²)	f'c (N/mm ²)	Aceptación
4to NIVEL COLUMNA B-1	1	1	30.00	0°	29.67	200.00	19.60	ACEPTADO
	2	1	31.00					
	3	1	30.00					
	4	1	28.00					
	5	1	30.00					
	6	1	31.00					
	7	1	29.00					
	8	1	29.00					
	9	1	29.00					




Ing. Florencio Caro Tito
 CIP. 121433
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

ANEXO 5: Confiabilidad



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 109-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-04-29

1. SOLICITANTE : GEOMET S.A.C

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE AGRICULTURA CUSCO - CANCHIS - SICUANI

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8339020103

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-04-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE GEOMET S.A.C
MZA. C LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE AGRICULTURA CUSCO - CANCHIS - SICUANI


Gilmer Antonio Huamani Roguima
Responsable de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratoriogylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PA TRONES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of the certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

1 000 kN

Pág. 1 de 3

KAIZA CORP

STYE – 2000

170359

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE GEOMET S.A.C

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

GEOMET S.A.C

MZA. C LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE AGRICULTURA CUSCO -

CANCHIS – SICUANI

CUSCO

T71P / ZSC

150 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / 5M56609

N° INF – LE – 436 – 20

0.060 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2021 – 04 – 16

2021 – 04 – 29

3

NÚMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of the certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRONES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement ranges

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

214 kgf

NO PRESENTA

NO PRESENTA

CAM – 01

LAB. DE FUERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

GEOMET S.A.C

MZA. C LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE AGRICULTURA CUSCO -
CANCHIS – SICUANI
CUSCO

T31P / DEF – A

500 kg

OHAUS / KELY

B632871732 / AHK2580

N° OC – 2047 – 2020

0.032 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2021 – 04 – 28

2021 – 04 – 30

Pág. 1 de 5

5

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 114-2021 GLF

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2021-04-29

1. SOLICITANTE : GEOMET S.A.C

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE
AGRICULTURA CUSCO - CANCHIS - SICUANI

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : ESCLERÓMETRO

MARCA : NO PRESENTA

MODELO : NO PRESENTA

NÚMERO DE SERIE : 024

ALCANCE
MÁXIMO : 10 a 100 Div. (70 N/mm²)

DIV. MÍNIMA : 2 Div.

INDICACIÓN : ANÁLOGICA

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ANÁLOGICA

UBICACIÓN : LAB. FUERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C

FECHA DE
CALIBRACIÓN : 2021-04-28

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Tomado con referencia el método de Comparación Directa entre Yunque de Calibración FORNEY y el Esclerómetro

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. FUERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C
AV. MIRAFLORES MZ. E LT. 60 URB. SANTA ELISA II ETAPA LOS OLIVOS - LIMA

Misión:

Prestar servicio con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.



Gilmer Aníbal Huamán Poquima
Responsable del Laboratorio de Metrología





LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 115 - 2021 GLML

Fecha : 2021-04-29

Solicitante: GEOMET S.A.C
Dirección: MZA. C.LOTE. 9 URB. MINISTERIO DE AGRICULTURA CUSCO - CANCHIS - SICUANI

Instrumento / Tipo: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
Marca: NO PRESENTA
Modelo / Serie: NO PRESENTA / 023
Fecha de Calibración: 2021-04-16
Norma Utilizada Como Referencia: ASTM C 131 - 1

Instrumentos Utilizados: Pie de Rey Digital Certificado: N° L - 0815 - 2020
 Balanza Ohaus Certificado: N° 0116 - 2021 GLM
 Cronómetro Certificado: N° 1025-4813435

Método de Calibración: Comparación Directa

Esferas Maquina de los Angeles				
Valor Nominal	Peso (g)	Diametro 1	Diametro 2	Promedio L
V	390 g - 445 g ± 1 g	(mm)	(mm)	(mm)
1	418.50	46.75	46.45	46.60
2	418.40	46.40	46.68	46.54
3	418.40	46.78	46.70	46.74
4	418.50	46.73	46.74	46.74
5	418.40	46.76	46.78	46.77
6	418.40	46.72	46.74	46.73
7	418.60	46.76	46.76	46.76
8	418.50	46.76	46.62	46.69
9	418.40	46.62	46.76	46.69
10	418.50	46.67	46.72	46.70
11	418.60	46.63	46.74	46.69
12	418.50	46.78	46.74	46.75
Masa Total	5021.70	5000 ± 25 g		

Numero de vueltas	
N° de vueltas programado en el indicador del equipo	N° de vueltas contadas
5	5
10	10
50	50
100	100
150	150
300	300
400	400
500	500
550	550

Numero de vueltas	
Tiempo (min)	N° de vueltas contadas
1	32
6	195
12	390

LABORATORIO S.A.C.
 SUPERVISOR
 Gilmer Antares Huamani Doquioma
 Responsable del Laboratorio de Metrología



(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y en las condiciones en que se realizaron. G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionarse del uso inadecuado del instrumento.

☎ Teléfono:
(01) 622 - 5814
 Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 555-2021

Página: 1 de 2

- 1. SOLICITANTE:** INGECOM E.I.R.L.
- Dirección: Ciudad Majes Modulo C Sector 2 Mzs. F2 Lote 22 Majes - CAYLLOMA - AREQUIPA
- 2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** MAQUINA PARA ENSAYO DE CONCRETO
- Marca: A&A INSTRUMENTS
- Modelo: STYE-2000
- N° de serie: NO INDICA
- Procedencia: CHINA
- Capacidad: 2000 kN
- Resolución: 0.01 kN (0 kN a 999 kN)
0.1 kN (1000 kN a 2000 kN)
- Identificación: PC-IGC-001
- Precisión: ±1%
- 3. FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2021-04-29

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales de DM-INACAL o internacionales, los que realizan las unidades de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del presente documento son válidos solo para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está obligado recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados, según el uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

La empresa no se responsabiliza por el uso inadecuado del instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

N° 008689

- 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa.

5. MÉTODO DE CALIBRACIÓN:

La calibración se efectuó por comparación directa usando patrones calibrados y tomando como referencia las especificaciones de la Norma UNE-EN ISO 7500-1 "Tension/compression testing machines - Verification and calibration of the force-measuring system".

6. TRAZABILIDAD:

Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Juego de Pesas	LM-019-2021
	Medidor / simulador de Señales	LE-102-2021
	Manómetro Digital de 700 bar	LFP-C-024-2021
	TermoHigrometro	LH-049-2020

7. RESULTADOS

- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página siguiente del presente documento.
- ✓ Se utilizó un módulo de pesaje con una celda de carga tipo botella de 150 toneladas (1500 kN).
- ✓ La incertidumbre de medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura $K=2$, para un nivel de confianza del 95%.
- ✓ Este Certificado de Calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración"
- ✓ Con fines de identificación se ha colocado un sticker de color verde en señal de calibrado.

Sello



[Handwritten Signature]
TI. CARLOS BALDARRAGO BOHORQUEZ
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 558-2021

Página: 1 de 2

1. SOLICITANTE INGECOM E.I.R.L.

Dirección Ciudad Majes Modulo C Sector 2 Mzs. F2 Lote 22
Majes - CAYLLOMA - AREQUIPA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN OLLA WASHINGTON
(PRESS -AIR METER)

Indicacion ANALÓGICA

Tipo TIPO B

Marca FORNEY

Modelo LA-0316

N° de Serie NO INDICA

Procedencia USA

Alcance 0 a 15 psi (0 a 100%)

Identificacion OW-IGC-001

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales de la DM-INACAL o internacionales, los que realizan las unidades de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del presente documento son válidos solo para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está obligado recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados, según el uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

La empresa no se responsabiliza por el uso inadecuado del instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

N° 008701

3. FECHA DE CALIBRACIÓN 2021-04-30

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Instalaciones de la empresa

5. MÉTODO DE ENSAYO:

La calibración se efectuó por comparación directa usando patrones calibrados y tomando como referencia las especificaciones de la Norma ASTM C 231-04 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method" y el procedimiento INACAL - PC-004 "Procedimiento de calibración de Manómetros, Vacuómetros y Manovacuumetros".

6. TRAZABILIDAD:

Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Manómetro Digital	LFP-088-2020
	Regla Metálica	N° 259-2021 (SERVITECC E.I.R.L)
	Termohigrometro	LH-024-2020

7. RESULTADOS

- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página siguiente del presente documento
- ✓ El equipo cumple con las condiciones metrológicas y las especificaciones técnicas del fabricante, estando APTO para su uso.
- ✓ Este Certificado de Calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración"
- ✓ Con fines de identificación se ha colocado un sticker de color verde en señal de calibrado.

SELLO




TI. CARLOS BALDARRAGO BQHORQUEZ
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin la Autorización de la Empresa.

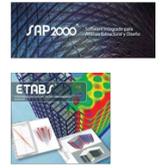
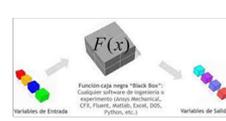
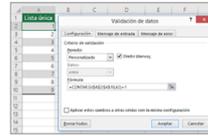
ANEXO 7: Procedimientos

PROCEDIMIENTO

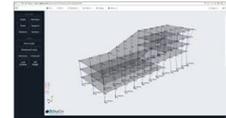
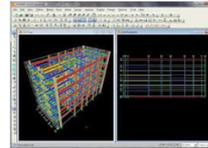
1.- RECOLECCION DE DATOS



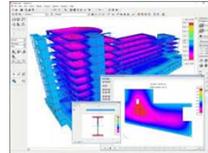
2.- ENTRADAS Y VALIDACION DE DATOS EN SOFTWARES



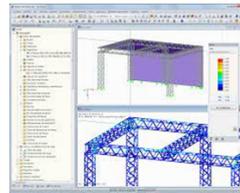
3.- DISEÑO Y MODELADO EN SOFTWARES



4.- ANALISIS SOBRE EL DISEÑO EN SOFTWARES



5.- SIMULACION EN SOFTWARES



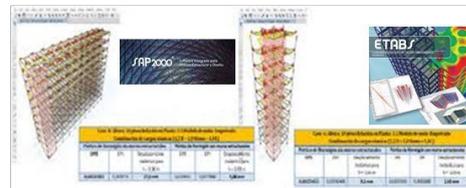
6.- OPTIMIZACION DE VALORES EN VARIABLES



7.- SALIDA DE INFORMACION CON SOFTWARES



8.- COMPARACION DE RESULTADOS DE DOS SOFTWARES



9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ANEXO 8: Análisis de Costos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (S/.)	SUB TOTAL
Internet	Glb	1	s/. 240	s/. 240
Hojas Bond	Paquete	1	s/. 15	s/. 15
lapiceros	Unidad	3	s/ 3	s/ 3
Libros	Unidad	3	s/. 100	s/. 300
Movilidad	Glb	1	s/ 300	s/ 300
laptop procesado I7Dell	unidad	1	s/.6000	s/. 6000
Impresora HP	unidad	1	s/. 800	s/. 800
calculadora	unidad	1	s/. 500	s/. 500
			TOTAL	s/. 8158

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (S/.)	SUB TOTAL
Servicio de Celular	mes	6	s/. 49.9	s/.299.4
2 softwares de elementos Finitos	Glb	2	s/.3000	s/. 3000
			TOTAL	s/. 3299.4

CUADRO RESUMEN	
Materiales	s/. 8158
Servicios	s/. 3299.4
TOTAL	s/. 11,457.4

ANEXO 10: Normativa

Normativa

Item	Descripción	Año
1	RNE - NORMA E 020 - Cargas.	2019
2	RNE - NORMA E 030 – Diseño Sismoresistente	2019
3	RNE – NORMA E 050 – Suelos y Cimentaciones	2019
4	RNE – NORMA E 060 – Concreto Armado	2019
5	ASTM	2018
6	ACI	2020
7	ASTM C-805 (ESCLEROMETRIA)	2016


INGESOFT

NORMA TÉCNICA
ESTRUCTURAS
E.020
CARGAS


PERÚ
 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA E.050
SUELOS Y CIMENTACIONES



PROYECTO DE NORMA
E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

En DISCUSIÓN PÚBLICA desde el día 20 de enero de 2014
 Publicado en El Peruano

Enviar sus observaciones y sugerencias (sustentadas técnicamente) al email proyectorz@vncvoo.gob.pe

PROYECTO DE NORMA


PERÚ
 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN
E.060 CONCRETO ARMADO

ACI 318S-11

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-11)
 (Versión en español y en sistema métrico)
 Es un Estándar del ACI
 y Comentario

Preparado por el Comité 318


 American Concrete Institute®

Primera Impresión
 Octubre de 2011

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario
 (Escritura en español y en sistema métrico)

Es propiedad de American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA. Todos los derechos reservados. Este material no puede ser reproducido ni copiado, en todo o en parte, en ningún medio impreso, mecánico, electrónico, público, o en cualquier medio de distribución o archivo, sin el consentimiento escrito del ACI.

Los comités técnicos del ACI responsables de los informes y normas se esfuerzan para evitar errata, deficiencias, errores, y errores en estos documentos. A pesar de estos esfuerzos, los usuarios de los documentos del ACI ocasionalmente encuentran información o requisitos que pueden ser objeto de más de una interpretación o pueden estar incompletos o equivocados. A los usuarios que tengan sugerencias para el mejoramiento de los documentos del ACI se les invita a ponerse en contacto con el ACI a través del sitio en la red para los Estados Unidos www.concrete.org/standards/feedback.asp. El uso apropiado del presente documento debe incluir: citar públicamente a este libro en la red para verificar la edición de Estados Unidos con las revisiones más recientes.

Los documentos desarrollados por los comités del ACI están orientados para ser utilizados por individuos competentes para evaluar la relevancia y implicaciones de su contenido y recomendaciones los cuales aceptan la responsabilidad por el uso del contenido. Los individuos que utilicen esta publicación de cualquier manera inusual corren todo el riesgo inherente y aceptan la totalidad de la responsabilidad por el uso y aplicación de esta información.

Toda la información contenida en esta publicación se provee sin garantía de cualquier clase, explícita o implícita. Queda excluida, en particular, las garantías implícitas de que la información tenga valor comercial, sea útil para un propósito determinado y no constituye una violación de derechos de terceros. El ACI y sus miembros no aceptan responsabilidad por daños de cualquier clase, incluyendo daños, especiales, indirectos, consecuentes, o relacionados, incluyendo sin limitación, lucro cesante y pérdida de ingresos, como consecuencia del uso de esta publicación. La responsabilidad del usuario de este documento, incluyendo los posibles perjuicios de salud y seguridad ocupacional para las circunstancias específicas mencionadas con su uso.

El ACI no ha accedido en el documento a ser reconocido como un proveedor o validador de seguridad ocupacional. El usuario, antes de emplear este documento, debe determinar la necesidad de cumplir con toda la legislación y regulaciones de salud y seguridad ocupacional, incluyendo, sin limitación a ellas, la normatividad expedida por el United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

Información para pedidos: Los documentos del ACI están disponibles en medio impreso, accediendo a través de la red, o en CD-ROM por medio de suscripciones electrónicas, o copias, y pueden obtenerse a través del ACI. La respuesta de un normas o informes de los comités del ACI se calculan anualmente en el ACI Manual of Concrete Practice (MCP).

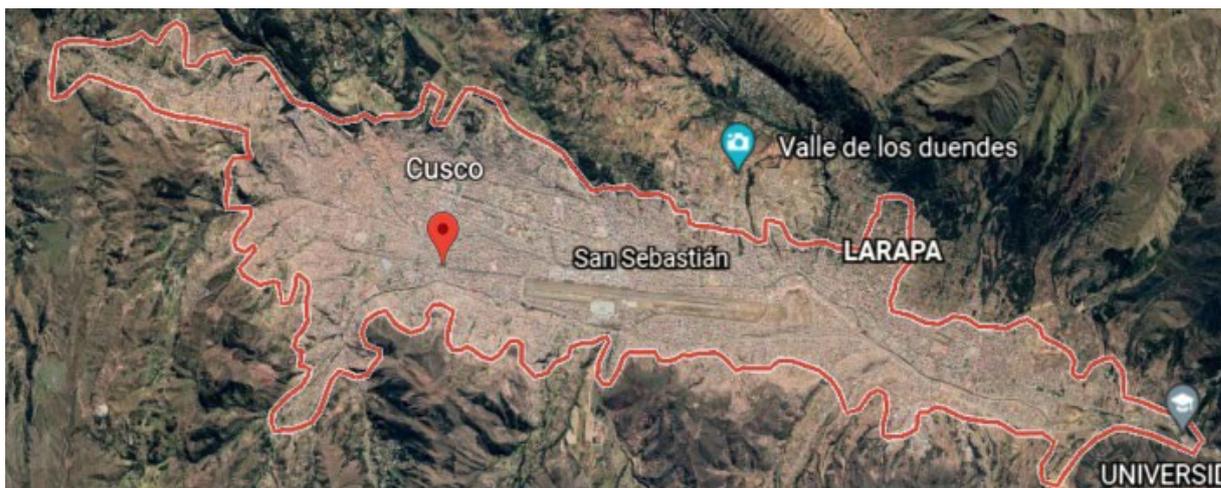
American Concrete Institute
 38800 Country Club Drive
 Farmington Hills, MI 48331
 U.S.A.
 Phone: 248-848-7300
 Fax: 248-848-7371
www.concrete.org
 ISBN 978-0-90701-746-0

La versión digital de un documento del ACI se vende en el idioma inglés. La versión de un documento del ACI en otro idioma no es un documento del ACI. Cualquier uso de un documento del ACI en otro idioma no es un documento del ACI. La interpretación oficial de un documento del ACI será basada únicamente en el idioma inglés.



INTERNATIONAL
 Standards Worldwide

ANEXO 11: Mapas y Planos



VALLE DEL CUSCO

Distritos de la provincia de Cuzco



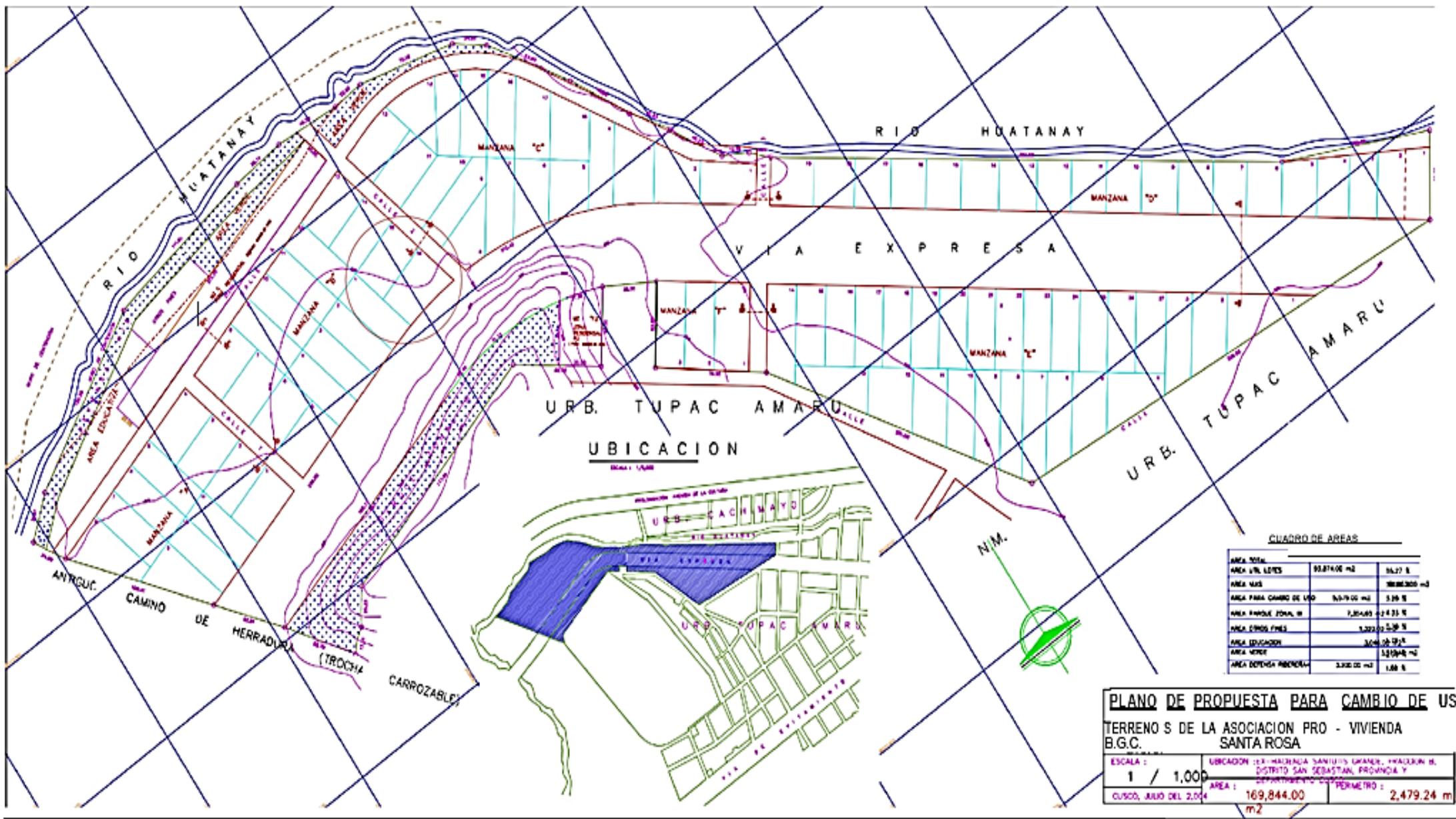
DISTRITOS



DISTRITO DE SANSEBASTIAN



UBICACIÓN PREDIOURB. SANTA ROSA



CUADRO DE AREAS

AREA TOTAL	93.874,00 m ²	93.874
AREA VPL. LEYES	93.874,00 m ²	93.874
AREA MAX	93.874,00 m ²	93.874
AREA PARA CAMBIO DE USO	93.874,00 m ²	93.874
AREA PARQUE ZONA III	7.354,00 m ²	7.354
AREA EDUCATIVA	3.000,00 m ²	3.000
AREA DEPORTIVA	3.000,00 m ²	3.000

PLANO DE PROPUESTA PARA CAMBIO DE USO
TERRENOS DE LA ASOCIACION PRO - VIVIENDA
B.G.C. SANTA ROSA

ESCALA:	1 / 1,000	UBICACION: DISTRITO SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y DISTRITO SAN SEBASTIAN, DEPARTAMENTO DE CUSCO
CUSCO, JULIO DEL 2004	AREA: 169,844.00 m ²	PERIMETRO: 2,479.24 m

ANEXO 12: Panel Fotográfico

LABORATORIO DE SUELOS



TOMA DE MUESTRAS CON EL ESCLEROMETRO



ANEXO 13: Solicitud y autorización de la empresa de la entidad publica

SOLICITO: Permiso para realizar
Trabajo de Investigación

SEÑOR: FIDEL W. PORTUGAL MORALES

PROPIETARIO DEL INMUEBLE DEL LOTE B 16 URB, SANTA ROSA, DIISTRITO DE SEBASTIAN - CUSCO

Yo, PORTUGAL MORALES LUIS ALBERTO, identificado con DNI N° 23946529, con domicilio en la Urb. Mariscal Gamarra A-11- 415 del distrito del Cusco. Ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que estando realizando mi trabajo de Tesis de la carrera profesional de Ingeniería Civil en la Universidad César Vallejo Filial Lima Norte los olivos, solicito a Ud. permiso para acceder a su propiedad para realizar estudios y análisis estructurales en favor de mi trabajo de Investigación titulado: "Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022" para optar al Título de Ingeniero Civil.

POR LO EXPUESTO: Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Cusco, 18 de octubre de 2021



LUIS ALBERTO PORTUGAL MORALES
DNI N° 23946529

Recibido
18-10-21


AUTORIZACION

Yo, FIDEL WENCESLAO PORTUGAL MORALES, identificado con DNI N° 23865430 y mi señora esposa, SILVIA FELICIDAD PONCE DE LEON GUTIERREZ con DNI: 40330798 con domicilio en la Urb. Santa Rosa del Distrito de San Sebastián de la provincia y departamento del Cusco, autorizamos que el señor LUIS ALBERTO PORTUGAL MORALES con DNI: 23946529 pueda acceder a nuestro predio ubicado en el Lote B-16 de la Urbanización en mención para realizar los estudios que vea por conveniente en favor de su trabajo de tesis.

Cusco, 26 de octubre de 2021



FIDEL WENCESLAO PORTUGAL MORALES

DNI N° 23946529



SILVIA FELICIDAD PONCE DE LEON GUTIERREZ

DNI: 40330798