

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



**“Adecuación y Evaluación del Sistema TQS para las
Normas de Diseño del Perú”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

SÁNCHEZ ARRIOLA, María Nelly

LIMA – PERÚ

2008

Este trabajo se lo dedico a quienes llenan mi vida de amor: Mis padres José y Consuelo y mi hermana Susana la más incondicional de las personas.

AGRADECIMIENTOS:

En primera instancia deseo agradecer a Dios por todas las oportunidades en las que me ha permitido avanzar hacia un amplio horizonte para mi desarrollo personal y profesional. También les ofrezco mi sincera gratitud a varias personas en Brasil que sin su inmensa ayuda y apoyo no habría sido posible este trabajo:

Ing. Nelson Covas, Ing. Alio Kimura, Ing. Augusto Pedreira de Freitas, Ing. Otávio Pedreira de Freitas, Ing. Fabiana Mamede, Ing. Sergio Stolovas, Ing. Sergio Pinheiro.

Al *Dr. Ing. Javier Piqué del Pozo*, por el apoyo y asesoría brindada durante el transcurso de mi tesis.

A mi amigo y colega *Ing. José Molina Visalaya* por su constante orientación y paciencia hacia el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos de la *TQS*.

A todos y cada uno de mis amigos de la *Pedreira de Freitas* que me acogieron como una familia.

A mis amigos en *Sao Paulo* que me dieron fuerza cada día.

A mis amigos de la *Universidad Ricardo Palma* y a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron en este trabajo.

A mi familia le debo todo el entendimiento y el esfuerzo que implicó mi ausencia y el apoyo moral y espiritual a lo largo de mi formación profesional. Para ellos mi infinita gratitud.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 Formulación del Estudio	12
1.3 Metodología	12
1.4 Objetivos de la Tesis	13
1.4.1 Objetivo General	13
1.4.2 Objetivo Específico	13
1.5 Organización de la tesis	14
CAPÍTULO II: BASES TEÓRICAS: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS	16
2.1 Introducción	16
2.2 Análisis Estructural	16
2.3 Análisis Dinámico Modal Espectral	20
2.3.1 Combinación Modal	20
2.3.2 Procedimientos del Análisis Modal Espectral	22

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TQS	26
3.1 Introducción	26
3.2 Descripción General del Sistema TQS	26
3.3 Herramientas de análisis del Sistema TQS	27
3.4 Rutinas de Solución del Sistema TQS	33
3.5 Análisis Dinámico del Sistema TQS	41
3.6 Diseño del Sistema TQS	42
CAPÍTULO IV: HERRAMIENTA ALTERNATIVA DE ANÁLISIS: PROGRAMA ETABS	46
4.1 Introducción	46
4.2 Descripción General del ETABS (EEUU)	47
4.3 Herramientas y Módulos de análisis del ETABS	48
CAPÍTULO V: ADAPTACIÓN DEL SISTEMA TQS A LAS NORMAS DE DISEÑO DEL PERÚ	51
5.1 Introducción	51
5.2 Adaptación de las Normas Peruanas al Sistema TQS	51
5.3 Programa Automatizado del espectro de diseño	62
5.4 Diseño en el Sistema TQS	65
CAPÍTULO VI: ESTRUCTURAS DE APLICACIÓN, BASES DE DISEÑO	68
6.1 Introducción	68
6.2 Estructuras simples.	69
6.2.1 Simple A1	69
6.2.2 Simple B1	70
6.2.3 Simple C1	71

6.2.4	Simple D1	72
6.3	Estructuras compuestas	73
6.3.1	Compleja A	73
6.3.2	Compleja B	74
6.4	Características Mecánicas de los elementos.	75
6.5	Bases de Diseño	77

CAPÍTULO VII: PREDIMENSIONAMIENTOS, ESPECTROS, RESULTADOS Y DISEÑOS DE LAS ESTRUCTURAS 78

7.1	Introducción	78
7.2	Predimensionamiento de los elementos estructurales	79
7.2.1	Simple A1 y simple A2	79
7.2.2	Simple B1 y simple B2	80
7.2.3	Simple C1 y simple C2	81
7.2.4	Simple D1 y simple D2	82
7.2.5	Compleja A	83
7.2.6	Compleja B	85
7.3	Espectros de diseño	86
7.3.1	Simple A1 y simple A2	86
7.3.2	Simple B1 y simple B2	87
7.3.3	Simple C1 y simple C2	88
7.3.4	Simple D1 y simple D2	90
7.3.5	Compleja B	91
7.4	Resultado de los Análisis	92
7.4.1	Estructuras simples	92
7.4.1.1	Simple A1	92
7.4.1.2	Simple A2	97
7.4.1.3	Simple B1	103
7.4.1.4	Simple B2	108
7.4.1.5	Simple C1	114
7.4.1.6	Simple C2	121

7.4.1.7	Simple D1	128
7.4.1.8	Simple D2	135
7.4.1.9	Compleja A	142
7.4.1.10	Compleja B	150
7.5	Diseño de elementos estructurales	161
7.5.1	Diseño de elementos verticales: Columnas	161
7.5.1.1	Sistema TQS	161
7.5.1.2	Cálculo Manual	162
7.5.2	Diseño de elementos horizontales: Vigas	163
7.5.2.1	Sistema TQS (Vigas)	163
7.5.2.2	Cálculo Manual (Vigas)	164
7.5.3	Diseño de Elementos Horizontales (Losas)	165
7.5.3.1	Sistema TQS (Losas)	165
7.5.3.2	Cálculo Manual (Losas)	165
CAPÍTULO VIII: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		167
8.1	Introducción	167
8.2	Comparación de los resultados	167
8.2.1	Simple A1	167
8.2.2	Simple A2	168
8.2.3	Simple B1	169
8.2.4	Simple B2	170
8.2.5	Simple C1	171
8.2.6	Simple C2	172
8.2.7	Simple D1	173
8.2.8	Simple D2	174
8.2.9	Compleja A	175
8.2.10	Compleja B	176
8.3	Cuadros Comparativos	177
8.3.1	Pesos de las estructuras	178
8.3.2	Cortante Dinámica	178

8.3.3 Desplazamientos	179
8.3.4 Modos	181
8.4 Ventajas y desventajas del Sistema TQS	182
8.4.1 Ventajas	182
8.4.2 Desventajas	183
8.5 Ventajas y desventajas del Sistema ETABS	183
8.5.1 Ventajas	183
8.5.2 Desventajas	184
CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES	186
CAPÍTULO X: RECOMENDACIONES	190
BIBLIOGRAFIA	193
ANEXOS	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A. Publicaciones Referente

Este trabajo tiene por antecedentes estudios realizados con anterioridad a la presente, quienes muestran su interés entorno a los factores críticos que la ingeniería civil tiene en las edificaciones como son los efectos que generan movimientos sísmicos, que afectan a las estructuras y requieren de un adecuado análisis y diseño. Se presenta un resumen de algunos de estos estudios.

En el trabajo¹ se sostiene que los códigos actuales de diseño son cada vez más estrictos para el diseño de las estructuras que necesitan mantenerse operando continuamente durante un evento de terremoto. Las estructuras tales como hospitales, edificios gubernamentales especiales y aquellas que sirven de refugios están dentro de esta categoría. Pese a esto, tales requerimientos si permiten grandes deformaciones debido a que los códigos actuales usan una carga lateral

¹“Diseño elástico y análisis no lineal para terremoto esperado de edificios de alta importancia ocupacional sometidos a cargas sísmicas en Puerto Rico” José R. Hernández González (2007)

reducida que toma en cuenta el comportamiento inelástico, lo cual redundaría en una gran cantidad de daño para la estructura. En esta investigación se evaluaron dos escuelas y un hospital tanto en el rango elástico como inelástico utilizando sus planos de construcción. En base a los resultados obtenidos del análisis elástico se proveyeron alternativas de rehabilitación para las estructuras que le permitieron mejorar su capacidad de resistir cargas laterales. El análisis no lineal permitió cuantificar el daño a estas estructuras al ser sometidas a un evento sísmico.

En la charla técnica “Importancia y aplicación de los software SAP200, ETABS y SAFE en la Ingeniería civil”, desarrollada por la Escuela de Ingeniería Civil-Universidad Iberoamericana-Santo Domingo y la Compañía Morrison & Morrison Ingenieros; se mostró al público, el aporte para el desarrollo profesional e incremento de la productividad el uso de estos programas por medio de proyecciones y modelos estructurales.

B. Antecedentes Sísmicos

Como se sabe las regiones donde hay mayor actividad sísmica comprendida por temblores y terremotos son definidas y coinciden con encuentros de placas.² Una de las explicaciones para la generación de terremotos se basa en el equilibrio térmico de los materiales del que está compuesto nuestro planeta. Con el incremento de la radioactividad y por ende el calentamiento del núcleo, el cual provoca el desplazamiento de las capas superficiales cuya temperatura son relativamente bajas. Estos fenómenos se manifiestan en ciclos de convección, que son los que dan origen a esfuerzos de corte en la base de las placas y dan movimiento a las placas.

² “Dinámica aplicada a estructuras de Concreto” Stolovas, Sergio (2007).

Las placas se mueven libremente respecto a las capas subyacentes (Astenósfera) y también se mueven una respecto a la otra. Las formas de desplazamiento relativo pueden ser: desplazamiento en paralelo a los bordes (Falla de San Andrés), normal al borde separándose una de la otra (origen de las cordilleras interoceánicas) o una desplazándose por debajo de otra, que se llama subducción (Placa de Nazca con la Placa Sudamericana).

En el caso de la actividad sísmica presente en el Perú, tiene su origen en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que se produce con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año. Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos que con diversas magnitudes se producen frente a la línea de la costa y a profundidades menores a 60 km, todos asociados al contacto sismogénico interplaca.

Estos sismos son muy frecuentes en el tiempo y en un año es posible registrar la ocurrencia de hasta 60 sismos con magnitudes M_w 4.5 y en general, todos sentidos en las localidades cercanas al epicentro³. Los sismos de mayor magnitud ($M_w > 7.0$) han producido importantes daños en áreas relativamente muy grandes. En el interior del continente ocurren sismos con menor magnitud ($M_w < 6.5$) y frecuencia, todos asociados directamente a la deformación de la corteza como producto de la convergencia de placas.

El último gran sismo con origen en el proceso de convergencia de placas, ocurrió el día 15 de Agosto de 2007 con una magnitud de 7.0ML (escala de Richter) y 7.9Mw (escala Momento de Kanamori). El sismo produjo daños importantes en un gran número de viviendas de la ciudad de Pisco (aproximadamente el 80%) y menor en localidades aledañas,

³ “El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw) Departamento de Ica – Perú” Hernando Tavera, Isabel Bernal, Henry Salas (2007)

llegándose a evaluar una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli Modificada (MM). Asimismo, este sismo produjo un tsunami, los mayores daños se concentraron en las costas de Chincha, Pisco y Paracas, siendo de consideración en este último.

1.2 Formulación de la Tesis

¿Podría ser aplicable la Adecuación y Evaluación del Sistema TQS-Brasil, para las Normas de Diseño en Concreto Armado que está vigente en el Reglamento Nacional de Edificaciones en el Perú?

1.3 Metodología.

La metodología que se utilizará en esta tesis fue la siguiente:

- Revisión bibliográfica de temas relativos a la tesis: análisis dinámico de estructuras, diseño sismorresistente.
- Adecuación del sistema TQS, cambiando los parámetros de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- Realización de análisis estáticos en las diferentes estructuras con los programas TQS y ETABS, para la obtención de fuerzas axiales, cortantes, momentos y deflexiones desarrolladas para el peso propio de cada estructura y el resultado de los periodos naturales.
- Definición de los procedimientos y las dimensiones de los modelos teóricos.
- Realización del análisis estático y dinámico en los modelos teóricos, para determinar las fuerzas axiales, cortantes, momentos, deflexiones, periodos de vibración.

La norma E.030 de Diseño Sismorresistente la cual establece las condiciones mínimas para el diseño de edificaciones. La filosofía como principio elemental es el de evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños de propiedad.

Asimismo, se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos, no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de estructuras⁴.

En esta tesis se realizó el estudio de diferentes estructuras comenzando por la más simple, aumentando la complejidad en planta y elevación, hasta llegar a la estructura más compleja que es un edificio de 12 pisos con 2 sótanos.

Las estructuras simples fueron de prueba y aprendizaje ya que con éstas se puede detectar con mayor facilidad las diferencias de los programas. Estas estructuras fueron duplicadas en altura ya que con esto el periodo de las estructuras variará, y los modos de vibración igualmente.

1.4 Objetivos de la Tesis.

El presente trabajo tiene como objetivos:

1.4.1 Objetivo General

- Implementar y Evaluar el Sistema TQS para el análisis y diseño estructural en el Perú.

1.4.2 Objetivo Específico

- a. Adecuar el programa TQS para las normas y características del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- b. Comparar los resultados del programa TQS con los resultados del programa ETABS (EEUU), verificando que sean similares en ambos.

⁴ SENCICO. "REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES", NTE E-030 "Diseño Sismorresistente. 2003.

- c. Diseñar y analizar diversas estructuras de concreto armado; para comparar los resultados obtenidos con los dos programas y ver la confiabilidad del TQS.

1.5 Organización de la tesis.

El trabajo está presentado de la siguiente forma:

Capítulo 1: Introducción

En el *Capítulo 2:* Se refiere Al concepto del análisis estructural y sus correspondientes principios y elementos que permite calcular las fuerzas y momentos de los elementos, etc. Asimismo, se explica el análisis dinámico modal espectral.

En el *Capítulo 3:* Se trata de explicar de manera teórica las funciones del Sistema TQS, respecto a las herramientas bases que sirven para el análisis y diseños en los trabajos de concreto armado, y la solución del dimensionamiento y el armado de las estructuras.

En el *Capítulo 4:* Se explica en resumen el programa ETABS, su forma de uso, ventajas y beneficios al servicio del análisis de estructuras en las edificaciones.

En el *Capítulo 5:* Se describe la forma de aplicación y/o adaptación del programa TQS, respecto al programa ETABS, que al presente se viene utilizando en la determinación del análisis de las estructuras.

En el *Capítulo 6:* Se trata de presentar 10 casos aplicativos referidos a las plantas y elevaciones de las edificaciones a nivel simples y complejas. Asimismo, se indica las características de los materiales como las bases de diseños que se tuvo en cuenta en los 10 análisis de casos.

Capítulo 7: En esta parte de la tesis se evalúa con los dos programas ETABS (vigente) y TQS a los 10 casos que se indicaron en el capítulo 6, siempre en sus dos formas simples y complejas. Que arrojarán resultados similares en ambos programas, pero se logra la aplicabilidad del TQS, ganando velocidad en el análisis y trabajo, tiempo y rentabilidad.

Capítulo 8: Se relaciona y se contrasta ambos programas en base a los resultados obtenidos, mediante la comparación de los cortantes dinámicos, desplazamientos (x) e (y) y modos. Y luego confronto con lo desarrollado manualmente a nivel de diseño de vigas, losas y columnas. En éste último la comparación es entre el TQS y el cálculo manual.

Capítulo 9: Conclusiones

Capítulo 10: Recomendaciones

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS

2.1 Introducción

En este capítulo se explica la teoría de los análisis y sus procedimientos, primero dando una descripción del análisis estructural, luego se hace una explicación del análisis dinámico modal espectral que es el más utilizado para el estudio por ser el más ventajoso, que permite calcular fuerzas y desplazamientos por piso.

Asimismo, se describirá las etapas del análisis modal espectral que permitirá llegar al desplazamiento y fuerza modal mediante la aplicación de los procedimientos, basados en fórmulas que responden a un conjunto de matrices.

2.2 Análisis Estructural.

El concepto del análisis estructural consiste en la determinación de los efectos originados por las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar comprobaciones en los estados límite últimos y de servicio. Para la realización del análisis, se idealizan tanto la geometría de la estructura como las acciones y las condiciones de apoyo

mediante modelos matemáticos adecuados. El modelo elegido deberá ser capaz siempre de reproducir el comportamiento estructural dominante.

Principios básicos: Las condiciones que, en principio, debe satisfacer todo análisis estructural son las de equilibrio y las de compatibilidad teniendo en cuenta el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales.

Tipos de análisis: El análisis global de una estructura puede llevarse a cabo de acuerdo con las metodologías siguientes:

a. Análisis lineal: Es el que está basado en la hipótesis de comportamiento elástico-lineal de los materiales constitutivos y en la consideración del equilibrio en la geometría de la estructura sin deformar.

b. Análisis no lineal: Es el que tiene en cuenta la no linealidad física, esto es, el comportamiento esfuerzo-deformación no lineal de los materiales y la no linealidad geométrica, es decir, la consideración del equilibrio de la estructura en la condición deformada. El comportamiento no lineal hace que la respuesta estructural dependa de la historia de la aplicación de las cargas. Por ello, para obtener la carga última es a menudo preciso proceder de forma incremental, recorriendo los rangos elástico, fisurado y previo al colapso. El análisis no lineal requiere, para un nivel determinado de carga, un proceso iterativo en el que, tras sucesivos análisis lineales, se converge a una solución que satisface las condiciones de equilibrio, esfuerzo-deformación y de compatibilidad. Estas condiciones se comprueban en un número determinado de secciones, dependiendo de la discretización, que deberá ser suficiente para garantizar que se represente adecuadamente la respuesta estructural.

Métodos de cálculo: El tipo de método empleado difiere según la complejidad y precisión requerida por los cálculos:

a. Así para determinar esfuerzos sobre marcos o pórticos se usa frecuentemente el método matricial⁵ de las rigideces basado en el modelo de barras, que representa los elementos resistentes como elementos unidimensionales sometidos predominantemente a flexión. El método matricial requiere calcular para cada barra elástica de la estructura una matriz de rigidez, llamada matriz de rigidez elemental que dependerá de sus condiciones de borde extremo (articulación, nudo rígido,...), la forma de la barra (recta, curvada,...) y las constantes elásticas del material de la barra (módulo de elasticidad longitudinal y módulo de elasticidad transversal). A partir del conjunto de matrices elementales mediante un algoritmo conocido como acoplamiento que tiene en cuenta la conectividad de unas barras con otras se obtiene una matriz de rigidez global, que relaciona los desplazamientos de los nudos con las fuerzas equivalentes sobre los mismos.

Igualmente a partir de las fuerzas aplicadas sobre cada barra se construye el llamado vector de fuerzas nodales equivalentes que dependen de las acciones exteriores sobre la estructura. Junto con estas fuerzas anteriores deben considerarse las posibles reacciones sobre la estructura en sus apoyos o enlaces exteriores.

Finalmente se construye un sistema lineal de ecuaciones, para los desplazamientos y las incógnitas. El número de reacciones incógnitas y desplazamientos incógnita depende del número de nudos. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados nudos.

b. Cuando se trata de analizar elementos más pequeños o con forma irregular donde pueden producirse concentraciones de esfuerzos se usan métodos numéricos más complejos como el Método de los elementos finitos. El método de los elementos

⁵ Método matricial de la Rigidez. Enciclopedia Wikipedia.

finitos es un método numérico muy general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física. El método se basa en dividir la estructura⁶ sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema. El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización.

El conjunto de nudos considerando sus relaciones de adyacencia se llama malla. Los cálculos se realizan sobre una malla o discretización creada a partir del dominio con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina pre-proceso. De acuerdo con estas relaciones de conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nudo denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nudos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales. Típicamente el método de los elementos finitos se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y, posteriormente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y esfuerzos respectivamente. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos y, en particular, los elementos finitos, se convierten en la única alternativa práctica de cálculo. Una importante propiedad del método es la convergencia; si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas, la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones.

⁶ Método de los Elementos Finitos. Enciclopedia Wikipedia.

2.3 Análisis Dinámico Modal Espectral

El análisis modal espectral (o método de la respuesta espectral) es un método ventajoso para estimar los desplazamientos y fuerzas en los elementos de un sistema estructural⁷. El método implica solamente el cálculo de los valores máximos de los desplazamientos y las aceleraciones en cada modo usando un espectro de diseño, el mismo que representa el promedio o la envolvente de espectro de respuesta para diversos sismos, con algunas consideraciones adicionales expuestas en los códigos de diseño. Luego se combinan estos valores máximos, por ejemplo mediante un promedio ponderado entre la media y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de tales valores máximos; otro método es el de la Combinación Cuadrática Completa (Método CQC), que considera además una correlación entre los valores modales máximos.

2.3.1 Combinación Modal

En el análisis modal espectral la determinación del efecto debido a la superposición de todos los modos sólo puede ser hecha de forma aproximada combinando (ya no superponiendo) las respuestas o participaciones modales. Como es poco probable que todas las respuestas máximas de los modos coincidan en el tiempo, sumar los valores absolutos de los valores modales máximos sería demasiado conservador. El procedimiento establece que se deben calcular los efectos modales para la respuesta que se desee: desplazamientos, fuerzas globales, efectos locales en los elementos, y combinarlos siguiendo diversos criterios. Tradicionalmente, se calculaba la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los máximos efectos (RCSC)

⁷ FUNDAMENTOS DEL ANALISIS DINAMICO DE ESTUCTURAS. CISMID. FIC. UNI. Ing. Rafael Salinas Basualdo.

pero modernamente se están usando otras aproximaciones, cada una tratando de acercarse a la respuesta predicha por el análisis tiempo-historia.

El Reglamento Nacional de Edificaciones a través de su Norma de Diseño Sismo Resistente, del artículo 18:18.2 (Análisis por combinación modal espectral)⁴ especifica que para el caso en que se use análisis dinámico modal espectral que los modos se combinen usando el promedio ponderado de la raíz cuadrada de la suma de las respuestas al cuadrado (RCSC) con la suma de los valores absolutos (Σ ABS).

$$r = 0.25 \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

En la figura N° 1 se muestra forma sintetizada, un esquema que contiene los pasos que los programas utilizan para realizar el análisis dinámico modal espectral.

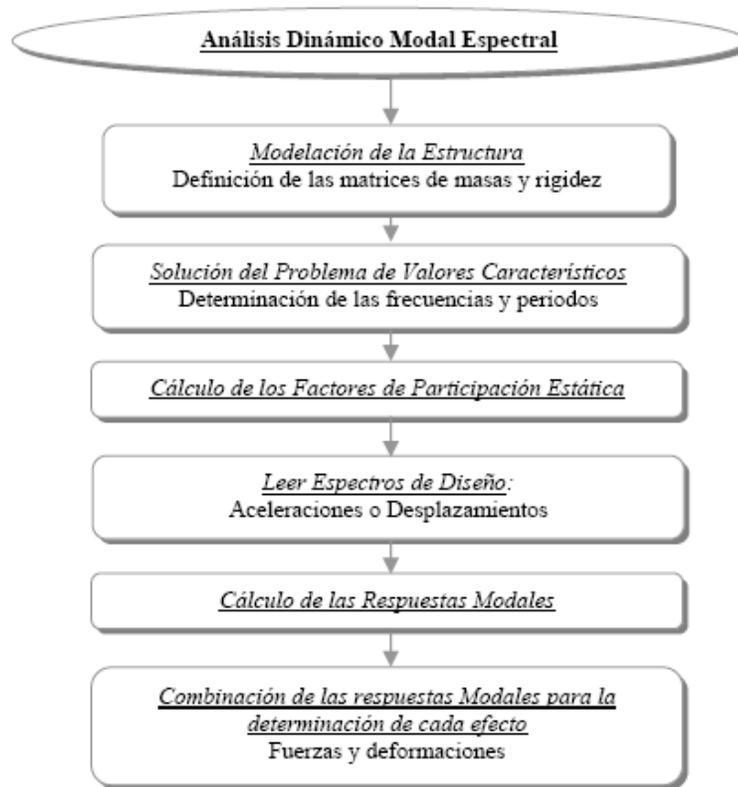


Figura N° 1⁸: Funcionamiento de los programas de análisis dinámico

2.3.2 Procedimientos del Análisis Modal Espectral

Dado un sistema de varios grados de libertad el “análisis modal espectral” comienza por el cálculo de los modos de vibración del sistema y los respectivos periodos. Del espectro de pseudo-aceleraciones del proyecto se puede obtener la respuesta asociada a cada uno de los modos, y para cada modo analizado por separado podrán obtenerse las sollicitaciones, que serán las respuestas modales asociadas a cada sollicitación. Mediante una metodología de superposición se combinan las respuestas. La metodología de combinación es generalmente el de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, y se aplica para momentos, cortantes, fuerzas axiales, desplazamiento. Como

⁸ INGENIERIA SISMORRESISTENTE. Dr. Ing. Javier Pique Del Pozo (2005)

consecuencia de eso los esfuerzos internos obtenidos para el dimensionamiento y evaluación no estarán en equilibrio.

A continuación, una explicación más detallada de la metodología:

Etapa 0⁹: Creación del espectro de proyecto de acuerdo a las directivas de la norma y de acuerdo a los datos particulares del proyecto.

Etapa 1: Cálculo de los períodos propios y de las formas modales. En la Fig. N° 2 se muestra las formas modales de los 3 primeros modos de vibración.

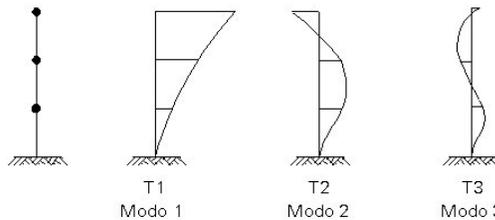


Figura N° 2: Formas de los modos de vibración

Etapa 2: Cálculo para cada modo de “masa efectivo modal” y del “factor de participación modal”.

Para cada modo se calcula la “masa efectiva modal”:

$$W^E = \frac{(\sum w_i \cdot \phi_i)^2}{\sum w_i \cdot \phi_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

⁹ DINAMICA APLICADA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Stolovas, Sergio. (2007)

Y el “factor de participación modal”:

$$\Gamma_i = \frac{(\sum w_i \cdot \phi_i)}{\sum w_i \cdot \phi_i^2} \dots\dots\dots (3)$$

w_i : Son las masas asociados a cada coordenada i .

ϕ_i : Son las componentes modales de cada coordenada i .

Si, la suma de las masas efectivas modales fueran menores que 90 % del peso total de la estructura, se deberán agregar más modos hasta sobrepasar ese porcentaje.

Eta­pa 3: Extracci­on de las respuestas modales asociadas a los per­iodos modales de acuerdo al espectro de aceleraciones (pseudo- aceleraciones) del proyecto. En la figura N­o 3 se muestra un espectro de dise­no, los espectros var­ian de acuerdo a las caracter­isticas del proyecto, la aceleraci­on S_a depende de los valores de zona, suelo, categor­ia de la estructura y tambi­en var­ian de acuerdo a los periodos T_n .

Siendo una relaci­on inversa como se muestra en la figura N­o 3 a mayor periodo la aceleraci­on va disminuyendo.

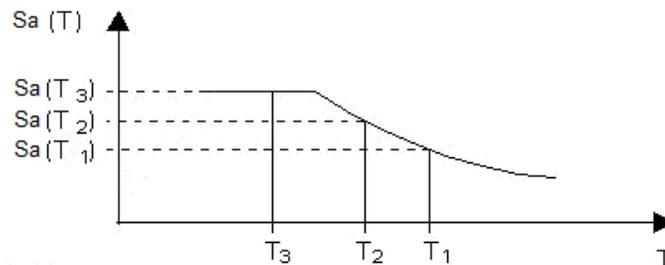


Figura N­o 3: Espectro de Dise­no

Etapa 4: Cálculo de las cortantes modales y de las fuerzas modales: en la figura N° 4 se muestra como las fuerzas cortantes se van distribuyen en los modos.

Las fuerzas modales son proporcionales a $(w_i \phi_i)$ y la suma de ellas en cada modo deberán ser iguales al cortante modal, o sea que:

$$F_i = \frac{(w_i \phi_i)}{\sum(w_i \phi_i)} V_D \dots\dots (4)$$

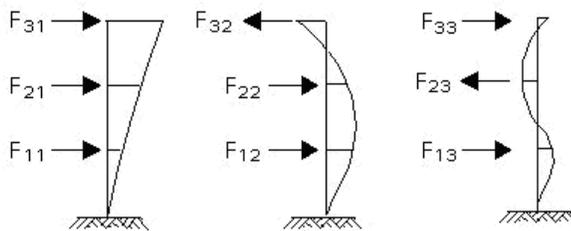


Figura N° 4: Fuerzas modales

Etapa 5: Cálculo para cada modo (de acuerdo a las fuerzas modales) de los esfuerzos relevantes para el dimensionamiento. En la figura N° 5 se muestran los momentos que tendrá cada modo, los cuales dependerán de las fuerzas modales respectiva.



Figura N° 5: Momentos en cada modo

Etapa 6: Resumen de esfuerzos para dimensionado de acuerdo al método de combinación modal.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TQS

3.1 Introducción

En este capítulo se realizará una descripción detallada del Sistema TQS, respecto a cada herramienta que lo conforma, las rutinas de solución los análisis y diseños.

En cuanto a las herramientas del TQS, se explica como soporte al servicio del usuario que luego imparte las instrucciones durante los trabajos de concreto armado.

Luego se describe las rutinas del proceso de análisis, dimensionamiento, detallado y refuerzo del sistema, en cual se ayuda con la demostración de flujogramas según elementos estructurales.

3.2 Descripción General del Sistema TQS

El sistema TQS es un sistema computacional gráfico destinado a la elaboración de proyectos de estructuras de concreto armado, postensado y albañilería estructural.

Su filosofía de trabajo engloba todas las etapas de un proyecto, esto es, se refiere a la concepción estructural, pasando por el análisis de esfuerzos y deflexiones, dimensionamiento y refuerzo de elementos estructurales hasta la emisión de los planos finales. Se trata de un SISTEMA INTEGRADO y completo, no solamente de un programa de análisis o diseño.

El análisis de la estructura es realizada en el computador creando una base de datos agrupando la geometría y cargas. El análisis de las losas es realizado por medio de mallas utilizando el método de los elementos finitos. Cada piso es calculado por métodos matriciales con desplazamientos verticales de vigas y losas compatibilizados.

El sistema TQS realiza el análisis de viento/sismo por pórticos planos con simulación a través de cargas concentradas horizontales en cada columna. Sin dejar de considerar los efectos de segunda orden. Con el modelo de cálculo definido se realiza el análisis estructural, el dimensionamiento, refuerzo y diseño de vigas, losas, columnas y cimentación. Se ofrece una gran variedad de criterios de refuerzo para que el proyectista elegir el más apropiado.

3.3 Herramientas de análisis del Sistema TQS

El sistema TQS está compuesto por un conjunto de herramientas y ventanas que ayudan en el análisis de diferentes estructuras, tanto de concreto armado como de albañilería estructural.

Las herramientas son las siguientes:

a. Encofrados

Diseño de plantas de encofrados (vigas, columnas y losas) de concreto armado de edificaciones a través de la entrada de datos geométricos y de cargas; integración de información de proyectos, posibilidad de escoger el tipo de modelos para el cálculo de resultados (vigas continuas, malla, elementos finitos y pórtico

espacial). Computo de metrados y transferencia de información para los sistemas de vigas, losas y columnas.

b. Vigas

Cálculo de solicitaciones (momento flector, fuerza cortante y momento de torsión), dimensionamiento (flexión, corte y torsión) refuerzo, edificio y diseño de armaduras para vigas continuas prismáticas de concreto armado. El diseño final puede ser editado por programas básicos específicos y el diseño final emitido en el modelador gráfico

c. Columnas

Cálculo de solicitaciones (fuerza normal y momento flector en dos direcciones) combinación de cargas dimensionamiento (compresión simple, flexión compuesta normal o flexión compuesta oblicua), creación del diagrama de interacción, refuerzo, edición y diseño de armaduras para columnas de concreto armado de sección rectangular, circular o de cualquier forma de poligonal.

d. Losas

Cálculo de solicitaciones (momento flector y fuerza cortante) dimensionamiento a flexión, corte y punzonamiento, refuerzo, edición y diseño de armaduras para losas macizas (planas o convencionales) y nervadas de concreto armado. Realiza el cálculo de losas tanto para el proceso normal (elástico, ruptura, etc.) como para el proceso de la malla discretizada.

e. Cimentaciones

Realiza el dimensionamiento, refuerzo y diseño de zapatas, de las columnas de concreto armado con cargas concentradas o excéntricas. Las zapatas pueden tener de 1 a 12 pilotes.

f. Mallas

Creación automática del modelo de barras (geometría y cargas), posibilidad de edición gráfica de mallas, cálculo de solicitaciones (momento flector, momento de torsión y fuerza cortante) en dos direcciones, desplazamientos (traslación y rotación), visualización de resultados gráficos. La creación automática de modelos es realizada para cualquier tipo de losa (plana, nervada, convencional, etc.), éste considera apoyos elásticos.

g. Pórtico espacial

Creación automática del modelo del edificio de barras (geometría y cargas) posibilidad de edición gráfica de mallas de barras, cálculo de solicitaciones (momentos flectores, momento de torsión y fuerza cortante) en dos direcciones, desplazamientos (3 traslaciones y 3 giros), visualización de resultados gráficos. La creación automática del modelo es hecha para cualquier tipo de edificio considerando apoyos elásticos, cargas verticales, y horizontales, calcula el coeficiente de estabilidad global del edificio.

El funcionamiento del sistema TQS puede ser resumido en las siguientes etapas:

- i) A través de una interfase sencilla y el editor CAD direccionado para Ingeniería, se crea la estructura, se define la posición y la dimensión de los elementos estructurales (columnas, vigas, losas, etc.) así como las cargas que actuarán en la estructura (carga muerta, viva, viento, sismo, etc.) como se muestra en la figura N° 6.

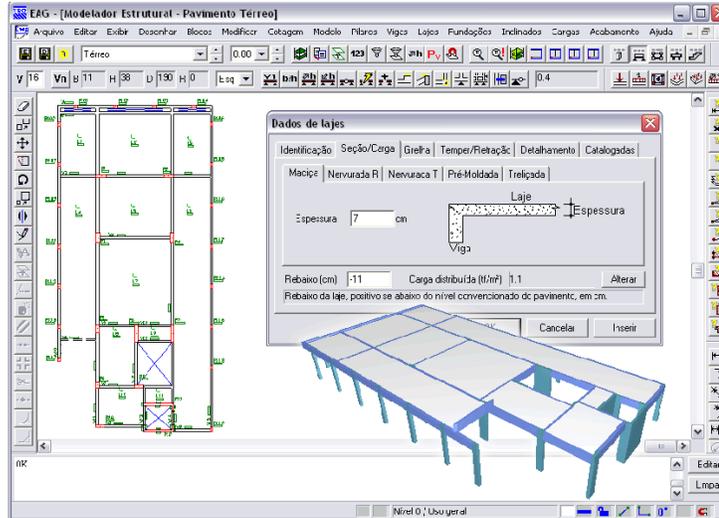


Figura N° 6: Pantalla del modelador de estructuras del TQS

- ii) Con base en esta colocación de datos, el sistema genera y calcula automáticamente modelos matemáticos, compuestos por mallas y pórticos espaciales, que representan el comportamiento de toda la estructura.
- iii) A través de visualizadores gráficos específicos que muestran diagramas de esfuerzos y desplazamientos, así como los informes detallados, se analiza e interpreta los resultados que provienen del procesamiento. Como se aprecia en la figura N° 7

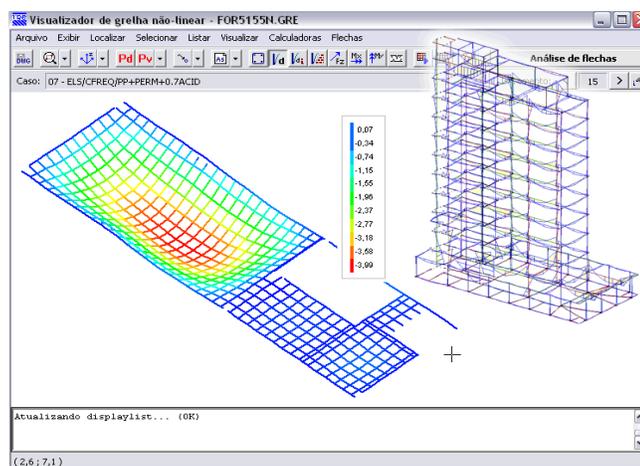


Figura N° 7: Esfuerzos en losas y pórtico espacial

- iv) De acuerdo con los esfuerzos obtenidos, el sistema automáticamente dimensiona y detalla las armaduras necesarias en cada uno de los elementos estructurales.
- v) A través de editores especiales, se puede optimizar y refinar el dimensionamiento y detallado de las armaduras en ciertos elementos, teniendo inclusive la posibilidad de hacer una verificación local de los cambios realizados. Como se muestra en la figura N° 8, en este caso es del análisis de una columna.

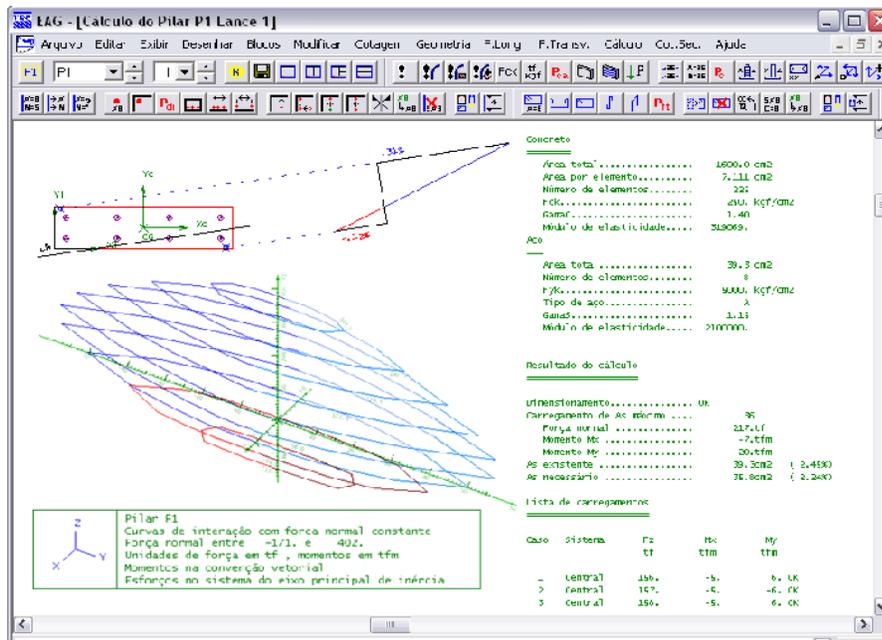


Figura N° 8: Resultados de las columnas diagramas de interacción

- vi) Todo el conjunto de diseños es rápidamente organizado por el sistema en planos con tamaños, margen y sellos personalizados que, posteriormente, pueden ser impresos o ploteados, de tal forma que el proyecto completo pueda ser enviado para ser ejecutado en obra. Como se muestra en la figura N° 9, en la cual están desarrolladas las vigas de un proyecto.

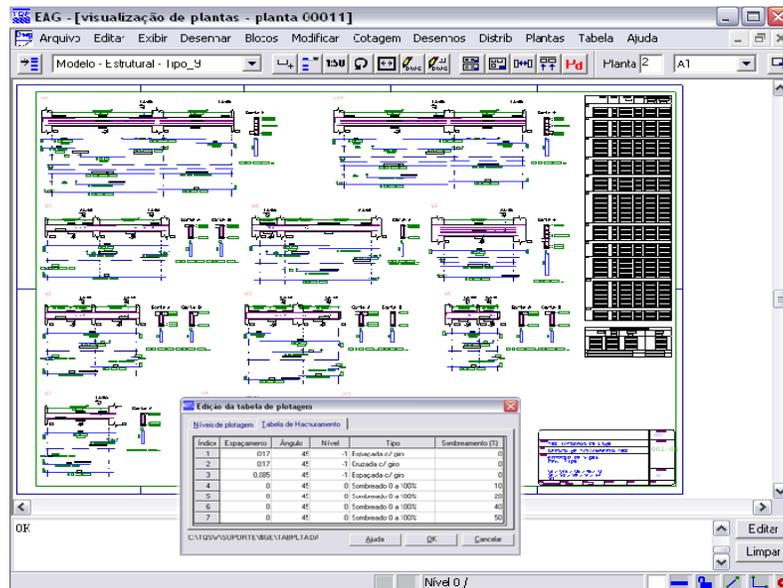


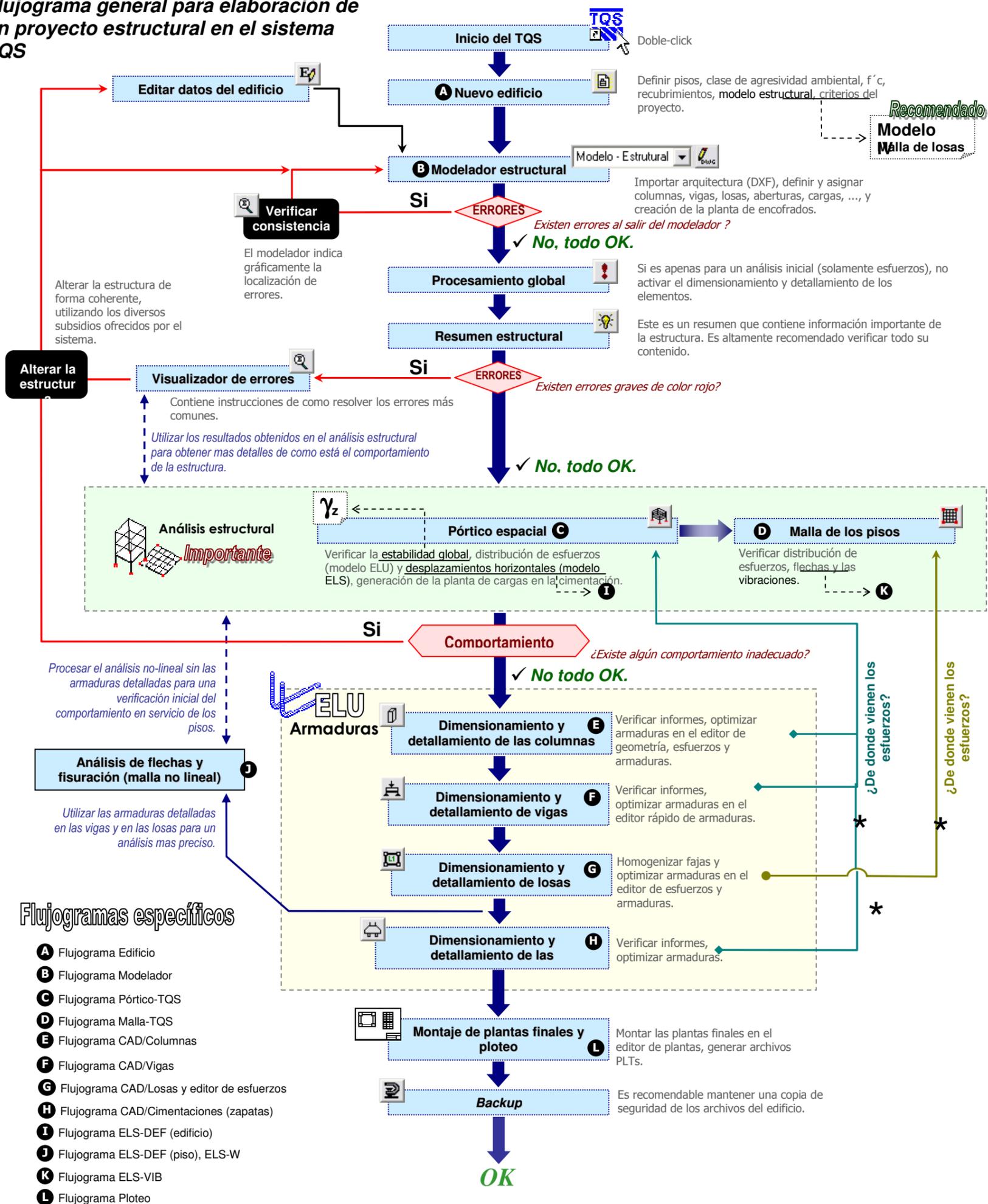
Figura Nº 9: Planos finais para ser enviados a obra com los debidos metrados de cada viga

El sistema TQS utiliza varios lenguajes de programación, el que fue utilizado para la adaptación y programación de los diferentes espectros de respuesta del Perú fue Visual Basic.

3.4 Rutinas de Solución del Sistema TQS

Flujograma Nº 1

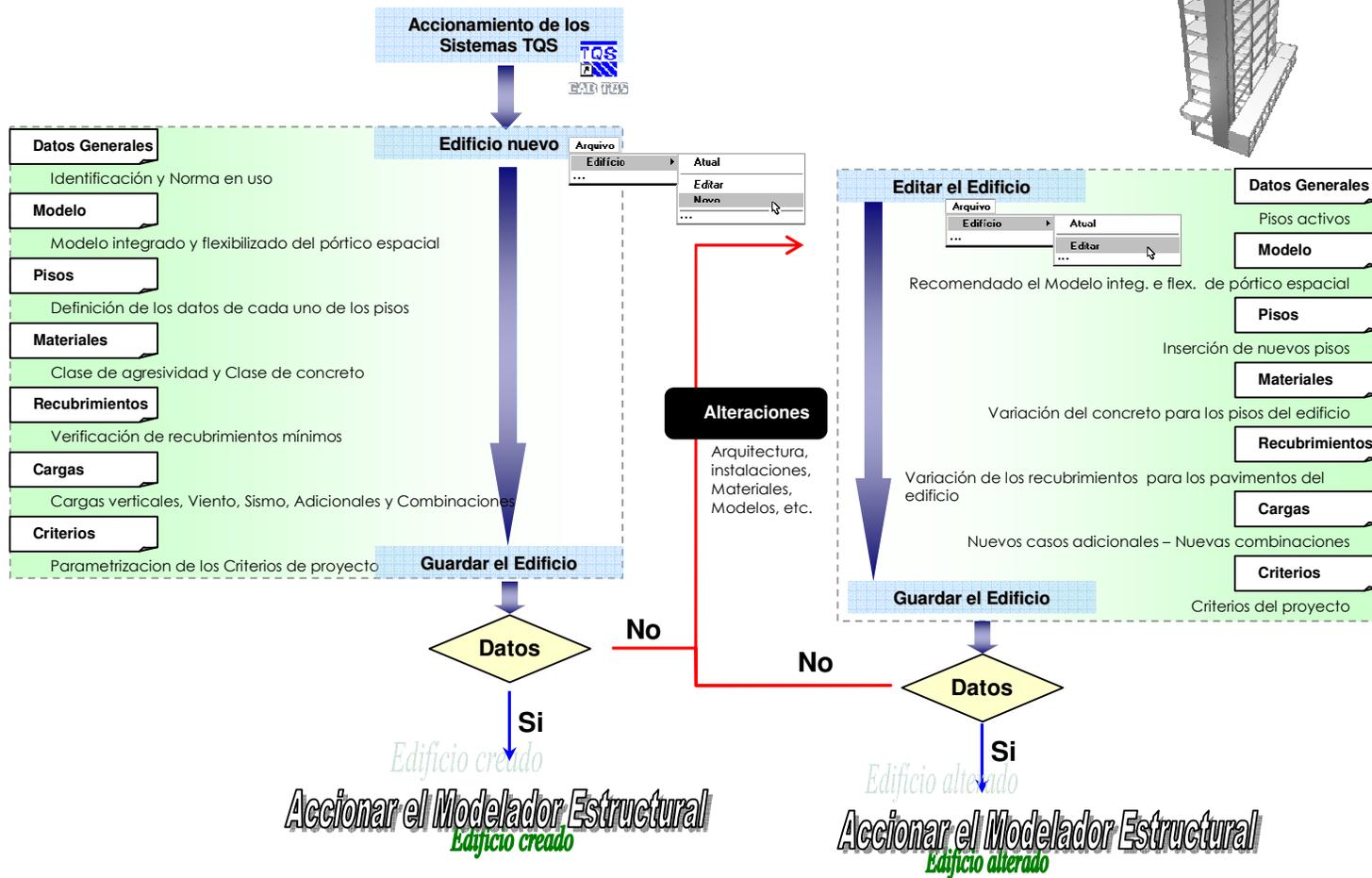
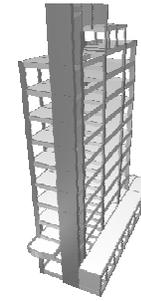
Flujograma general para elaboración de un proyecto estructural en el sistema TQS



Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

Flujograma Nº 2

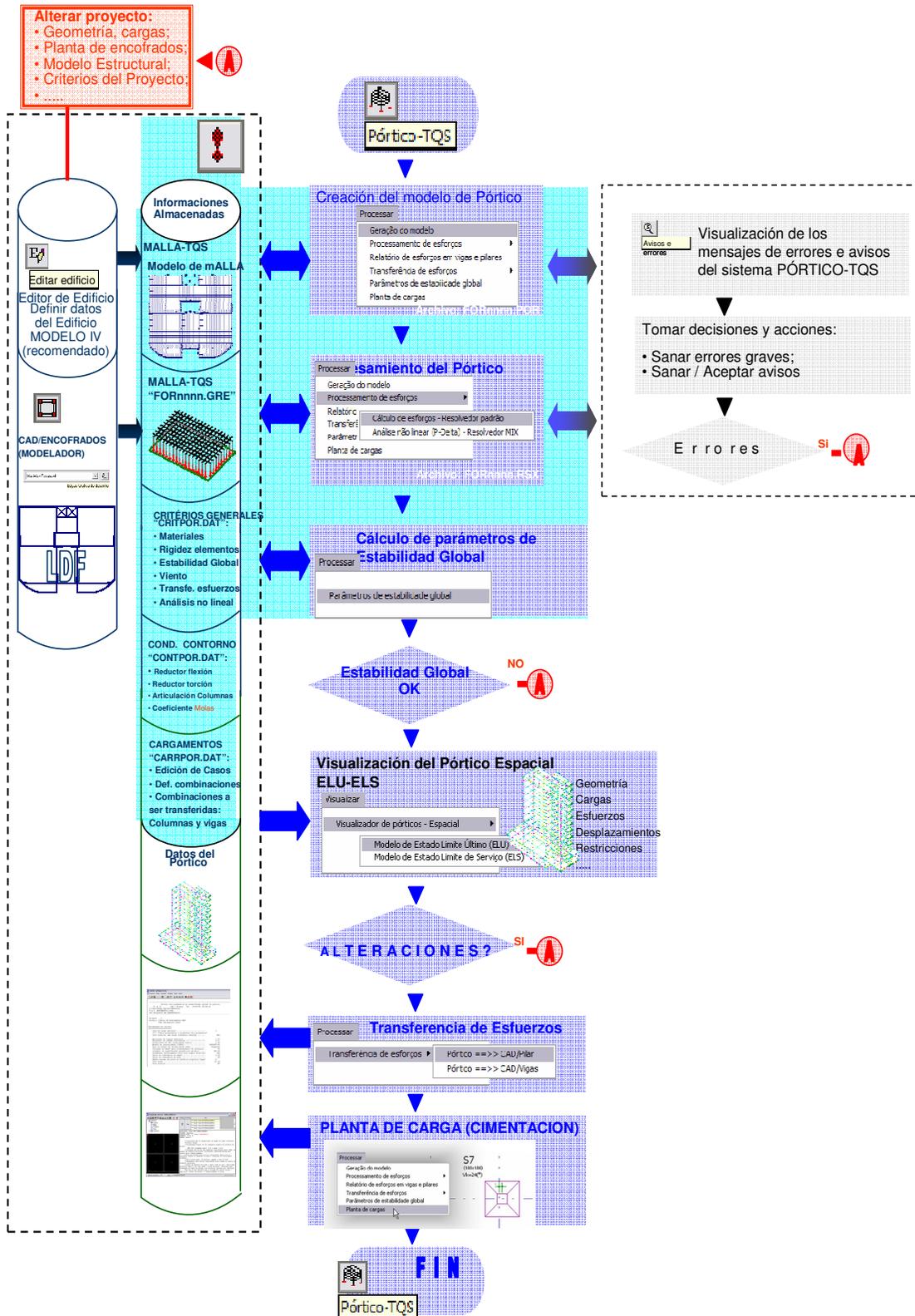
Flujograma para la definición de un edificio y modelo estructural de cada piso



Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

Pórtico - TQS

Flujograma N° 4



Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

Diagrama N° 1

ELSservicio

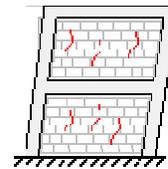
Instrucciones básicas para la verificación del **desempeño en servicio** de un edificio en el sistema TQS

Serán presentadas instrucciones básicas para la verificación del desempeño en servicio de un edificio en el sistema TQS.

El objetivo es dar prioridad al uso de los principales recursos disponibles en los programas, posibilitando así, un análisis de los ELS de forma más eficiente. A través de fluxogramas y resúmenes de los principales comandos, el funcionamiento del sistema se tornará claro.

Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

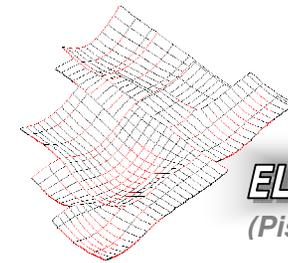
Tópicos principales



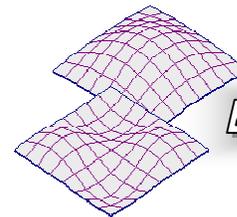
ELS-DEF
(Edificio)

¿Como verificar los **desplazamientos horizontales** en un edificio?

¿Como verificar las **flechas** en las vigas, losas y albañilería de un piso?



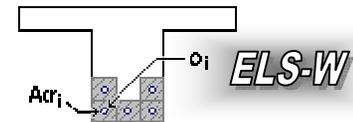
ELS-DEF
(Piso)



ELS-VIB

¿Como verificar las **vibraciones** en un piso?

¿Como verificar las **aberturas de fisuras** en un piso?



ELS-W

Diagrama Nº 2

ELS *Resumen de comandos para la verificación del desempeño en servicio de un edificio en el sistema TQS*

Resumen de **comandos**

Resumen estructural

- A. Datos
- B. Parámetros
- C. Modelos
- D. Acciones
- E. Estabilidad global
- F. Análisis en servicio - ELS**
- G. Parámetros cualitativos
- H. Parámetros cuantitativos
- I. Metrado
- J. Avisos y errores

ELS-DEF (Edificio)

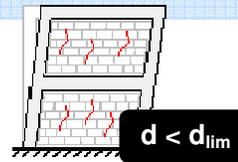
Para verificar los **desplazamientos horizontales** en un edificio

En el sistema Pórtico-TQS

1. Processar / Visualizar
Parámetros de estabilidad global
2. Visualizar
Visualizador ...
Modelo ... Serviço (ELS)

Procesar y visualizar informe

Visualizar gráficamente



Más detalles en el fluxograma ELS-DEF (Edificio)

ELS-DEF (Piso)

Para verificar las **flechas** en un piso

En el sistema Malla-TQS

1. Editar
Critérios...
Grelha Não Linear
2. Processar
Processamento...
Grelha Não Linear

Definir parcelas de carga e incrementos

Visualizar
Grelha Não Linear

Procesar y visualizar

ELS-VE

Para verificar las **vibraciones** en un piso

En los datos avanzados del piso en el edificio

1. Efectuar análisis dinámico - Activar opción

En el sistema Malla-TQS

2. Processar
Processamento...
...Resolvidor Mix

Visualizar
Análise dinâmica

Procesar y visualizar

En el visualizador

3. Verificar frecuencias

$f > 1,2 \cdot f_{crit}$

Más detalles en el fluxograma ELS-VE

ELS-W

Para verificar las **aberturas de las fisuras** en un pavimento

En el sistema Grelha-TQS

1. Processar
Processamento...
Grelha Não Linear

Visualizar
Grelha Não Linear

Procesar y visualizar

En el visualizador

2. Visualizar diagrama
3. Cálculo detallado

$W < W_{lim}$

Acr_i ϕ_i

Más detalles en el fluxograma ELS-W

En el visualizador

3. Visualizar fisuración
4. Análise de flechas

Visualizar flechas em vigas, losas y albanilería

Parade 1

$d < d_{lim}$

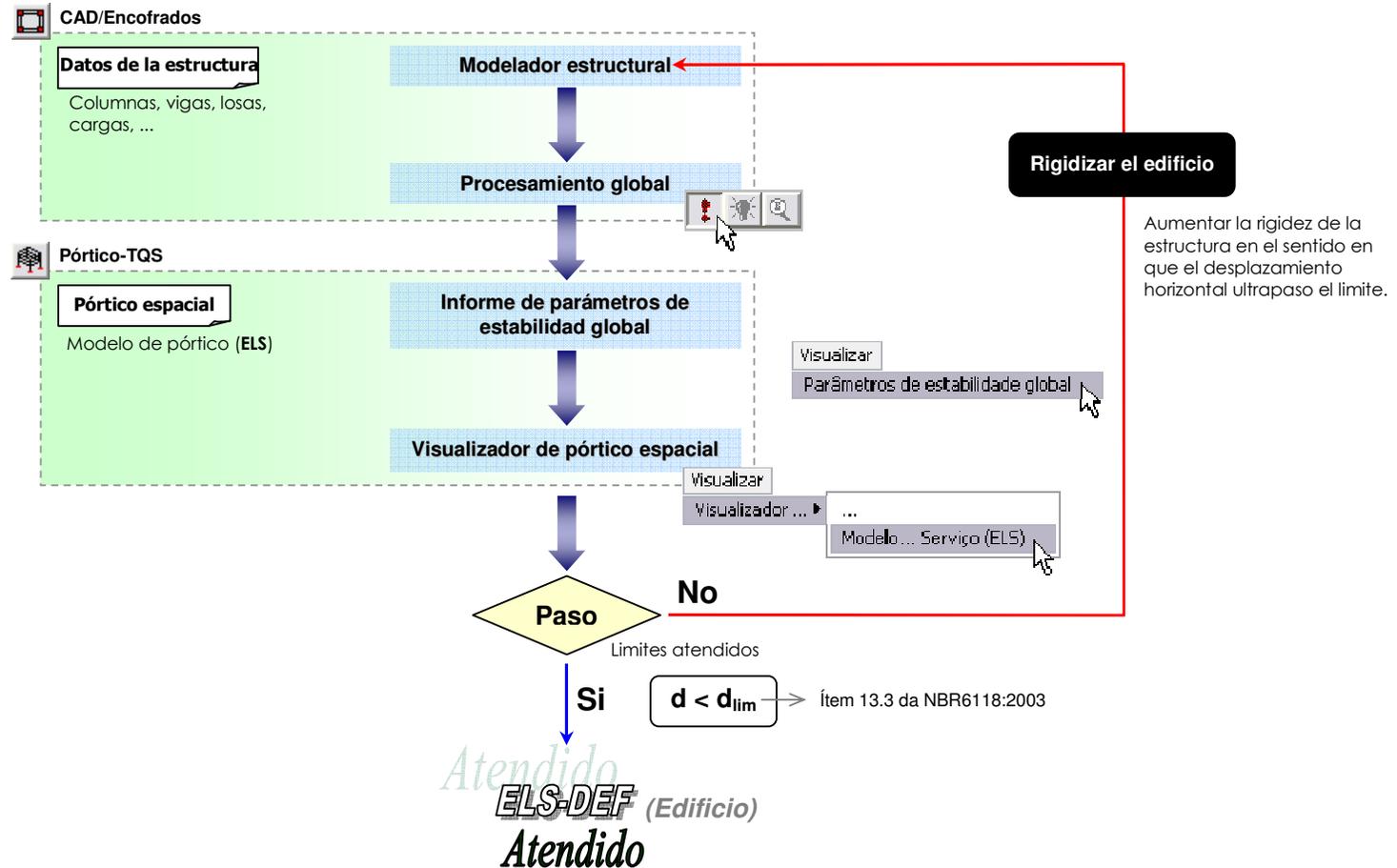
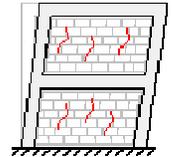
Más detalles en el fluxograma ELS-DEF (Piso)

Flujograma N° 5

ELS *servicio*

Flujograma para la verificación de los desplazamientos horizontales en un edificio

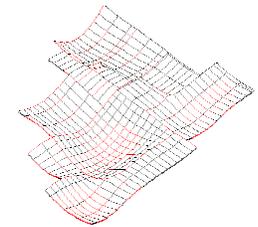
Flujograma **ELS-DEF** (Edificio)



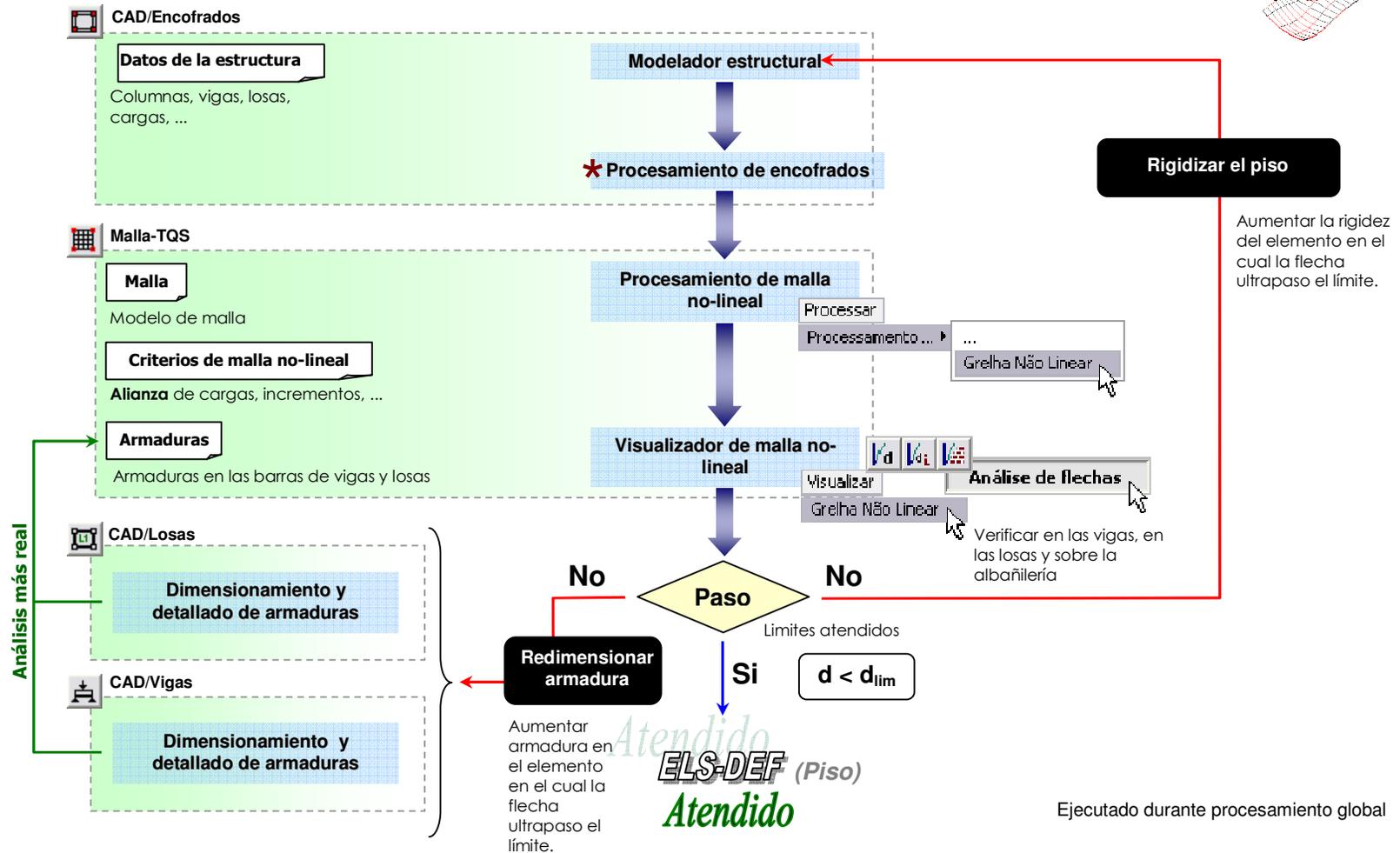
Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

Flujograma Nº 6

Flujograma para la verificación de las flechas en un piso



Flujograma **ELS-DEF** (Piso)



Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

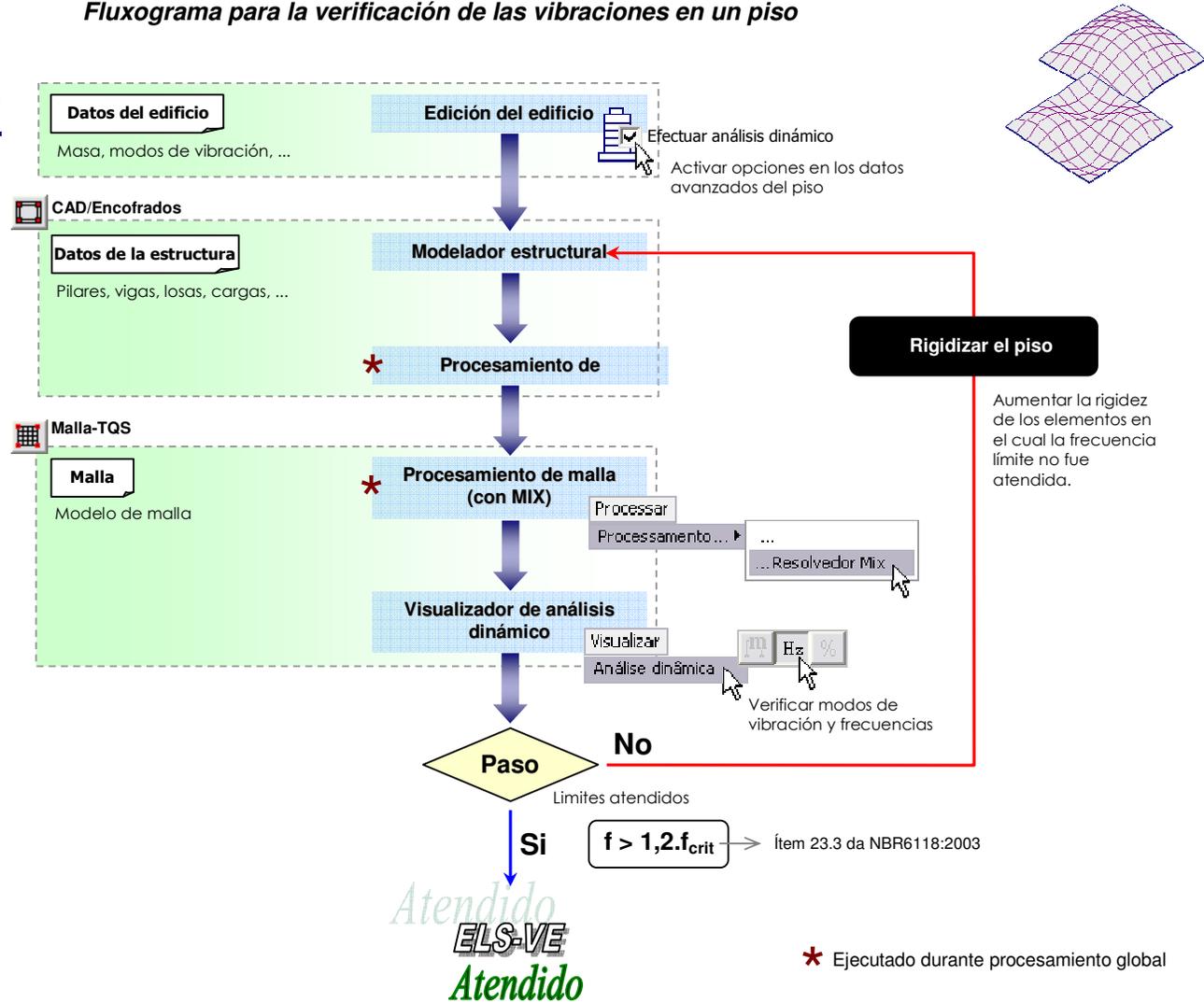
3.5 Análisis Dinámico del Sistema TQS

ELS *servicio*

Flujograma **ELS-VE**

Flujograma N° 7

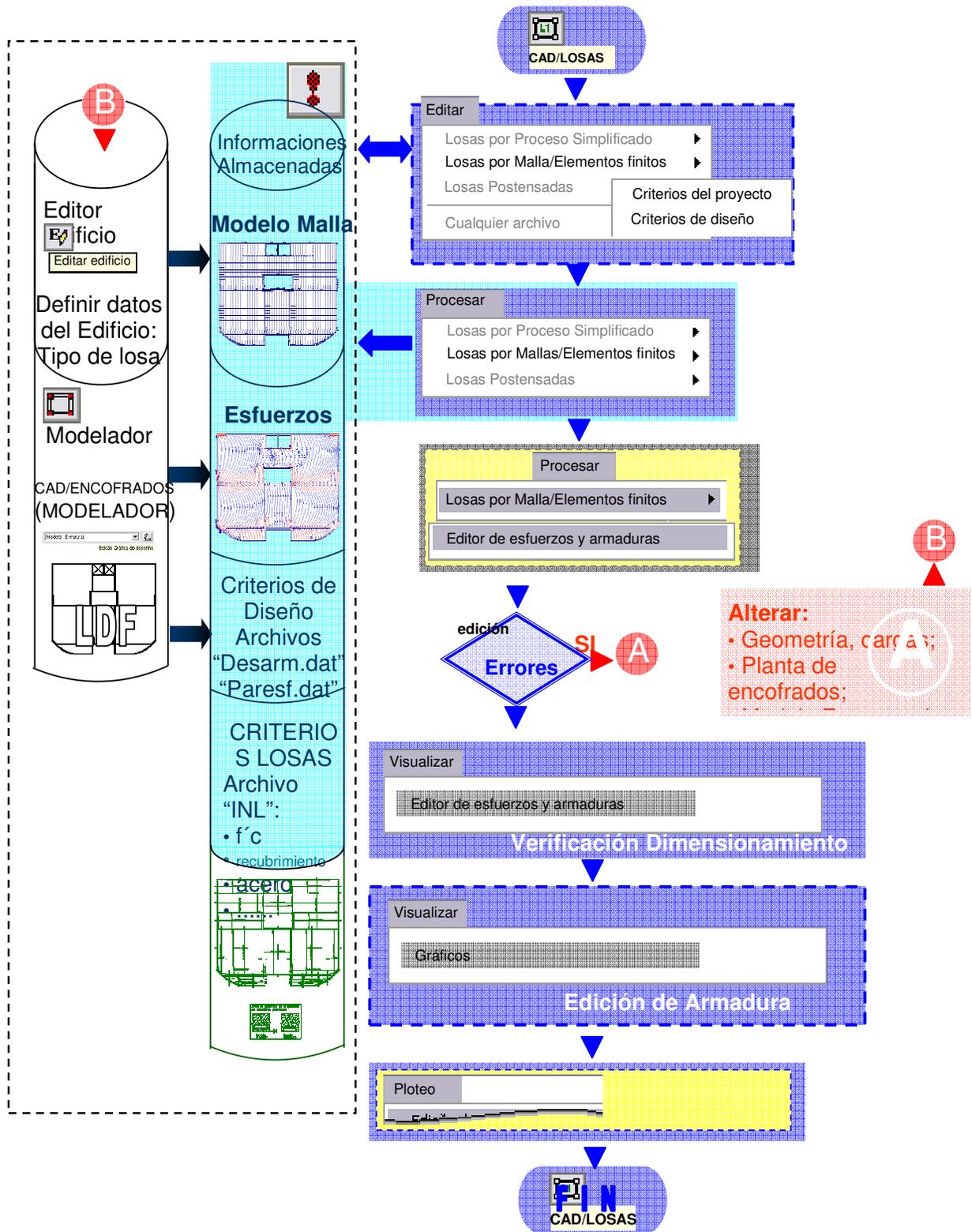
Flujograma para la verificación de las vibraciones en un piso



3.6 Diseño del Sistema TQS

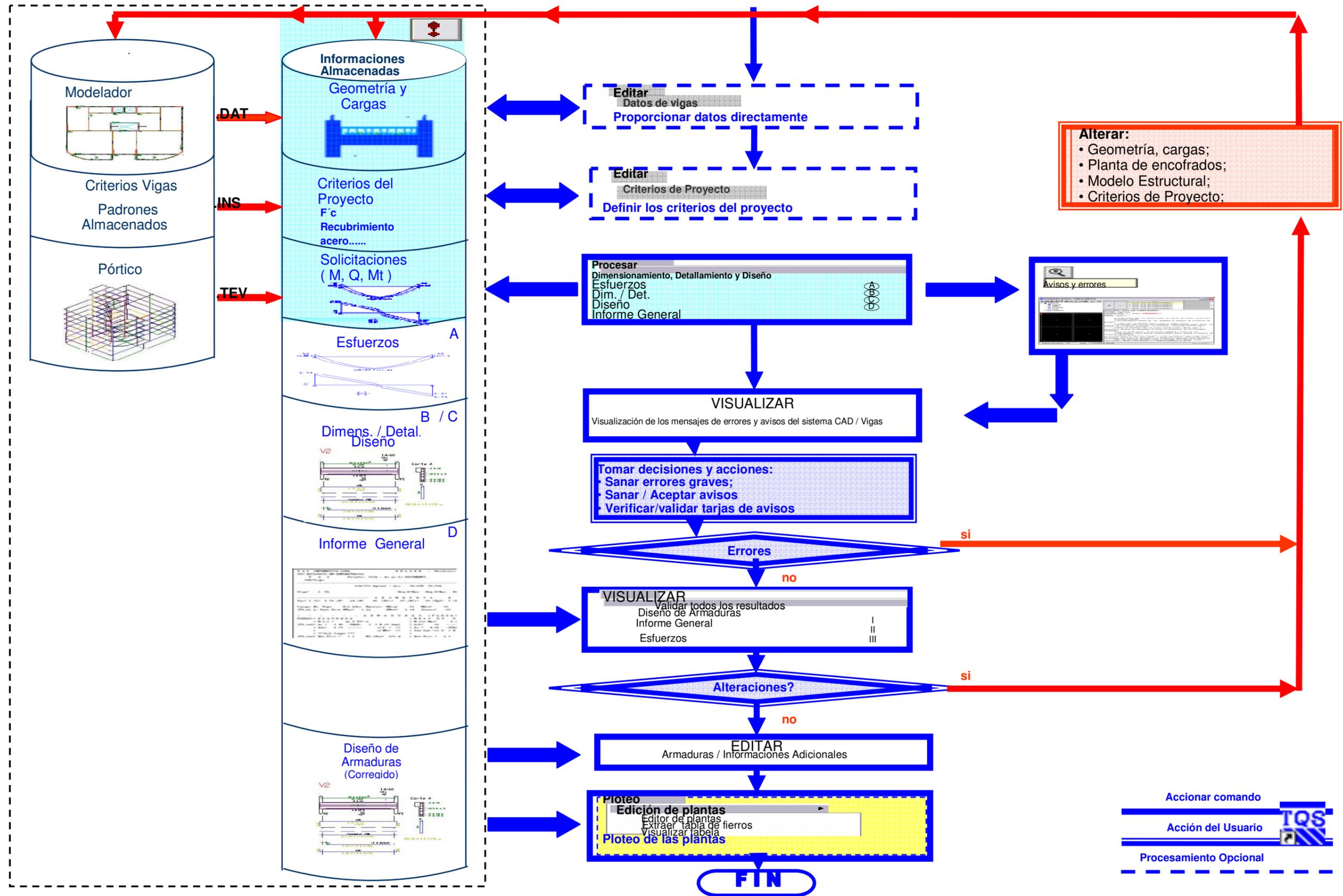
CAD/Losas

Flujograma Nº 8

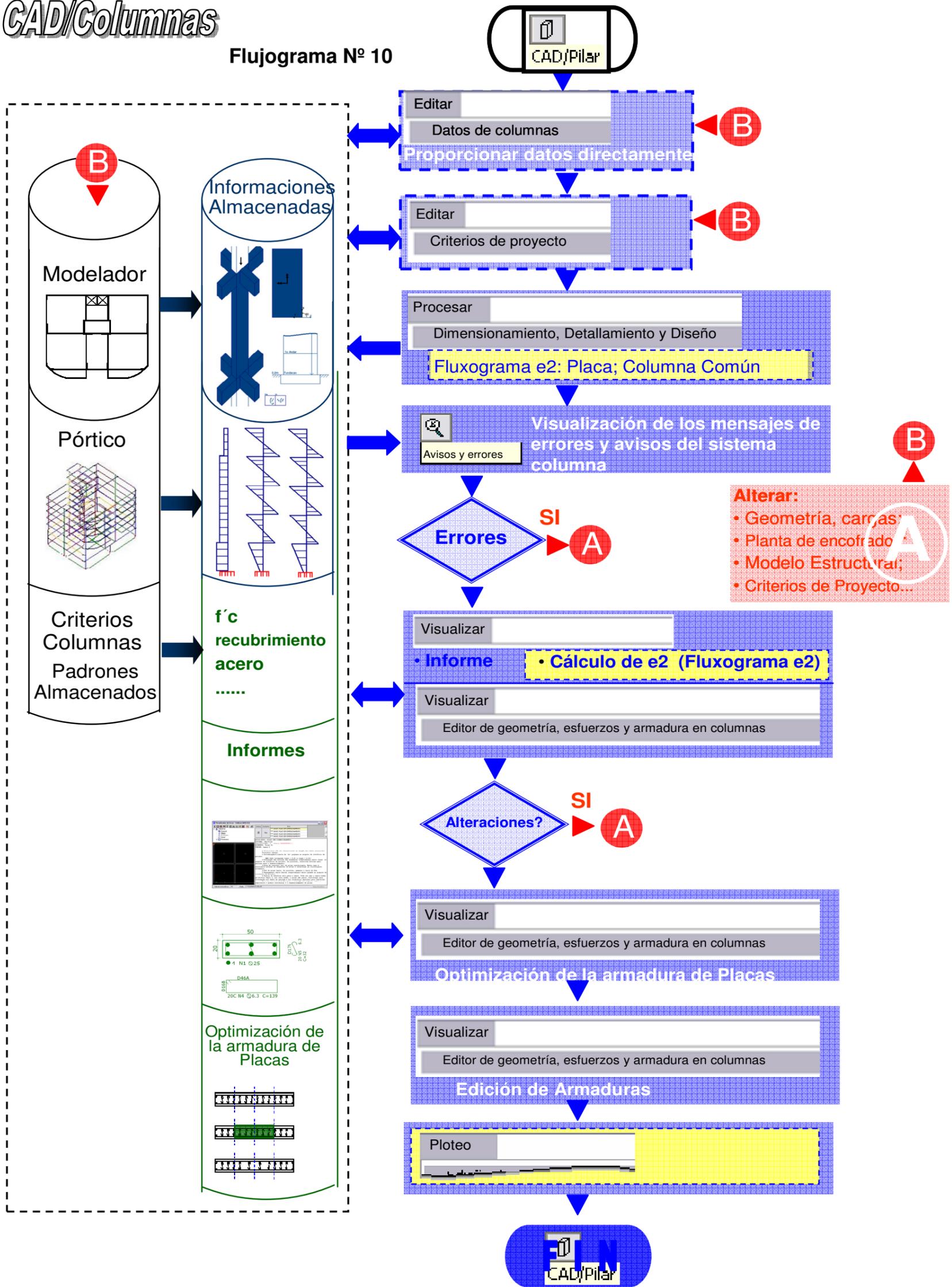


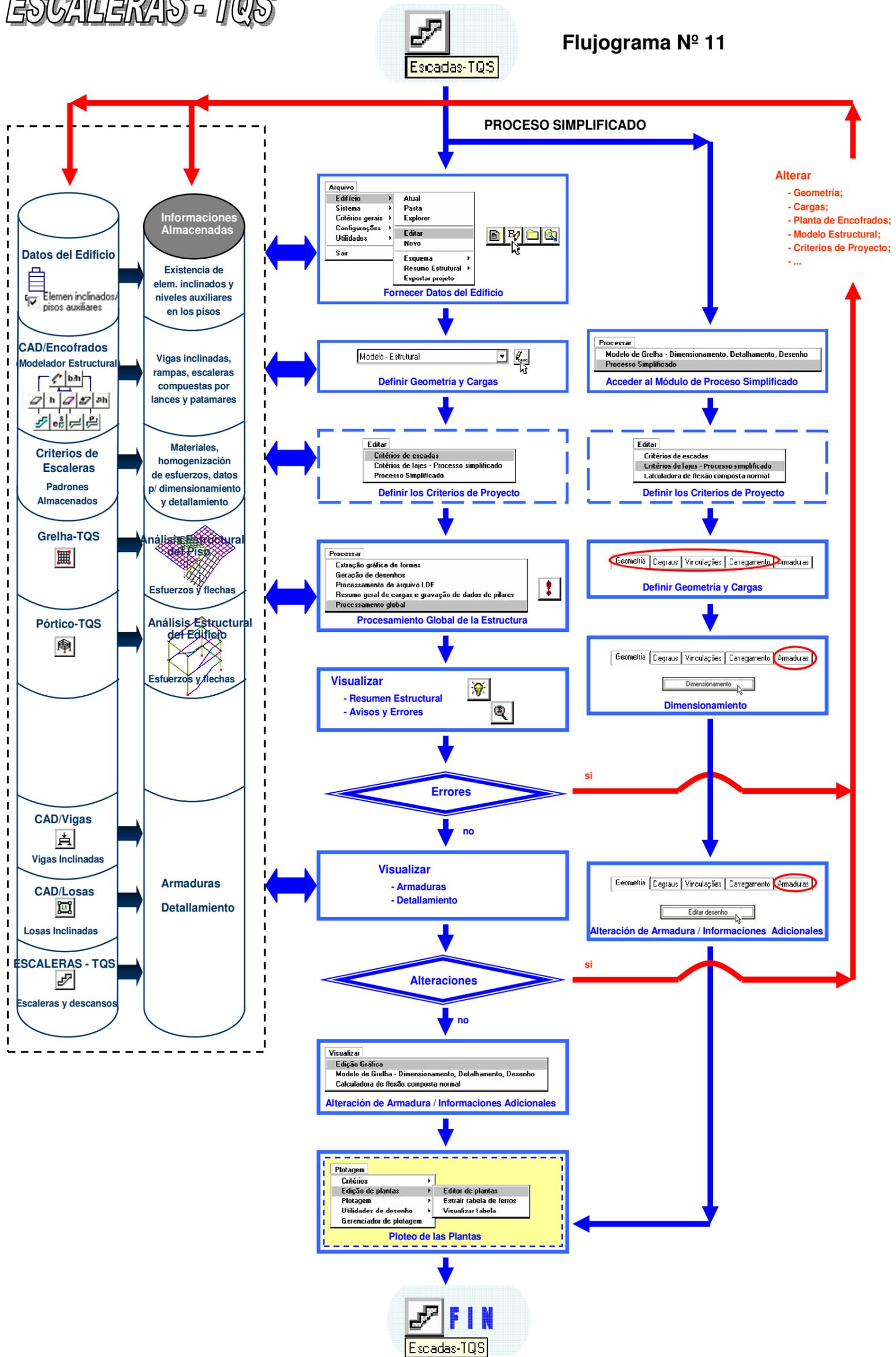
Fuente: Manual del Usuario Sistemas TQS-Brasil

Flujograma N° 9  CAD / VIGAS



Flujograma N° 10





CAPÍTULO IV

HERRAMIENTA ALTERNATIVA DE ANÁLISIS: PROGRAMA ETABS

4.1 Introducción

En este capítulo se explicará de manera teórica el funcionamiento del programa ETABS, explicando la filosofía, finalidad, módulos y herramientas con las que cuenta este software que es utilizado por ingenieros estructurales en el Perú.

ETABS es desarrollado por la compañía americana Computer & Structural Inc. Una de las mayores compañías del mundo, la que también ha desarrollado el SAP el que se centra en desarrollo de naves industriales, edificios de concreto armado y acero, estos dos programas son enseñados didácticamente en las universidades, una más de las razones por la que se utilizó el ETABS para la evaluación del TQS.

El ETABS se tomó como la herramienta alternativa de análisis ya que es un software que se centra en el análisis y diseño de edificios de concreto armado, realiza estructuras de gran porte y es muy fácil de utilizar y manejar. Estas razones, las que se detallarán a continuación, por ser el software que se más utiliza en Perú y ser el más parecido al

TQS se tomo la decisión de tomarlo como la herramienta alternativa de análisis.

4.2 Descripción General del ETABS (EEUU)

ETABS es un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos con especiales características para el análisis y diseño estructural de edificaciones. Los métodos numéricos usados en el programa, los procedimientos de diseño y los códigos internacionales de diseño le permiten ser versátil y productivo, tanto si se está diseñando un pórtico bidimensional o realizando un análisis dinámico de un edificio de gran altura con aisladores en la base

ETABS trabaja dentro de un sistema de datos integrados. El concepto básico es que se crea un modelo consistente del sistema de piso y sistemas de pórticos verticales para analizar y diseñar toda la edificación. Todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema versátil de análisis y diseño con una interfase. Los efectos sobre una parte de la estructura debido a cambios efectuados en otra parte son instantáneos y automáticos.

Los métodos de análisis incluyen una gran variedad de opciones para el análisis estático y dinámico. El modelo integrado puede incluir, entre otros, complejos sistemas de pórtico losa compuesta con aberturas y volados, sistemas de vigas de acero, pórticos resistentes, complejos sistemas de muros de corte, losa de piso rígido y flexible, techos inclinados, rampas y estructuras de parqueo, pisos de mezanine, sistemas de tijerales, edificaciones múltiples y sistemas de diafragma escalonado.

Los métodos numéricos usados para analizar la edificación permiten modelar sistemas de piso de tableros de acero y losa de concreto que puedan automáticamente transmitir sus cargas a las vigas principales.

ETABS ha sido reconocido como el estándar internacional para el Diseño y Análisis de Edificios y tiene entre sus logros el diseño de muchas estructuras alrededor del mundo. El software es también internacionalmente usado como una herramienta educativa y de investigación en centenares de instituciones.

Posee una poderosa interfase grafica basada en objetos que la hace versátil e intuitiva, potenciada por nuevas técnicas numéricas que permite a los ingenieros crear diseños completos, elaborando planos y cuantificando materiales para la construcción con acero en pocas horas, sin estar limitado por el tamaño del elemento y satisfaciendo los requerimientos de estabilidad, rigidez y deformación.

Los nuevos y sofisticados métodos de análisis del ETABS resuelven muchos aspectos del diseño de edificios en los cuales los ingenieros estructurales se han esforzado por décadas, tales como: cálculo del diagrama de esfuerzo cortante en losas y envolvente de fuerzas, modelación de estructuras de estacionamientos, rampas rectas y curvas, modelación de deformación en zonas de juntas, Efectos de secuencia de carga durante el proceso constructivo.

4.3 Herramientas y módulos de análisis del ETABS

ETABS es un programa de análisis y diseño, desarrollado específicamente para sistemas de edificaciones. ETABS posee una poderosa interfaz grafica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño sin igual, todos integrados usando una base de datos común. Aunque es fácil y sencillo para estructuras simples, también puede manejar los más grandes y complejos modelos de edificios.

ETABS cuenta con una gran cantidad de herramientas de análisis y diseño disponibles para el ingeniero estructural que trabaja con estructuras de edificios.

A continuación se enumera los tipos de sistemas y análisis que ETABS puede manejar fácilmente:

- Instalaciones de cuidado de la salud, gobierno, y comerciales de múltiples pisos.
- Estacionamientos con rampas lineales y circulares.
- Edificios con pisos de acero, concreto.
- Edificios basados en múltiples sistemas de grillas rectangulares y/o cilíndricas.
- Edificios de losas planas o reticulares de concreto.
- Edificios sujetos a cualquier cantidad de casos de carga y combinaciones, tanto lateral como vertical. Incluyendo carga automáticas por viento y sismo.
- Múltiples casos de carga por espectros de respuesta, con curvas predeterminadas.
- Transferencia automática de cargas verticales de pisos a vigas y muros.
- Análisis P-Delta con análisis dinámicos o estáticos.
- Análisis de cargas por secuencia de construcción.
- Múltiples casos de carga por funciones en el dominio del tiempo lineal y no lineal en cualquier dirección.
- Análisis de grandes desplazamientos.
- Pushover estático no lineal.
- Edificios con aisladores y amortiguadores de base.
- Modelaje de pisos con diafragmas rígidos o semi-rígidos.
- Para el diseño de losa tiene su complemento que es el programa SAFE, se pueden exportar e importar los diseños en DXF.

Ahora ETABS trata de ser un sistema integrado. Esta integración significa que podrá crear solo un modelo de los sistemas de piso y de los sistemas de miembros verticales y laterales para analizar y diseñar el edificio entero.

Todo estará integrado en un paquete de análisis y diseño versátil con una interfaz grafica de usuario basada en Windows. Los módulos integrados incluyen:

- Modelo de dibujo para generación del modelo.
- Modulo de distribución de cargas gravitacionales para la distribución de carga vertical a columnas y vigas cuando elementos de piso con flexión de placa no son proveídos como parte del sistema de piso.
- Modulo de análisis lineal dinámico y estático basado en elementos finitos.
- Modulo de análisis no lineal dinámico y estático basado en elementos finitos.
- Modulo de presentación y generación de reporte.
- Modulo de diseño de miembros de acero.
- Modulo de diseño de miembros de concreto.
- Modulo de diseño de viga compuesta.
- Modulo de diseño de muros de corte.

CAPÍTULO V

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA TQS A LAS NORMAS DE DISEÑO DEL PERÚ

5.1 Introducción

Se detallarán los pasos que se siguieron para la adaptación y programación del sistema TQS para las normas del Perú de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. Primero se presenta un concepto general de las normas y la importancia de su uso en el diseño estructural, después se presentan los ítems que fueron modificados en el programa el ¿cómo? y el ¿por qué? de cada uno de ellos y por último se presenta la ventana que se colocó en el programa para ser realizado el espectro de diseño de cada estructura en forma automatizada.

5.2 Adaptación de las Normas Peruanas al Sistema TQS

Los códigos actuales de diseño son cada vez más estrictos para el análisis de las estructuras esenciales, que necesitan mantenerse operando continuamente durante un evento de terremoto. Las estructuras tales como hospitales, edificios gubernamentales especiales y aquellas que sirven de refugios están dentro de esta categoría. Las estructuras convencionales pueden sufrir daños considerables sin llegar al colapso y ser aceptables desde el punto de

vista de diseño. La razón principal para usar esta filosofía de diseño es que los costos de construcción son menores porque se diseña para cargas menores. Una alternativa para reducir daños es diseñar con un factor de ductilidad reducido que implica que la estructura pueda resistir las cargas sin que el acero llegue a fluir; esta alternativa se conoce como diseño elástico.

Para poder utilizar el programa en el Perú se tuvieron que realizar una serie de adaptaciones, ya que las normas y parámetros brasileros son diferentes debido a que Brasil no se encuentra en zona sísmica.

Ya que las estructuras peruanas tienen que pasar por un análisis dinámico se realizó la instalación del nuevo módulo de Análisis Dinámico, realizando automáticamente el espectro de diseño peruano para cada proyecto, con esto el usuario del programa al realizar proyectos en Perú, sólo tendrá que especificar la zona, tipo de suelo, uso de la estructura y tipo de estructura como se muestra en la figura N° 19 y el programa calculará el espectro. Este módulo se verificó y evaluó en este trabajo.

En general, en el caso de la norma vigente se tiene:

a. Parámetros Estructurales.

Se registraron las características mecánicas de los materiales que fueron utilizados en la tesis, los cuales serán empleados en los diferentes elementos estructurales.

- Resistencia del concreto ($f'c$):

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

- Módulo de elasticidad del concreto (E):

$$E = 15000 \sqrt{f'c} = 21737 \text{ MPa}$$

- Peso específico del concreto (γ)

$$\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$$

- Coeficiente de Poisson (μ)

$$\mu = 0.2$$

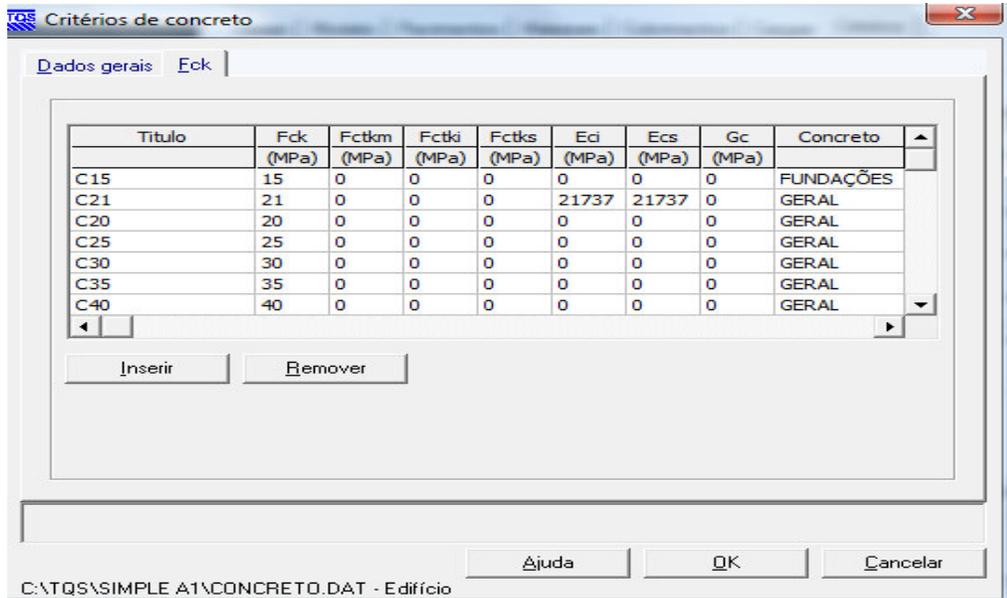


Figura Nº 10: Entrada de datos de la resistencia del concreto y módulo de elasticidad

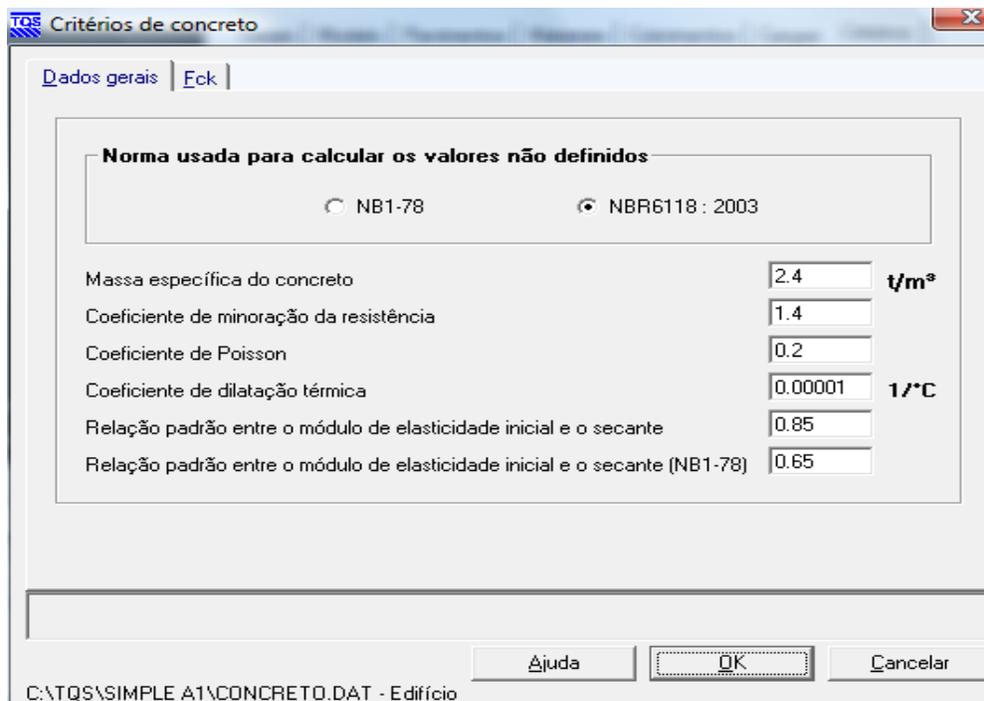


Figura Nº 11: Entrada de datos de las características del concreto

Registro de los recubrimientos de los diferentes elementos estructurales:

- Vigas: 4 cm
- Columnas: 4 cm
- Losas: 2 cm
- Cimentaciones: 8 cm

Figura Nº 12: Entrada de datos de los recubrimientos de los elementos estructurales

Registro de los porcentajes a considerar de los pesos de la estructura para el cálculo del análisis dinámico, al ser de categoría C se tomo el 100% de la carga muerta y 25% de la carga viva.

Figura Nº 13: Entrada de datos del número de modos y % de carga viva.

b. Pórticos

Al estar haciendo la comparación con el programa ETABS se trato de poner lo más semejante posible las estructuras para esto fue necesario alterar los criterios del TQS que fueron los siguientes:

- Vano de las vigas de eje a eje, como se muestra en la figura N° 14, se modificó el factor de la extensión de la columna con respecto a la altura de la viga, que por norma en Brasil es el 30% de la altura de la viga.

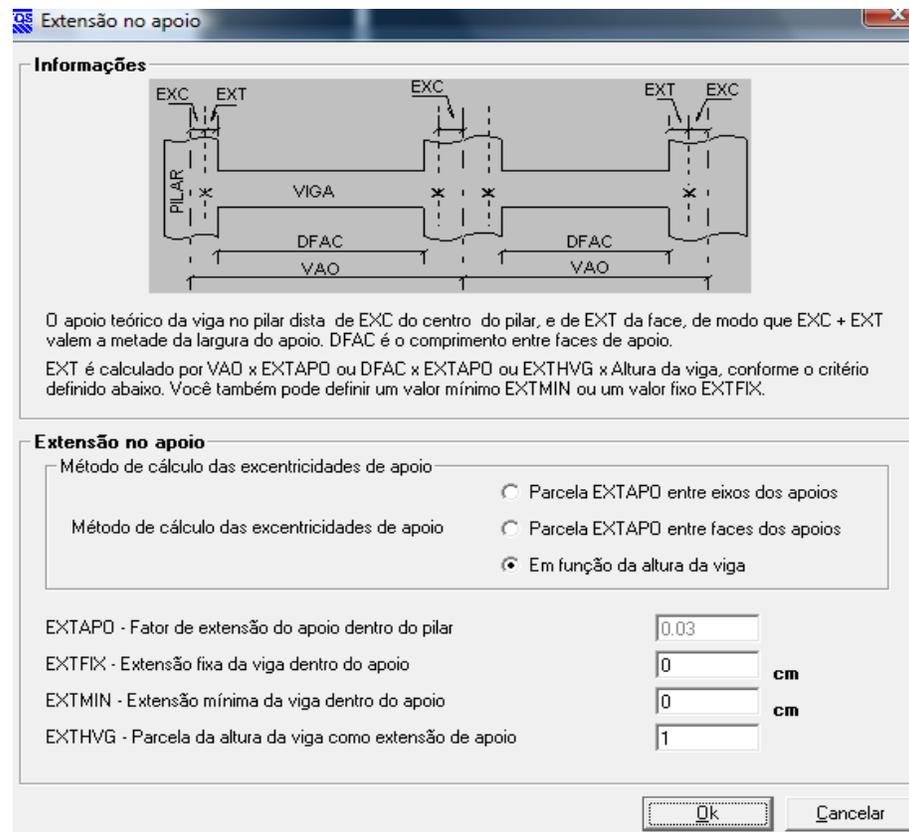


Figura N° 14: Extensión de la viga al 100% del peralte de la viga con la columna, para con esto llegar hasta el eje de la columna, igualando la extensión de vigas con el ETABS

- En el pórtico espacial se señaló que la inercia de las vigas se tomará como sección rectangular.

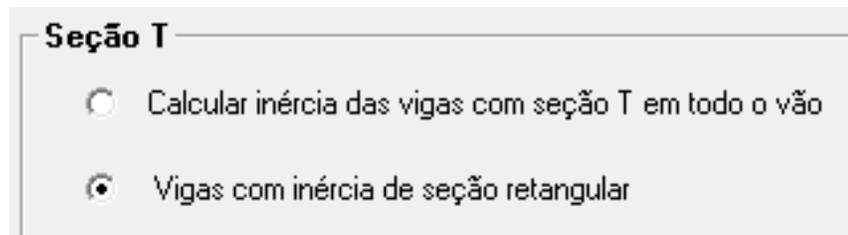


Figura Nº 15

- Se deshabilitó el parámetro de la flexibilización de viga-columna este parámetro es el siguiente:

Es posible simular de manera simplificada el comportamiento de las uniones viga-columna de la misma manera en el Malla TQS. Se considera la inercia del pilar que recibe la viga no de la columna entera, pero de una columna rectangular ficticia con el ancho de la viga multiplicada por un factor y la longitud de la intersección viga-columna. Esta hipótesis flexibiliza el apoyo, considerando que las secciones de la columna se deforman de manera no lineal en la práctica, próximo a la viga. Se pueden modificar los coeficientes para controlar el grado de flexibilización deseada. Los coeficientes de apoyos en la dirección X e Y son calculados a través de la expresión

$$4 \times E \times I / L \times \text{REDMOL} \dots\dots (5)$$

Donde:

E: modulo de elasticidad del concreto

I: momento de inercia en la dirección considerada.

L: altura del piso

REDMOL: reductor de coeficientes de apoyos definido aquí:

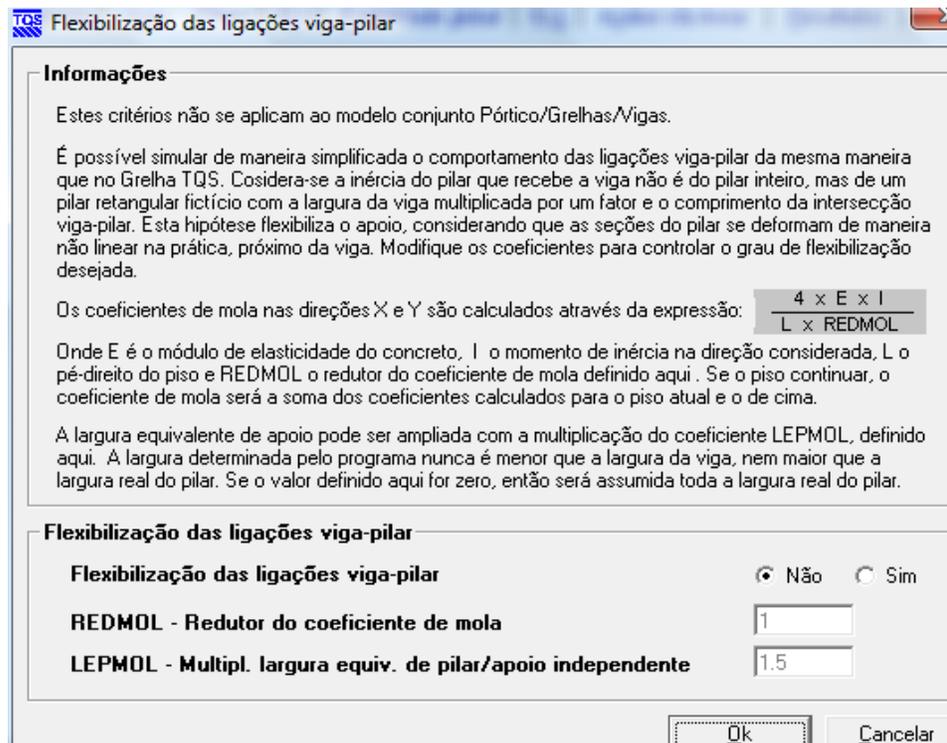


Figura Nº 16: Braço rígido

Al realizar estas alteraciones se comenzó con los modelos en los dos programas analizando primero la parte estática, al coincidir las Normales, Cortantes, Momentos y desplazamientos.

También verificamos los periodos naturales de cada estructura y al estar coincidiendo con el programa ETABS, se procedió a colocar los espectros de respuesta y comparar una vez más los resultados, de fuerzas Normales, Cortantes, Momentos y desplazamiento. Adicionando esta vez a la comparación la parte dinámica de modos de vibración, cortante en la base, desplazamientos por la acción del sismo y aceleraciones.

Al asegurarnos que están correctos los resultados pasamos a definir nuestras combinaciones.

c. Muros de Concreto o Placas

Para lograr la semejanza con el ETABS fue necesario alterar los siguientes criterios del TQS:

- Vano de las vigas entrando un 30% de la altura de la viga a partir del lado de la columna, para eso se

modifico el factor de la extensión de la columna con respecto a la altura de la viga.

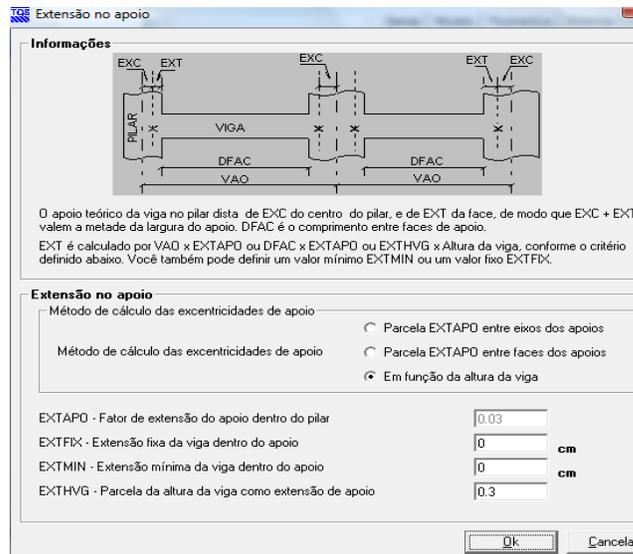


Figura Nº 17: Extensión de 0.3 del peralte de la viga ya que en este caso se están modelando placas en el ETABS no columnas

- Se habilitó el parámetro de la flexibilización de viga-columna, este parámetro es el siguiente:
Es posible simular de manera simplificada el comportamiento de las uniones viga-columna de la misma manera en el Malla TQS. Se considera la inercia de la columna que recibe la viga no de la columna entera, pero de una columna rectangular ficticia con el ancho de la viga multiplicada por un factor y la longitud de la intersección viga-columna. Esta hipótesis flexibiliza el apoyo, considerando que las secciones de la columna se deforman de manera no lineal en la práctica, próximo a la viga. Se pueden modificar los coeficientes para controlar el grado de flexibilización deseada. Los

coeficientes de apoyos en la dirección X e Y son calculados a través de la expresión

$$4 \times E \times I / L \times \text{REDMOL} \quad \dots\dots(5)$$

Donde:

E: modulo de elasticidad del concreto

I: momento de inercia en la dirección considerada.

L: altura del piso

REDMOL: reductor de coeficientes de apoyos definido aquí.

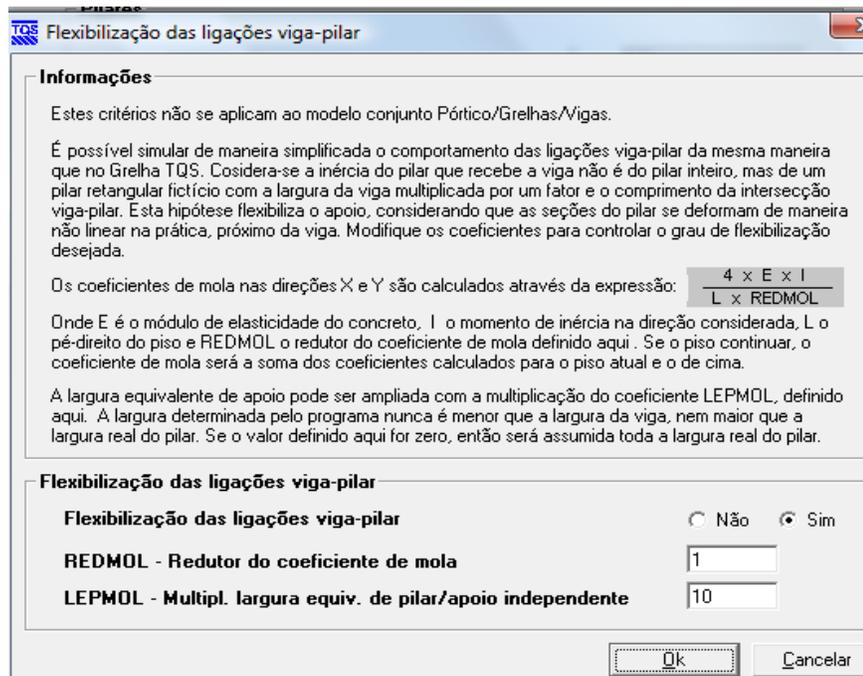


Figura N° 18: Brazo rígido

Como el sistema TQS no diseña placas al habilitar este factor y poner el LEPMOL un valor de 10, esto hace que las columnas tengan una mayor rigidez y que estas columnas se comporten como placas.

d. Cargas y combinaciones

Número	Prefijo	Título
1	TODAS	Todas permanentes y accidentales de los pisos
2	PP	Peso Propio
3	PERM	Cargas permanentes
4	ACID	Cargas accidentales
5	SISM1	Sismo (1) (X)
6	SISM2	Sismo (2) (Y)

Con estas cargas se registraron las combinaciones que fueron 3, ya que el programa automáticamente genera todas las combinaciones dependiendo del número de cargas en este caso el número de sismos, como se muestra en la figura N° 19. Se realiza la alternancia adecuada por cada carga de sismo registrado; con estas combinaciones el programa y el ingeniero respectivamente realizarán la verificación de las vigas, losas y columnas.

Las combinaciones fueron las señaladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones que son las siguientes:

$$U = 1.5 CM + 1.8 CV \quad \dots\dots (6)$$

$$U = 1.25 (CM + CV \pm CS) \quad \dots\dots (7)$$

$$U = 0.9 CM \pm 1.25 CS \quad \dots\dots (8)$$

El sistema TQS por defecto multiplica todos los prefijos de las cargas por 1.4, por esa razón se les pusieron los siguientes prefijos a las combinaciones.

$$7 \quad ELU1/PERU1/1.07PP+1.07PERM+1.29ACID$$

$$8 \quad ELU1/PERU2/0.89PP+0.89PERM+0.89ACID+0.89SISM1$$

$$9 \quad ELU1/PERU2/0.89PP+0.89PERM+0.89ACID+0.89SISM2$$

$$10 \quad ELU1/PERU3/0.64PP+0.64PERM+0.89SISM1$$

11 $ELU1/PERU3/0.64PP+0.64PERM+0.89SISM2$

Con esto se obtuvo las combinaciones correctas y los resultados satisfactorios para el análisis, diseño y armaduras de las estructuras.

Grupo ELU1 "Verificações de estado limite último - Vigas e lajes"

PERU1 "COMBINACIÓN1"

PERU2 "COMBINACIÓN2"

PERU3 "COMBINACIÓN3"

Grupo ELU2 "Verificações de estado limite último - Pilares e fundações"

PERU1 "COMBINACIÓN1"

PERU2 "COMBINACIÓN2"

PERU3 "COMBINACIÓN3"

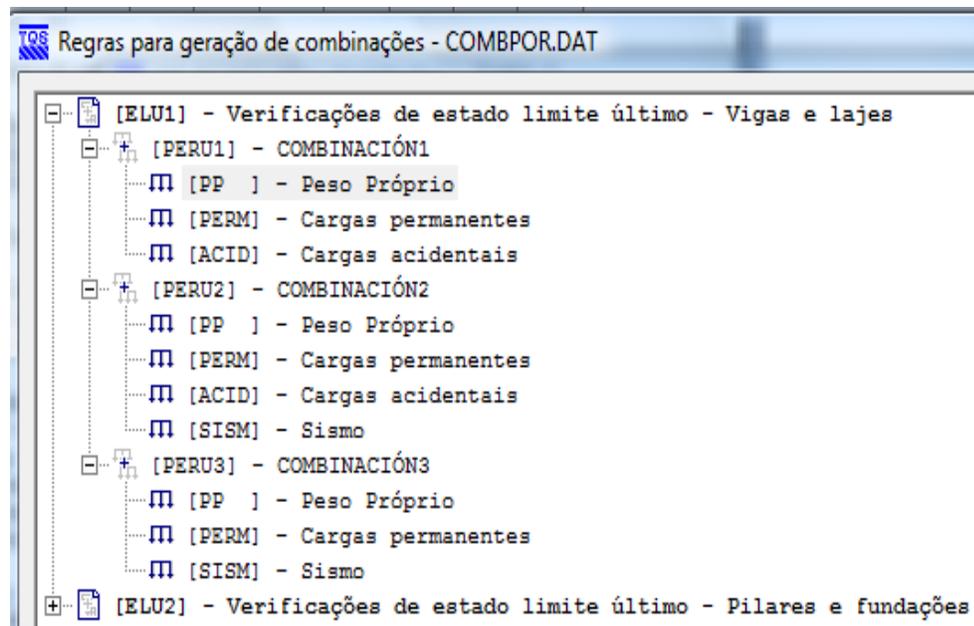


Figura Nº 19: Combinaciones para la verificación del estado límite último

5.3 Programa Automatizado del espectro de diseño.

De acuerdo a los requerimientos de la Norma E.030-2003 vigente se han considerado los siguientes parámetros para el diseño sismorresistente:

Factor de zona (Z)

Se homogenizó el factor Z para la zona 3.

$$Z = 0.4$$

Factor de uso e importancia de la estructura (U)

Se homogenizó el factor U para la categoría de edificación C.

$$U = 1.0$$

Factor de suelo (S)

Se homogenizó el factor S para el perfil tipo S1 Roca o suelos muy rígidos.

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4$$

Coeficiente de Reducción de solicitaciones sísmicas (R)

Este factor variara dependiendo de cada estructura y características.

Con esto el trabajo y cálculo de las edificaciones se tornará más automatizado.

En el programa tan solo se tendrá que seleccionar la zona, suelo, tipo de estructura y la dirección que tendrá el espectro que se esta asignando como se aprecia en la figura N° 20 (a), el programa realiza el calculo con un periodo de intervalos de 0.05 (s) como se ve en la figura N° 20 (b)

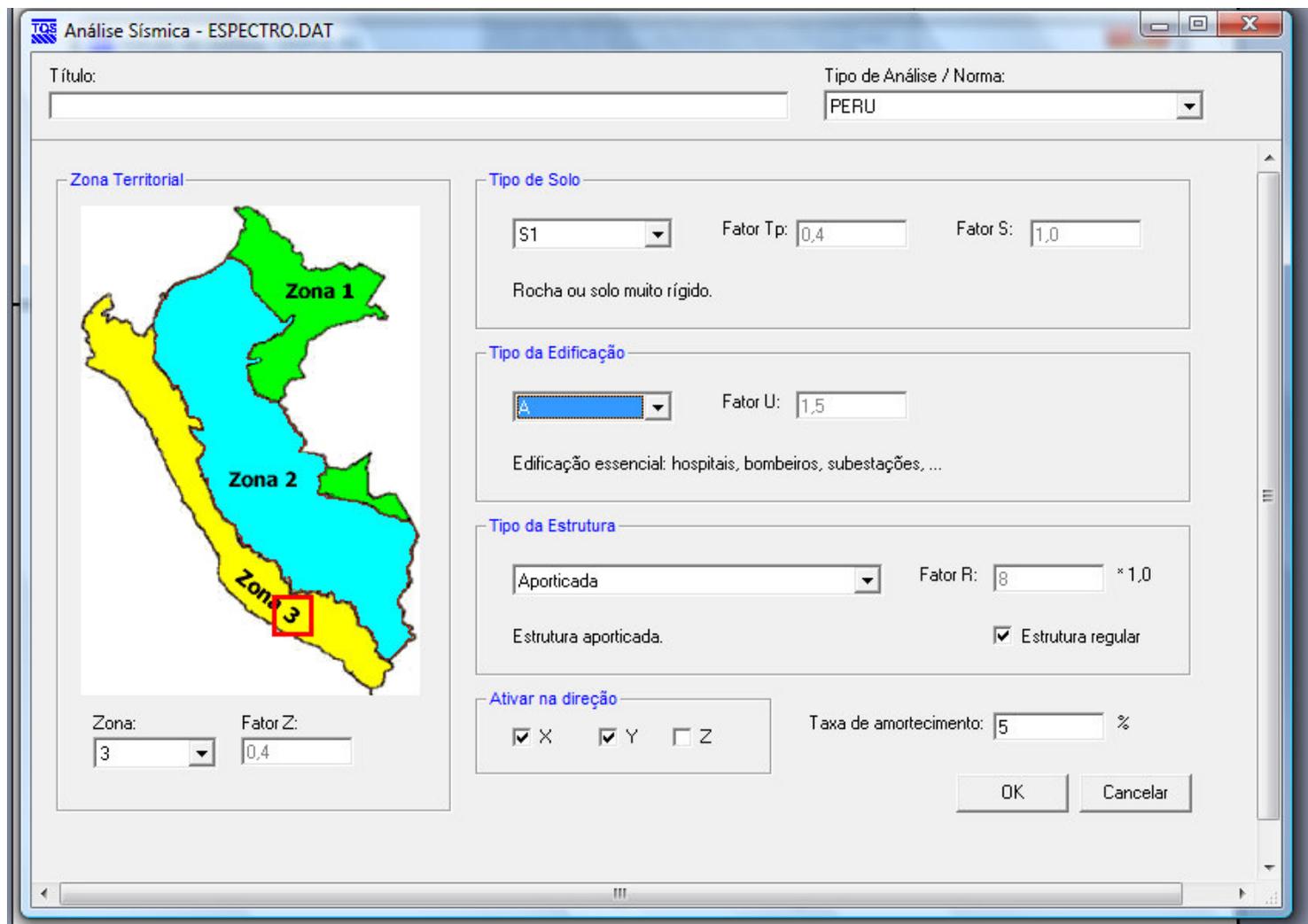


Figura Nº 20 (a): Pantalla del nuevo módulo de Análisis Sísmico del TQS – Automatización del espectro de diseño del Perú

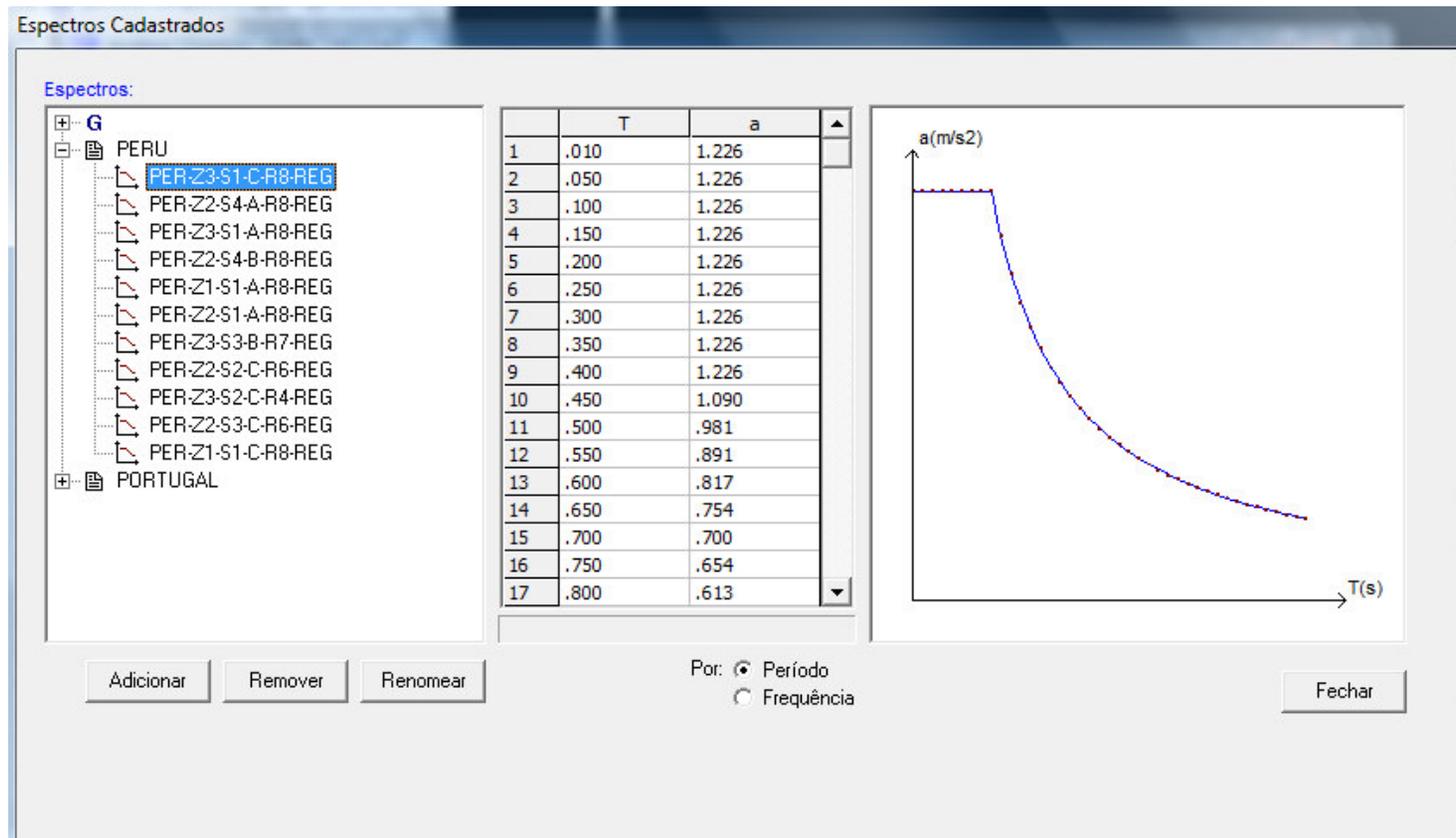
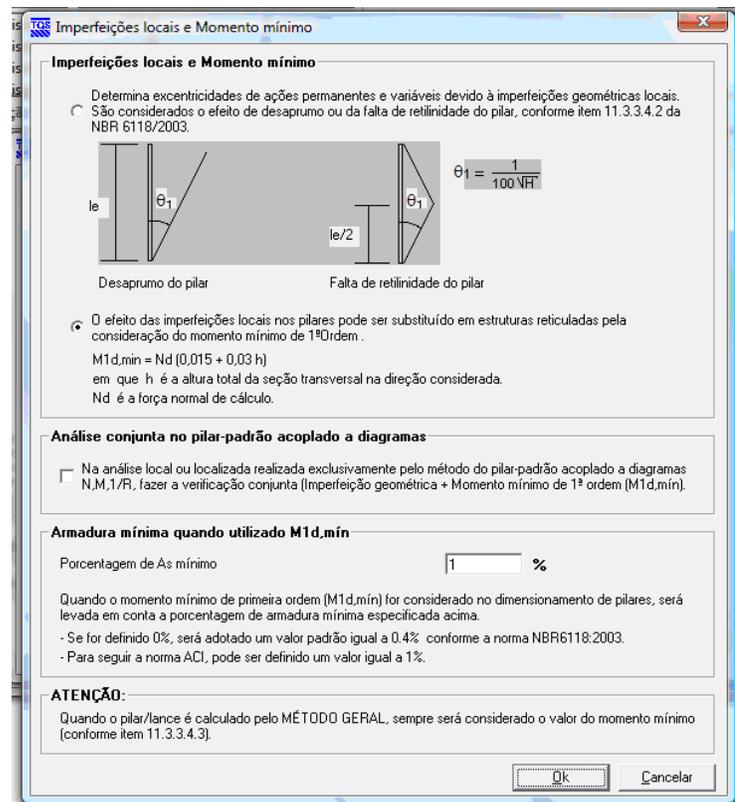


Figura Nº 20 (b): Pantalla del nuevo módulo de Análisis Sísmico del TQS – Automatización del espectro de diseño del Perú

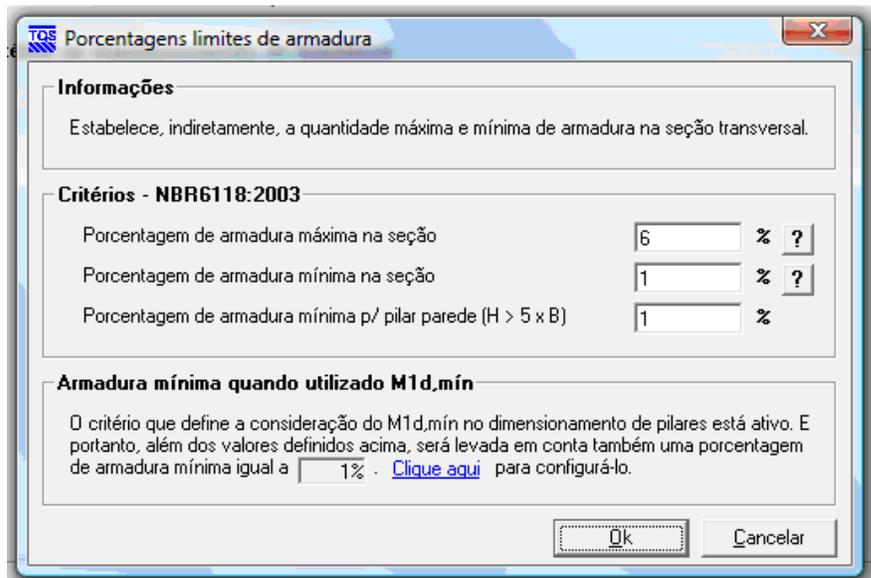
5.4 Diseño en el Sistema TQS

Se realizó un diseño en forma manual y con el sistema TQS y se concluyó que el sistema realiza el mismo cálculo, esto se debe a que las normas de diseño peruana y brasileña, parten de la normativa ACI. Sin embargo se tuvieron que realizar las modificaciones acerca de los diámetros de las varillas, porcentajes mínimos y máximos de acero en los elementos estructurales.

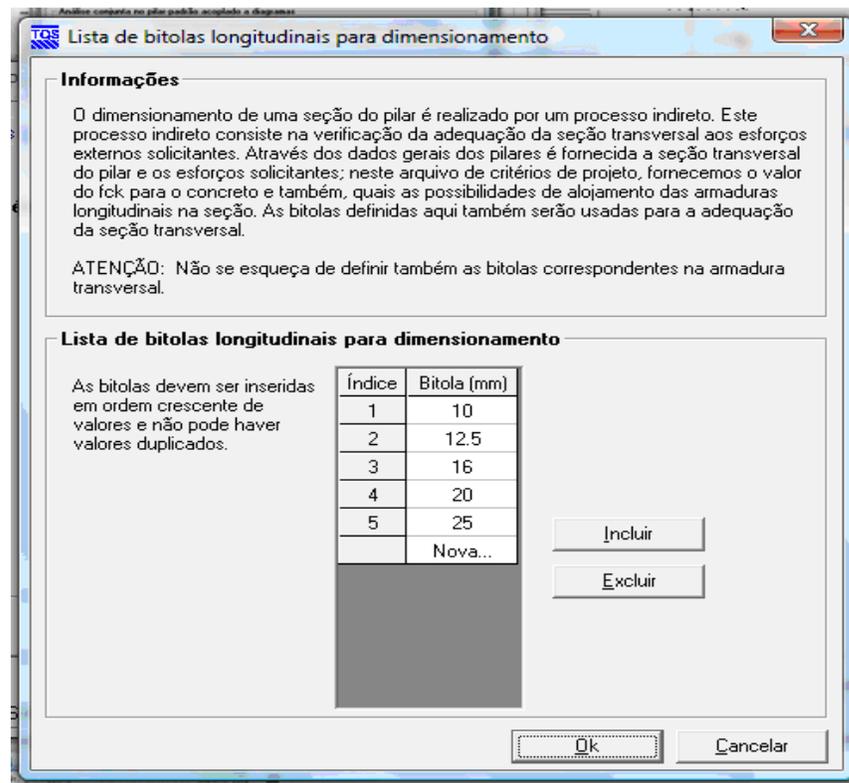
Se modificó la cuantía mínima y máxima del refuerzo vertical, la cual no puede ser menor que 0.01 ni mayor que 0.06 del área total de la columna. La norma brasilera estipula el 0.0015 de cuantía en columnas.



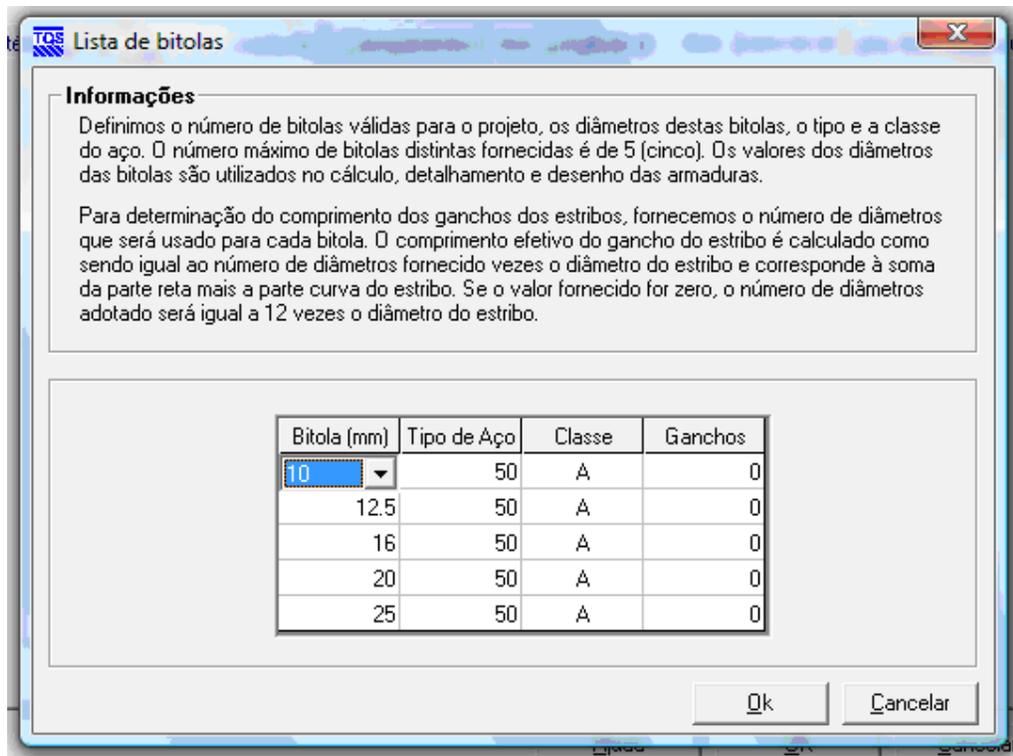
Registramos el criterio de la armadura máxima y mínima de columnas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones.



De acuerdo a la norma se registraron los diámetros de las varillas a utilizar en las columnas, vigas y losas para las secciones longitudinales de los esfuerzos externos solicitados.



Definição do diâmetro de varillas para estribos de columnas, vigas y losas, especificando o tipo de acero y la clase.



CAPÍTULO VI

ESTRUCTURAS DE APLICACIÓN, BASES DE DISEÑO.

6.1 Introducción.

En el presente capítulo se detallarán las estructuras que fueron estudiadas, las cuales representan un número de 10 casos que se escogieron de acuerdo a la necesidad del estudio, las primeras presentan formas simples y fáciles de calcular para poder observar en detalle los resultados dados por el programa ETABS y por el Sistema TQS.

Fueron 8 estructuras que se les denominó como simples al no presentar mucho detalle ni complejidad alguna a nivel estructural. A continuación se presenta a las estructuras A1, B1, C1 y D1 ya que las estructuras A2, B2, C2 y D2 solo, fueron modificadas en altura, se les varió con el doble del número de piso, sin embargo a todas estas estructuras se les realizó el análisis y dimensionamiento por el programa ETABS; y el análisis, dimensionamiento y refuerzo de los elementos estructurales por el sistema TQS.

También se contó con 2 estructuras denominadas de complejas, la primera con un arquitectura relativamente simple pero con una gran irregularidad de esquina entrante. La segunda estructura compleja y

última de la tesis fue una estructura real la que se concibió desde la arquitectura. A estas dos estructuras similares a las simples, se les realizó el análisis, dimensionamiento y refuerzo de los elementos estructurales.

Después de presentar las estructuras se definen las características del concreto, las cargas evaluadas, las bases del diseño y las condiciones establecidas para cada elemento estructural.

6.2 Estructuras simples.

6.2.1 Simple A1

Estructura de un piso, dos crujiás en el eje X y una crujiá en el eje Y.

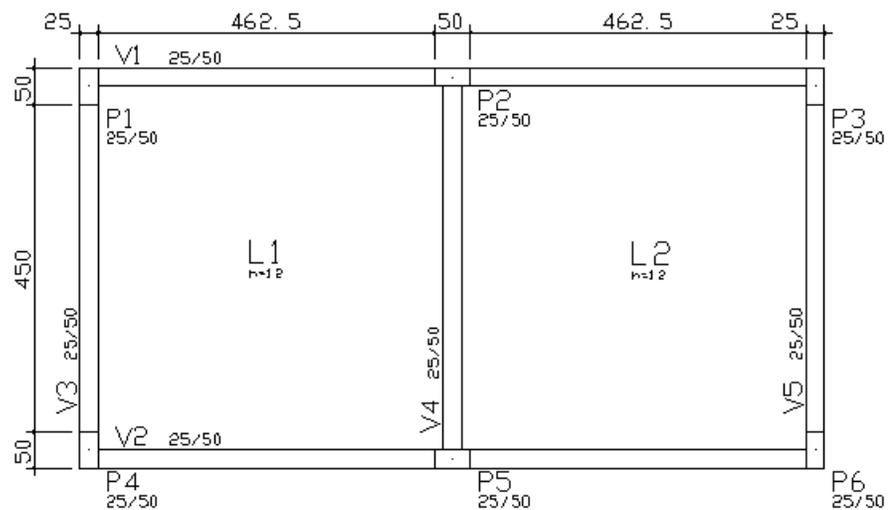


Figura N° 21: Vista en Planta

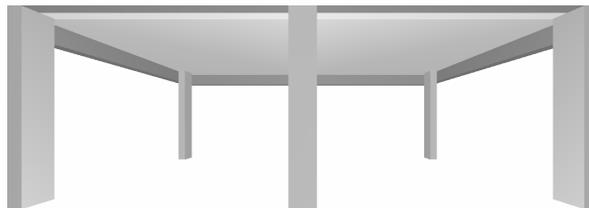


Figura N° 22: Vista en Elevación



Figura N° 23: Vista en 3d

6.2.2 Simple B1

Estructura de dos pisos con una crujía en cada eje.

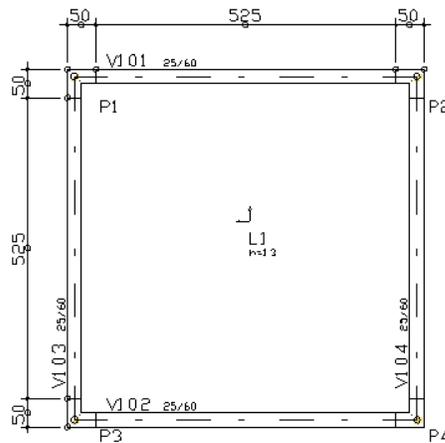


Figura N° 24: Vista en Planta

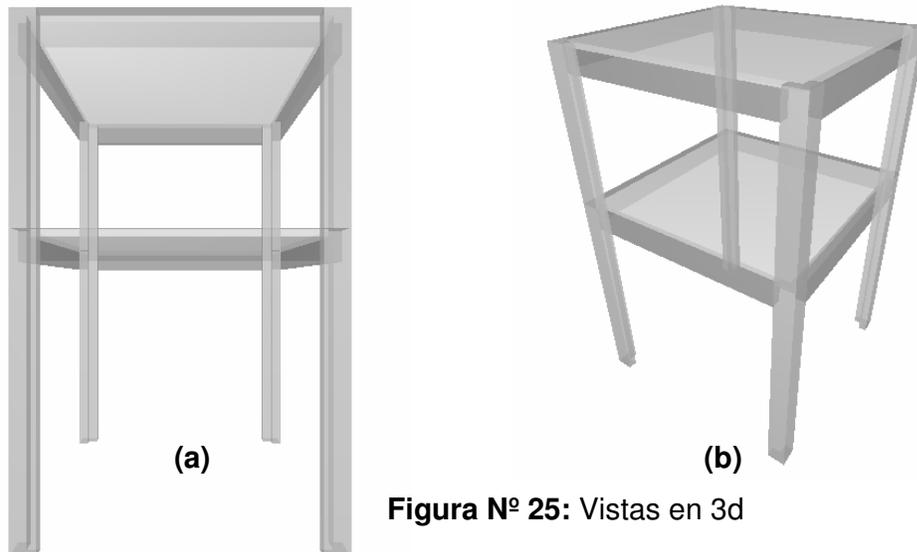


Figura N° 25: Vistas en 3d

6.2.3 Simple C1

Estructura de tres pisos, cuatro crujiás en el eje X y dos crujiás en el eje Y.

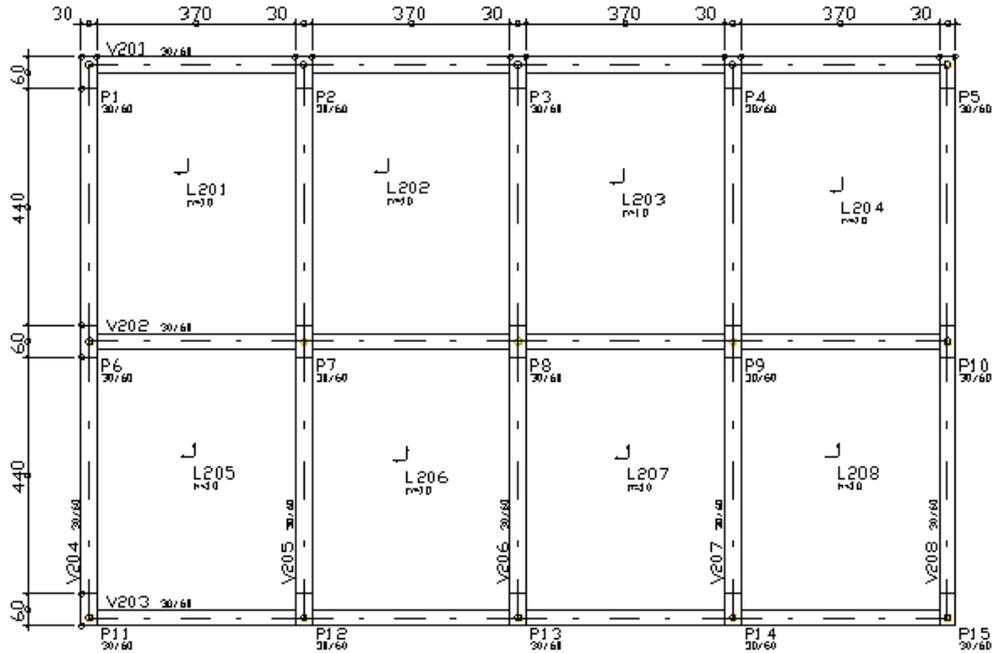


Figura N° 26: Vista en Planta

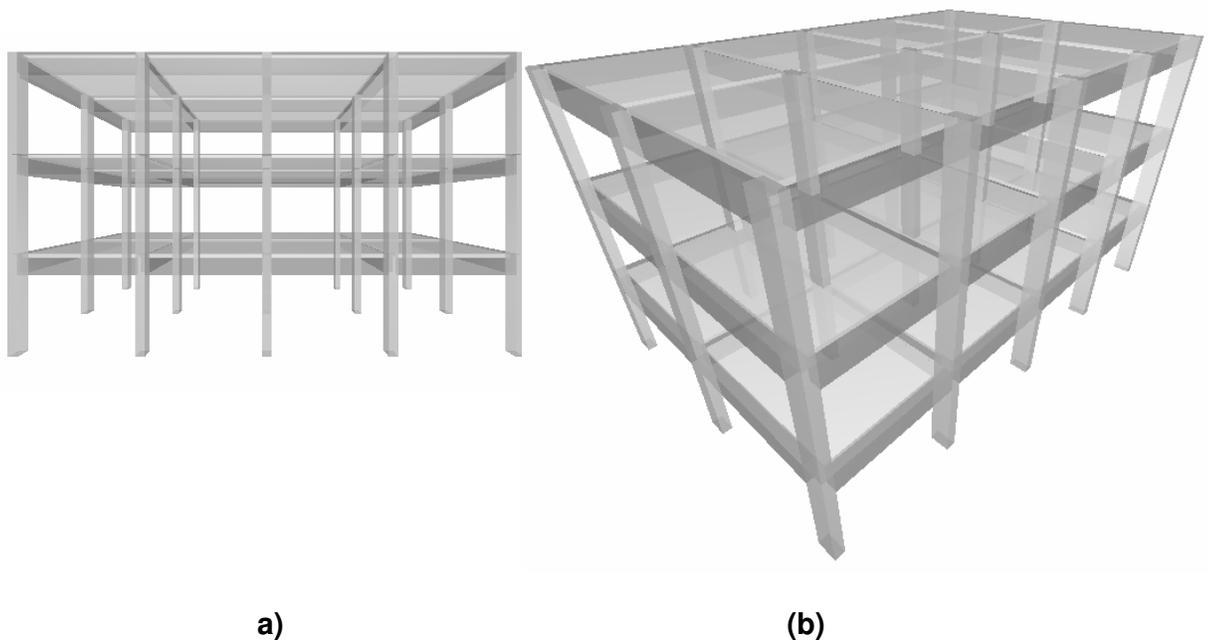


Figura N° 27: Vistas 3d

6.2.4 Simple D1

Estructura de tres pisos, cuatro crujiás en el eje X y una crujiá con voladizo en el eje Y.

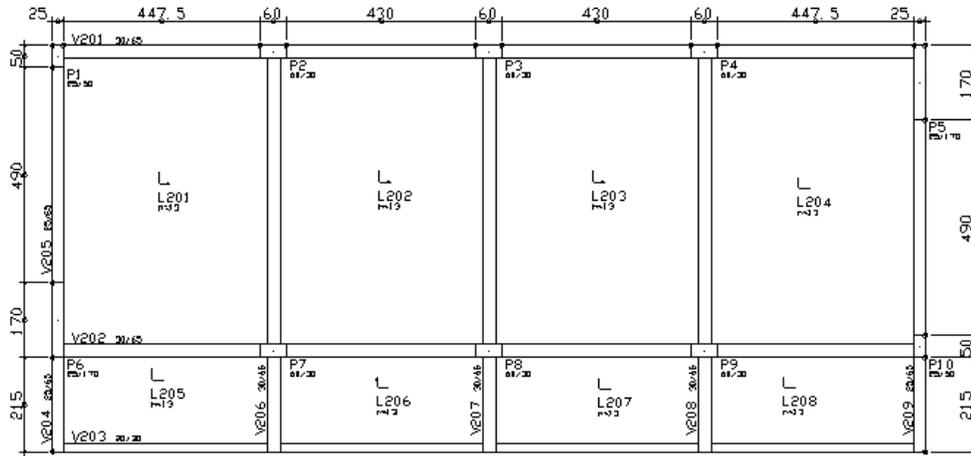


Figura N° 28: Vista en Planta

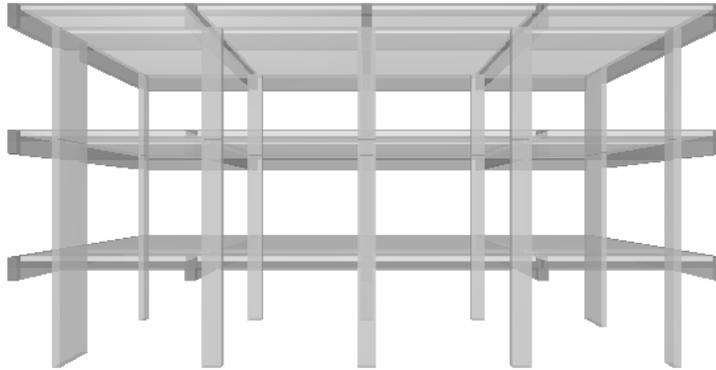
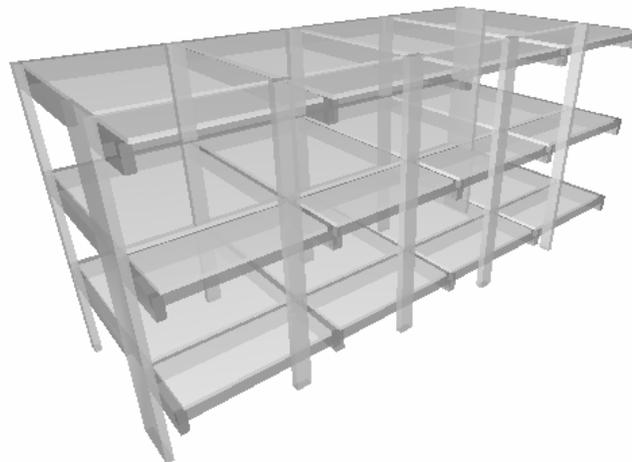


Figura N° 29: Vistas en 3d



6.3 Estructuras compuestas.

6.3.1 Compleja A

Estructura de seis pisos con tres crujeas en cada eje.

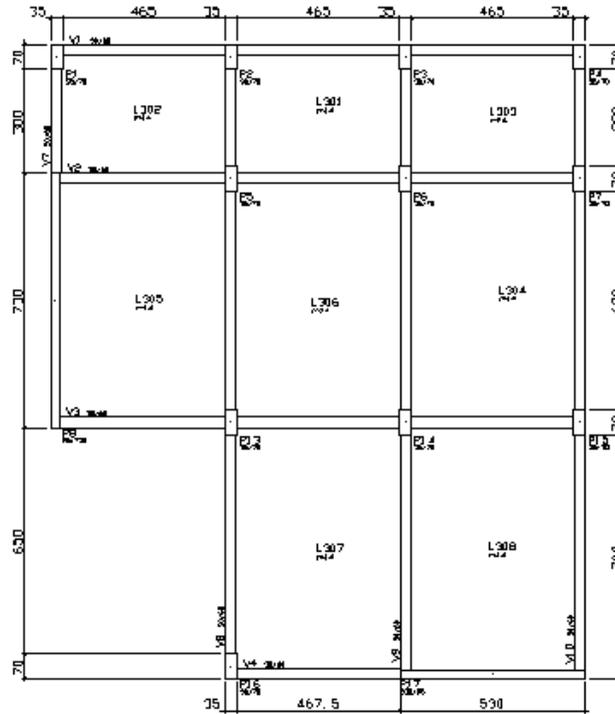


Figura Nº 30: Vista en planta

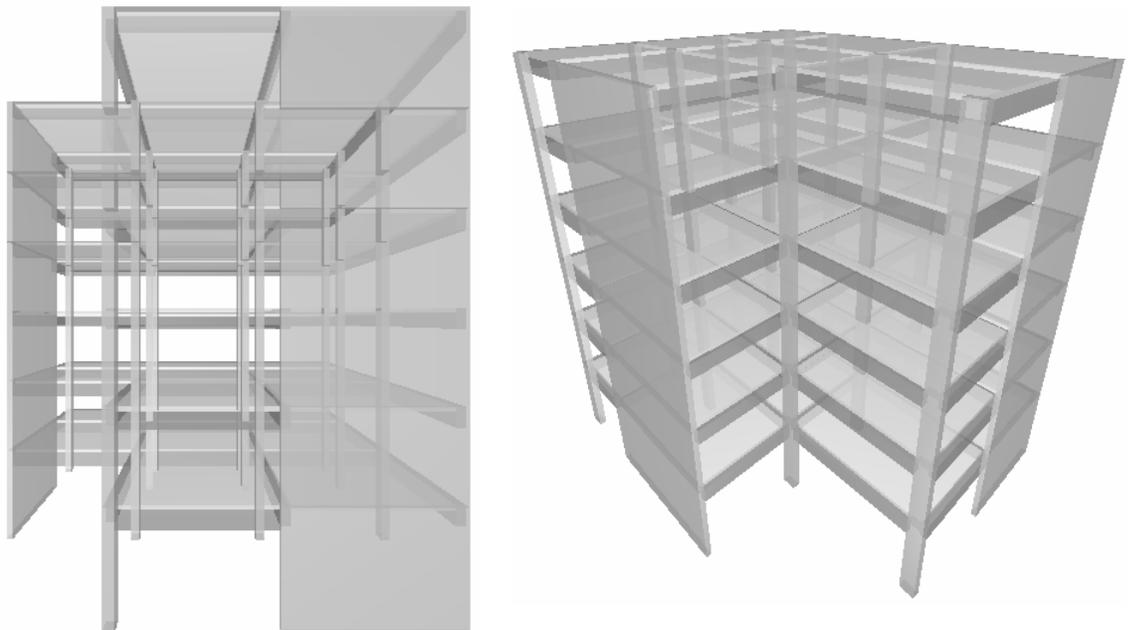


Figura Nº 31: Vistas 3d

6.3.2 Compleja B

Estructura de 12 pisos con arquitectura irregular

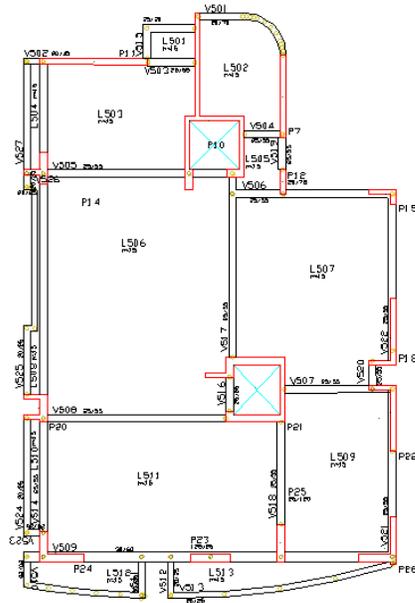


Figura Nº 32: Vista en planta

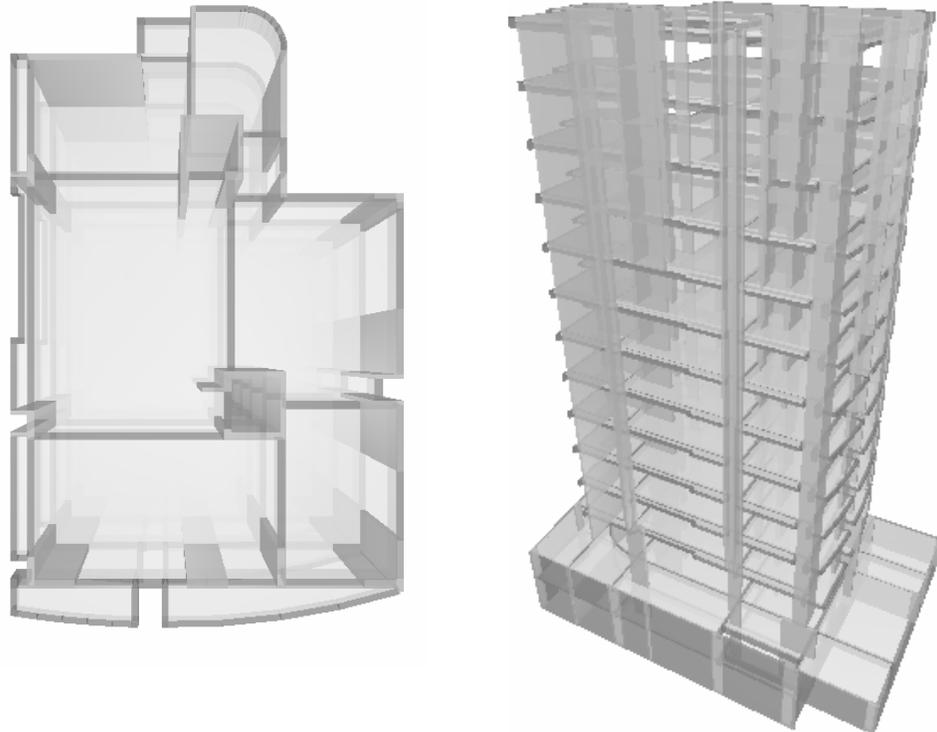


Figura Nº 33: Vista en 3d

6.4 Características mecánicas de los elementos.

a. **Peso específico del concreto**

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 (kg/m³). El peso unitario (densidad) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, los mismos que a su vez están influenciados por el tamaño máximo del agregado. Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo tiene un peso de 2400 kg/m³, el cual sirve de ayuda para el cálculo del peso de vigas, columnas, losas, placas, zapatas, etc.

b. **Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad, denotado por medio del símbolo E, se puede definir como la relación del esfuerzo normal, la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite de proporcionalidad de un material. Para concretos de peso normal, E fluctúa entre 140,600 y 422,000 Kg/cm², y se puede aproximar como 15,100 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

Por el Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma E-060 Concreto Armado es igual:

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots (9)$$

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua–Cemento y la edad, o el grado a que haya

progresado la hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

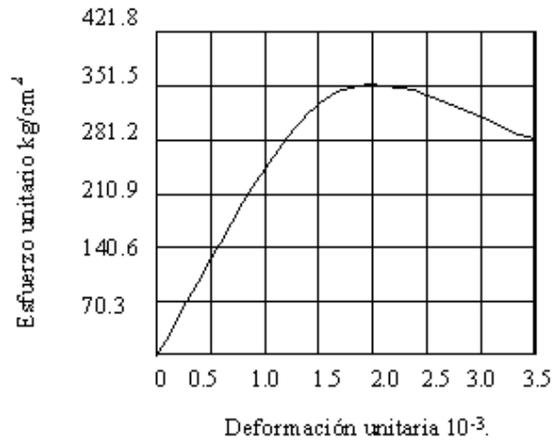


Figura Nº 34: Esfuerzo unitario vs. Deformación unitaria del concreto

c. Módulo de Poisson

El valor de este parámetro para el concreto armado oscila entre 0.15 y 0.20.

d. Carga Muerta:

Incluye el peso de pórticos, muros, techos y todas las cargas permanentes de equipos y materiales.

e. Carga Viva:

Incluye las sobrecargas que van a ser aplicadas a las estructuras; estas sobrecargas que se encuentran detalladas en la Norma E.020 de Cargas las cuales no deben ser menores a esas.

f. Carga de Sismo:

Las previsiones de cargas sísmicas se han considerando para la zona 3 del RNE-E.030.2003 y realizando la comparación del Análisis Estático con el Análisis Dinámico.

6.5 Bases de Diseño

Todas las estructuras de concreto fueron diseñadas por el método de cargas últimas.

Se consideró un factor mínimo de seguridad para las estructuras como:

- a. Factor de seguridad al vuelco 1.5 (1.2 con carga sísmica).
- b. Factor de seguridad al deslizamiento 1.5 (1.2 con carga sísmica).
- c. Deflexiones

Las deflexiones, debido a la carga viva, carga de viento y de sismo no excederán los siguientes valores:

- Techos, vigas y miembros secundarios: $L / 360$

d. Materiales

- Acero estructural

Las barras de acero de refuerzo para las estructuras de concreto armado serán de acuerdo a la norma ASTM A615 grado 60. Las planchas, barras y perfiles serán de acuerdo a la norma ASTM A36.

- Concreto

Cimentación y Muros $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Columnas y Placas $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Vigas y Losas $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CAPÍTULO VII

PREDIMENSIONAMIENTOS, ESPECTROS, RESULTADOS Y DISEÑOS DE LAS ESTRUCTURAS

7.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan los pre-dimensionamientos respecto a cada estructura, dependiendo de las luces y cargas que puedan tener, después se muestran los diversos espectros utilizados en las estructuras, los cuales fueron registrados para el análisis de las estructuras en el ETABS y en el Sistema TQS. A continuación se muestran los resultados que se han obtenido de los análisis efectuados:

Los resultados que se exponen son el producto de los análisis que se realizaron a las diez estructuras con los dos programas.

- a. En primer lugar se exponen los resultados del análisis con el sistema TQS los cuales van acompañados de los periodos, modos de vibración, desplazamientos y cortante en la base tanto estático como dinámico.
- b. En segundo lugar los resultados de análisis del programa ETABS, los cuales van acompañados de los periodos, modos

de vibración, desplazamientos y cortante en la base tanto estático como dinámico.

Finalmente, se verificó la efectividad del sistema TQS con un cálculo manual de vigas, losas y columnas.

7.2 Predimensionamiento de los elementos estructurales:

7.2.1 Simple A1 y simple A2*

a. Vigas

Luz máxima: 5 m

Peralte: $luz/12 = 0.42$ m; $luz/10 = 0.50$ m

Usaremos un peralte: 0.5 m

Base: $0.3h = 0.15$ m; $0.5h = 0.25$ m

Usaremos como base: 0.25m de acuerdo a norma E.060

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán de: $b=0.25$ m; $h=0.5$ m $b/h \geq 0.3$

b. Columnas

Área= $P_{servicio}/0.45f'c$ columnas que no soportan muchos pisos.

Área = $P_{servicio}/0.35f'c$ columnas internas que soportan muchos pisos

Tomando en cuenta la columna que soporta mas carga tenemos:

Área tributaria: 12.5 m²

Tomando como valor aproximado de carga que llega a la columna: 1 t/m² por piso

Peso que carga la columna primer nivel: 12.5 t

Área columna = 132.28 cm², Mínimo $A_c = 600$ cm²

* Ver planos en los anexos

Sabiendo que lado menor = 20 cm; lado mayor de la columna = 7 cm

Pero por desplazamiento usaremos columnas de:

$$25\text{cm} \times 50\text{ cm} \quad b/h \geq 0.4$$

c. Losa

$h_{\text{losa}} = \text{Perímetro}/180 \quad l/30$ para no calcular deflexiones

Perímetro = 20 m

$h_{\text{losa}} = 0.111\text{ m}$ Por lo tanto usaremos una losa maciza de 12 cm

7.2.2 Simple B1 y simple B*

a. Vigas

Luz máxima: 6 m

Peralte: $luz/12 = 0.50\text{ m}$; $luz/10 = 0.60\text{ m}$

Usaremos un peralte: 0.6 m

Base: $0.3h = 0.18\text{ m}$; $0.5h = 0.30\text{ m}$

Usaremos como base: 0.30m; de acuerdo a norma E.060

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán

de: $b=0.30\text{m}$; $h=0.60\text{m}$ $b/h \geq 0.3$

b. Columnas

Área = $P_{\text{servicio}}/0.45f'c$ columnas que no soportan muchos pisos.

Área = $P_{\text{servicio}}/0.35f'c$ columnas internas que soportan muchos pisos

Tomando en cuenta la columna que soporta más carga tenemos:

Área tributaria: 9 m²

Tomando como valor aproximado de carga que llega a la columna: 1 t/m² por piso

Peso que carga la columna en el primer nivel: 18 t

* Ver planos en los anexos

Área columna = 190.48 cm²

Sabiendo que lado menor = 20 cm

Lado mayor de la columna = 10 cm

Pero por desplazamiento usaremos columnas en L de:

25cm x 40 cm b/h ≥ 0.4

c. Losa

h losa = Perímetro/180 l/30 para no calcular deflexiones

Perímetro = 24 m

h losa = 0.133 m Por lo tanto usaremos una losa maciza de 13 cm

7.2.3 Simple C1 y simple C2*

a. Vigas

Luz máxima: 5 m

Peralte: luz/12 = 0.42 m; luz/10 = 0.50 m

Usaremos un peralte: 0.50 m

Base: 0.3h = 0.15 m; 0.5h = 0.25m

Usaremos como base: 0.25m; de acuerdo a norma E.060

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán de:

b=0.25m; h=0.50m b/h ≥ 0.3

b. Columnas

Área = Pservicio/0.45f'c columnas que no soportan muchos pisos.

Área = Pservicio/0.35f'c columnas internas que soportan muchos pisos

Tomando en cuenta la columna que soporta más carga tenemos:

* Ver planos en los anexos

Área tributaria: 20 m^2

Tomando como valor aproximado de carga que llega a la columna: 1 t/m^2 por piso

Peso que carga la columna en el primer nivel: 60 t

Área columna = 634.92 cm^2

Sabiendo que lado menor = 20 cm

Lado mayor de la columna = 32 cm

Pero por desplazamiento usaremos columnas de: $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$

$b/h \geq 0.4$

c. Losa

$h \text{ losa} = \text{Perímetro}/180 \quad l/30$ para no calcular deflexiones

Perímetro = 18 m

$h \text{ losa} = 0.10 \text{ m}$

Por lo tanto usaremos una losa maciza de 10 cm

7.2.4 Simple D1 y simple D2*

a. Vigas

Luz máxima: 6.80 m

Peralte: $\text{luz}/12 = 0.57 \text{ m}$; $\text{luz}/10 = 0.68 \text{ m}$

Usaremos un peralte: 0.65 m

Base : $0.3h = 0.204 \text{ m}$; $0.5h = 0.34 \text{ m}$

Usaremos como base: 0.30 m ; de acuerdo a norma E.060

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán de:

$b=0.30 \text{ m}$; $h=0.65 \text{ m}$ $b/h \geq 0.3$

Y las vigas secundarias serán de:

$b=0.25 \text{ m}$; $h=0.65 \text{ m}$ $b/h \geq 0.3$

* Ver planos en los anexos

b. Columnas

Área=Pservicio/0.45f'c columnas que no soportan muchos pisos.

Área=Pservicio/0.35f'c columnas internas que soportan muchos pisos

Tomando en cuenta la columna que soporta más carga tenemos:

Área tributaria: 22.3 m²

Tomando como valor aproximado de carga que llega a la columna: 1 t/m² por piso.

Peso que carga la columna en el primer nivel: 67 t

Área columna = 708.99 cm²

Sabiendo que lado menor = 20 cm

Lado mayor de la columna = 35 cm

Pero por desplazamiento usaremos columnas de: 25cm x 60 cm b/h ≥ 0.4

c. Losa

hlosa = Perímetro/180 l/30 para no calcular deflexiones

Perímetro =23.40 m

hlosa= 0.13 m

Por lo tanto usaremos una losa maciza de 13 cm

7.2.5 Compleja A*

a. Vigas

Luz máxima: 6.80 m

Peralte: luz/12 = 0.57 m; luz/10 = 0.68 m

Usaremos un peralte: 0.60 m

Base:0.3h = 0.204 m; 0.5h = 0.34 m

Usaremos como base: 0.30 m; de acuerdo a norma E.060

* Ver planos en los anexos

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán de: $b=0.30\text{m}$; $h=0.60\text{m}$ $b/h \geq 0.3$

b. Columnas

$\text{Área} = P_{\text{servicio}} / 0.45f'_c$ columnas que no soportan muchos pisos.

$\text{Área} = P_{\text{servicio}} / 0.35f'_c$ columnas internas que soportan muchos pisos

Tomando en cuenta la columna que soporta más carga tenemos:

Área tributaria: 36 m^2

Tomando como valor aproximado de carga que llega a la columna: 1 t/m^2 por piso

Peso que carga la columna en el primer nivel: 216 t

Área columna = 2285.71 cm^2

Sabiendo que lado menor = 30 cm

Lado mayor de la columna = 76 cm

Pero por desplazamiento usaremos columnas de: $35\text{cm} \times 70 \text{ cm}$

$b/h \geq 0.4$

c. Losa

$h_{\text{losa}} = \text{Perímetro} / 180 \quad l/30$ para no calcular deflexiones

Perímetro = 25.0 m

$h_{\text{losa}} = 0.139 \text{ m}$ Por lo tanto usaremos una losa maciza de 14 cm

7.2.6 Compleja B*

a. Vigas

Luz máxima: 6.40 m

Peralte: $luz/12 = 0.53$ m; $luz/10 = 0.64$ m

Usaremos un peralte: 0.55 m

Base: $0.3h = 0.192$ m; $0.5h = 0.32$ m

Usaremos como base: 0.25 m; de acuerdo a norma E.060

Por lo tanto las vigas principales (que soportan sismo) serán de:

$$b=0.25\text{m}; h=0.55\text{m} \quad b/h \geq 0.3$$

b. Placas

Se usaron los siguientes anchos de placas: 15 cm, 20 cm, 25 cm

$$b/h \geq 0.4$$

c. Losa

h losa = $\text{Perímetro}/180$ $l/30$ para no calcular deflexiones

Perímetro = 27.0 m

h losa = 0.15 m Por lo tanto usaremos una losa maciza de 15 cm

* Ver planos en los anexos

7.3 Espectros de diseño:

7.3.1 Simple A1 y simple A2

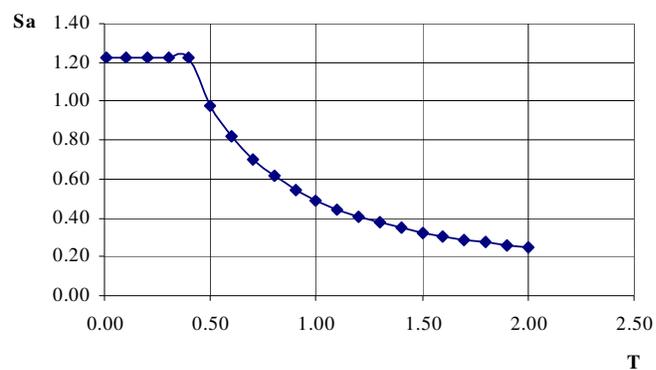
$$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 8; T_p = 0.4; g = 9.806 \text{ m/s}^2$$

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	1.23
0.10	2.50	1.23
0.20	2.50	1.23
0.30	2.50	1.23
0.40	2.50	1.23
0.50	2.00	0.98
0.60	1.67	0.82
0.70	1.43	0.70
0.80	1.25	0.61
0.90	1.11	0.54
1.00	1.00	0.49
1.10	0.91	0.45
1.20	0.83	0.41
1.30	0.77	0.38
1.40	0.71	0.35
1.50	0.67	0.33
1.60	0.63	0.31
1.70	0.59	0.29
1.80	0.56	0.27
1.90	0.53	0.26
2.00	0.50	0.25

Espectro de pseudo aceleraciones



7.3.2 Simple B1 y simple B2

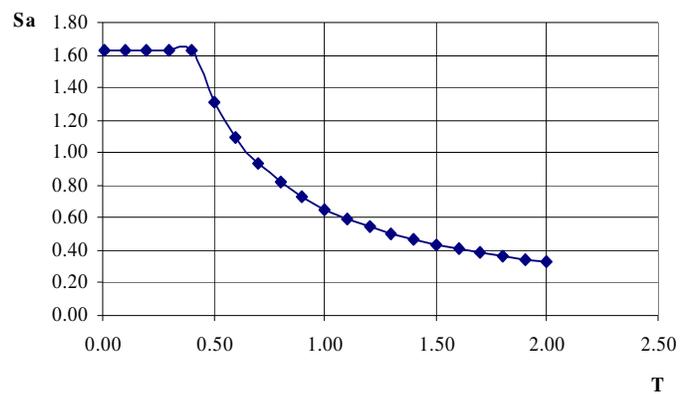
$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 6; T_p = 0.4; g = 9.806 \text{ m/s}^2$

$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	1.63
0.10	2.50	1.63
0.20	2.50	1.63
0.30	2.50	1.63
0.40	2.50	1.63
0.50	2.00	1.31
0.60	1.67	1.09
0.70	1.43	0.93
0.80	1.25	0.82
0.90	1.11	0.73
1.00	1.00	0.65
1.10	0.91	0.59
1.20	0.83	0.54
1.30	0.77	0.50
1.40	0.71	0.47
1.50	0.67	0.44
1.60	0.63	0.41
1.70	0.59	0.38
1.80	0.56	0.36
1.90	0.53	0.34
2.00	0.50	0.33

Espectro de pseudo aceleraciones



7.3.3 Simple C1 y simple C2

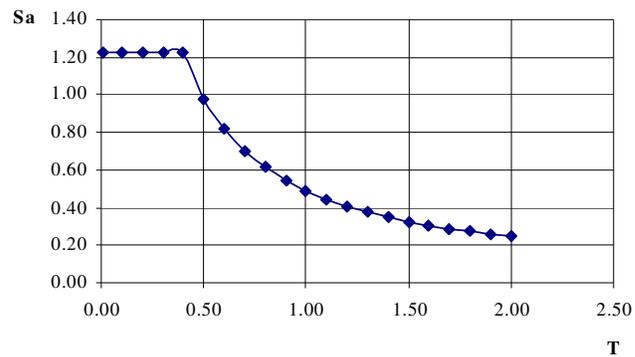
$$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 8; T_p = 0.4; g = 9.806\text{m/s}^2$$

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	1.23
0.10	2.50	1.23
0.20	2.50	1.23
0.30	2.50	1.23
0.40	2.50	1.23
0.50	2.00	0.98
0.60	1.67	0.82
0.70	1.43	0.70
0.80	1.25	0.61
0.90	1.11	0.54
1.00	1.00	0.49
1.10	0.91	0.45
1.20	0.83	0.41
1.30	0.77	0.38
1.40	0.71	0.35
1.50	0.67	0.33
1.60	0.63	0.31
1.70	0.59	0.29
1.80	0.56	0.27
1.90	0.53	0.26
2.00	0.50	0.25

Espectro de pseudo aceleraciones



7.3.4 Simple D1 y simple D2

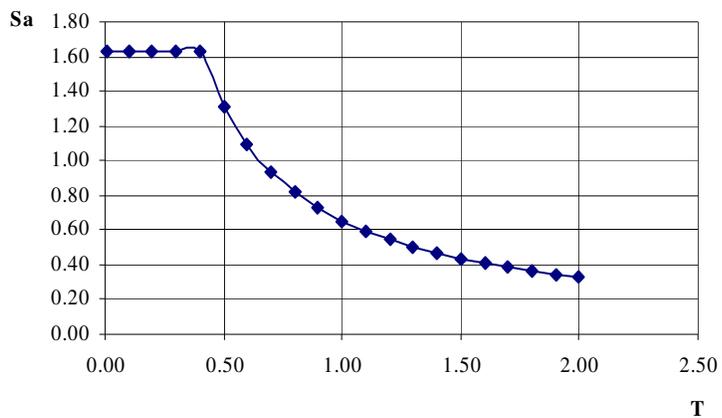
$$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 6; T_p = 0.4; g = 9.806 \text{ m/s}^2$$

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	1.63
0.10	2.50	1.63
0.20	2.50	1.63
0.30	2.50	1.63
0.40	2.50	1.63
0.50	2.00	1.31
0.60	1.67	1.09
0.70	1.43	0.93
0.80	1.25	0.82
0.90	1.11	0.73
1.00	1.00	0.65
1.10	0.91	0.59
1.20	0.83	0.54
1.30	0.77	0.50
1.40	0.71	0.47
1.50	0.67	0.44
1.60	0.63	0.41
1.70	0.59	0.38
1.80	0.56	0.36
1.90	0.53	0.34
2.00	0.50	0.33

Espectro de pseudo aceleraciones



7.3.5 Compleja A

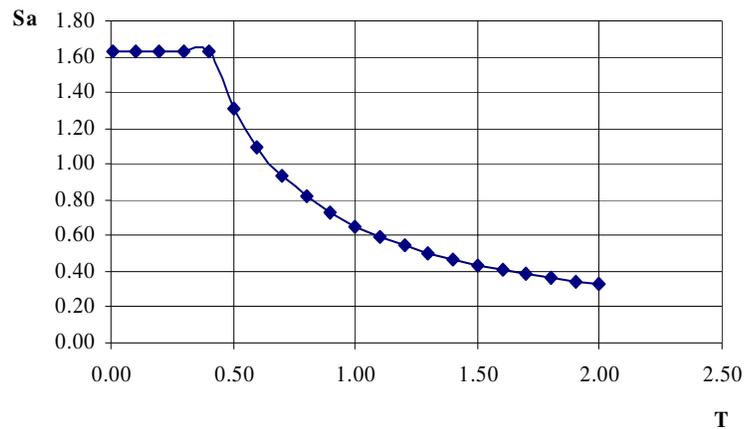
$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 6; T_p = 0.4; g = 9.806 \text{ m/s}^2$

$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	1.63
0.10	2.50	1.63
0.20	2.50	1.63
0.30	2.50	1.63
0.40	2.50	1.63
0.50	2.00	1.31
0.60	1.67	1.09
0.70	1.43	0.93
0.80	1.25	0.82
0.90	1.11	0.73
1.00	1.00	0.65
1.10	0.91	0.59
1.20	0.83	0.54
1.30	0.77	0.50
1.40	0.71	0.47
1.50	0.67	0.44
1.60	0.63	0.41
1.70	0.59	0.38
1.80	0.56	0.36
1.90	0.53	0.34
2.00	0.50	0.33

Espectro de pseudo aceleraciones



7.3.6 Compleja B

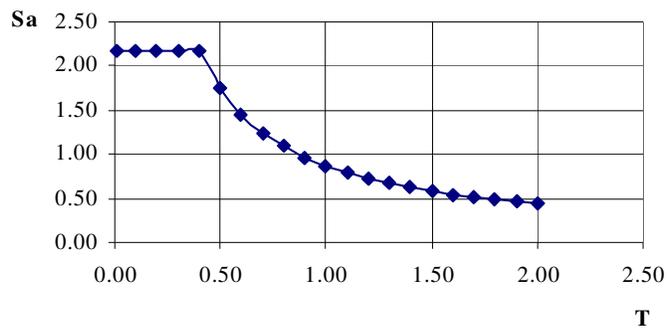
$Z = 0.4; U = 1; S = 1; R = 4.5; T_p = 0.4; g = 9.806 \text{ m/s}^2$

$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5$

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

T	C	Sa
0.01	2.50	2.18
0.10	2.50	2.18
0.20	2.50	2.18
0.30	2.50	2.18
0.40	2.50	2.18
0.50	2.00	1.74
0.60	1.67	1.45
0.70	1.43	1.25
0.80	1.25	1.09
0.90	1.11	0.97
1.00	1.00	0.87
1.10	0.91	0.79
1.20	0.83	0.73
1.30	0.77	0.67
1.40	0.71	0.62
1.50	0.67	0.58
1.60	0.63	0.54
1.70	0.59	0.51
1.80	0.56	0.48
1.90	0.53	0.46
2.00	0.50	0.44

Espectro de pseudo aceleraciones



7.4 Resultado de los Análisis

7.4.1 Estructuras simples.

7.4.1.1 Simple A1

Datos generales:

	Datos	Clasificación	
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z =	0.4
Suelo	S1	S1 → S =	1
		$T_p =$	0.4
Uso	Categoría C	U =	1
		s/c =	25%
Rx	porticos	R =	8
Ry	porticos	R =	8

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5 \quad T = h_n / CT$$

$$h_n = 3.50 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 35$$

$$T_x = 0.100; \quad T_y = 0.100$$

$$C_x = 10 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 10 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$ZUSC/R = 0.125 \text{ (en x)}$$

$$ZUSC/R = 0.125 \text{ (en y)}$$

a) Programa TQS

Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el

Método Estático:

Pesos totales:

$$1\text{er piso} \quad 36.31 \text{ t}$$

$$\text{Total} = \quad 36.31 \text{ t}$$

$$V_x = 4.54 \text{ t}$$

$$V_y = 4.54 \text{ t}$$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
1	36.31	3.5	127.09	4.54	4.54
	36.31		127.09		

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	4.143	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	4.143	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	4.142	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	4.142	0

V estática X = 4.54 t; V dinámico X = 4.143t

V estática Y = 4.54 t; V dinámico Y = 4.142t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 2.45 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso1	3.5	3.5	0.11	0.66	0.66

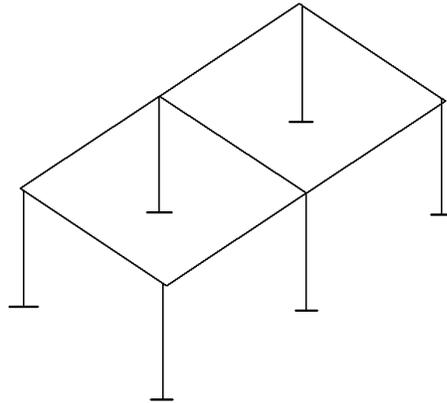
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso1	3.5	3.5	0.09	0.54	0.54

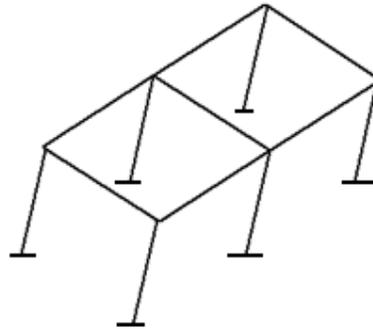
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0.19
2	0.169
3	0.144

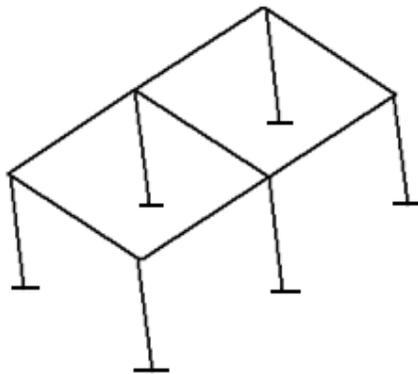
Estructura sin deformar



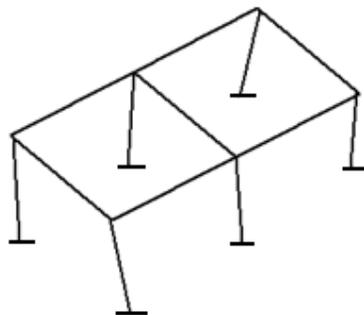
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b) Programa ETABS

Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el

Método Estático:

Pesos totales:

1er piso: 37.45 t

Total = 37.45 t

$V_x = 4.68 \text{ t}$

$V_y = 4.68 \text{ t}$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
1	37.45	3.5	131.08	4.68	4.68
	37.45		131.08		

• Cálculo de la Cortante Dinámica

V estática X = 4.68 t; V dinámico X = 4.22t

V estática Y = 4.68 t; V dinámico Y = 4.22t

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	4.22	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	4.22	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	4.22	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	4.22	0

V estática X = 4.68 t V dinámico X = 4.22 t

V estática Y = 4.68 t V dinámico Y = 4.22 t

Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$

$\Delta_{max} = 2.45 \text{ cm}$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D.entrepisos (cm)
Piso1	3.5	3.5	0.1182	0.7092	0.7092

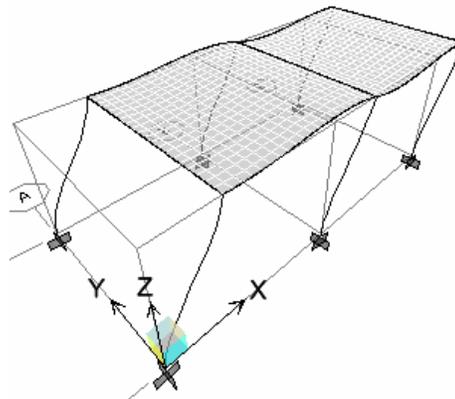
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D.entrepisos (cm)
Piso1	3.5	3.5	0.0935	0.561	0.561

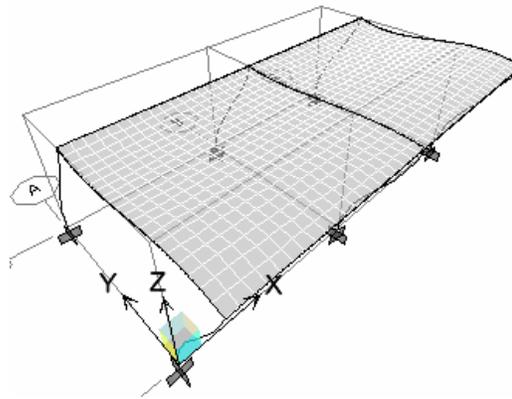
Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0.19482
2	0.17335
3	0.12739

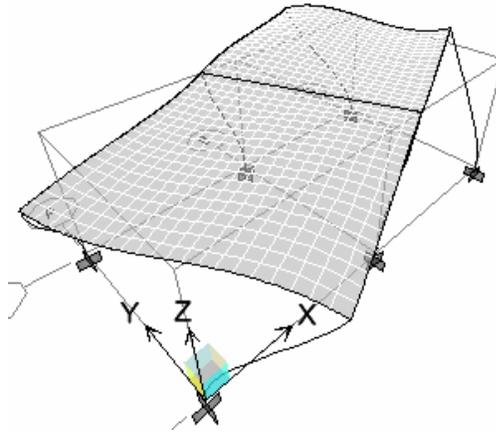
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.2 Simple A2

Datos generales:

	Datos	Clasificación	
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0.4	
Suelo	S1	S1 → S = 1	
		$T_p = 0.4$	
Uso	Categoría C	U = 1	
		s/c = 25%	
Rx	porticos	R = 8	
Ry	porticos	R = 8	

Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5 \quad T = h_n / CT$$

$$h_n = 6.50 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 35$$

$$T_x = 0.186; \quad T_y = 0.186$$

$$C_x = 5.38 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 5.38 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$Z_{USC}/R = 0.125 \text{ (en x)}$$

$$Z_{USC}/R = 0.125 \text{ (en y)}$$

a) Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

2do piso: 34.35 t

1er piso: 38.70 t

Total = 72.85 t

Vx = 9.11 t

Vy = 9.11 t

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
2	34,35	3	103,05	3,95	3,95
1	38,50	3,5	134,75	5,16	9,11
S=	72,85	S=	237,80		

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	8,242	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,467	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	8,258	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	8,045	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0,664	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	8,075	0

V estática X =9.11 t; V dinámico X = 8.26 t

V estática Y =9.11 t; V dinámico Y = 8.08 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$

$\Delta_{max} = 4.55 \text{ cm}$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso 2	3	6,5	0,39	2,34	0,9
Piso 1	3,5	3,5	0,24	1,44	1,44

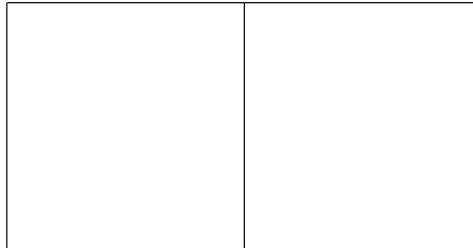
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso 2	3	6,5	0,35	2,1	0,96
Piso 1	3,5	3,5	0,19	1,14	1,14

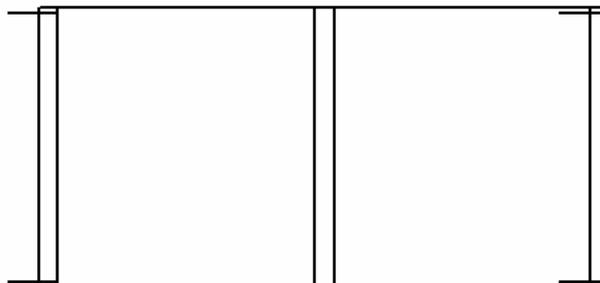
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0.325
2	0.304
3	0.258
4	0.102
5	0.089
6	0.076

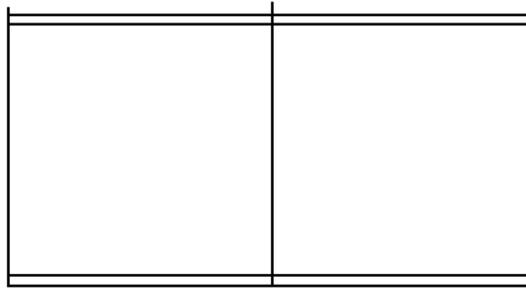
Estructura sin deformar



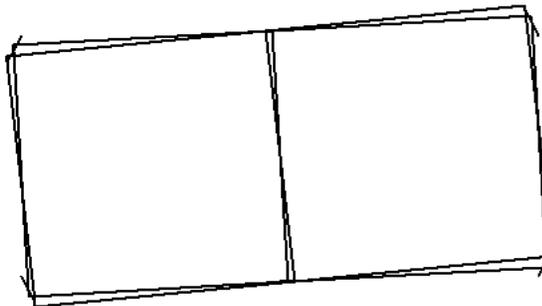
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b) Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

2do piso 37.45 t

1er piso 38.70 t

Total = 76.15 t

$V_x = 9.52 \text{ t}$

$V_y = 9.52 \text{ t}$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
2	37,45	3	112,35	4,32	4,32
1	38,70	3,5	135,45	5,20	9,52

S= 76,15

S= 247,80

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	8,2	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,46	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	8,22	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	8,01	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0,65	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	8,04	0

V estática X = 9.52 t; V dinámico X = 8.22 t

V estática Y = 9.52 t; V dinámico Y = 8.04 t

V dinámico > 0.8 V estático

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 4.55 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso 2	3	6,5	0,3993	2,40	0,91
Piso 1	3,5	3,5	0,2477	1,49	1,49

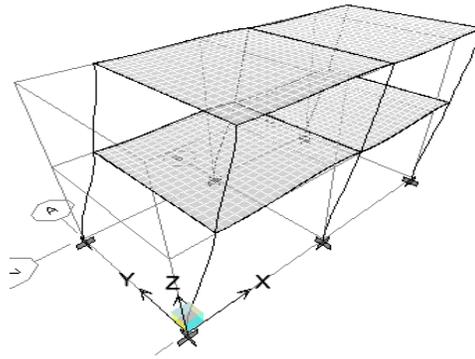
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
Piso 2	3	6,5	0,356	2,14	0,94
Piso 1	3,5	3,5	0,2	1,20	1,20

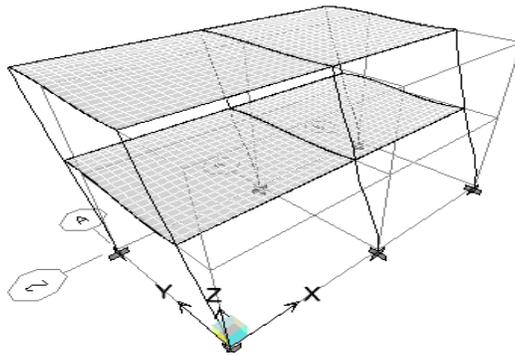
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0.329
2	0.308
3	0.224
4	0.104
5	0.091
6	0.068

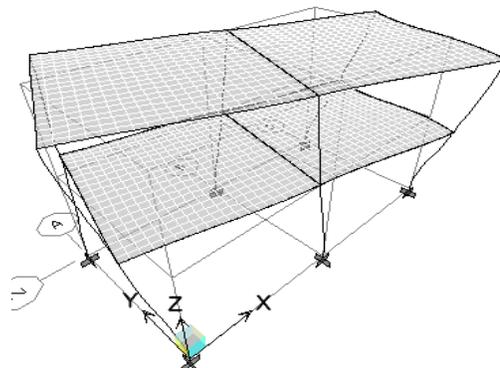
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.3 Simple B1

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 Tp = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
Rx	pórticos	R = 6
Ry	pórticos	R = 6

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p / T); C \leq 2.5 \quad T = h_n / C_T$$

$$h_n = 10.00 \text{ m}$$

$$C_{Tx} = 35; \quad C_{Ty} = 35$$

$$T_x = 0.286; \quad T_y = 0.286$$

$$C_x = 3.5 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 3.5 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$Z_{USC}/R = 0.167 \text{ (en x)}$$

$$Z_{USC}/R = 0.167 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

$$2\text{do piso: } 30.62 \text{ t}$$

$$1\text{er piso: } 33.92 \text{ t}$$

$$\text{Total} = 64.54 \text{ t}$$

$$V_x = 10.76 \text{ t} \quad ; \quad V_y = 10.76 \text{ t}$$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
2	30,62	10	306,18	6,461	6,46
1	33,92	6,0	203,51	4,295	10,76

$$S = 64,54$$

$$S = 509,68$$

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	0,404	1,744	0
SISMOXX	2	U1	7,521	-1,744	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,123	-0,139	0
SISMOXX	5	U1	0,157	0,139	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	7,931	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	1,744	7,521	0
SISMOYY	2	U2	-1,744	0,404	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	-0,139	0,157	0
SISMOYY	5	U2	0,139	0,123	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	7,931	0

V estática X =10.76 t; V dinámico X = 7.931 t

V estática Y =10.76 t; V dinámico Y = 7.931 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 7.00 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO2	6	10	0,93	4,185	1,215
PISO1	4	4	0,66	2,970	2,970

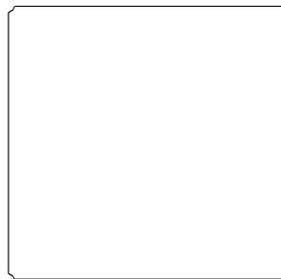
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO2	6	10	0,93	4,185	1,215
PISO1	4	4	0,66	2,970	2,970

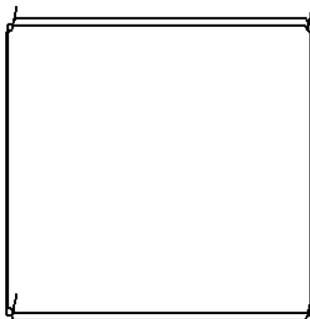
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,484
2	0,484
3	0,427
4	0,125
5	0,125
6	0,109
7	0,032
8	0,032
9	0,032
10	0,031
11	0,017
12	0,015

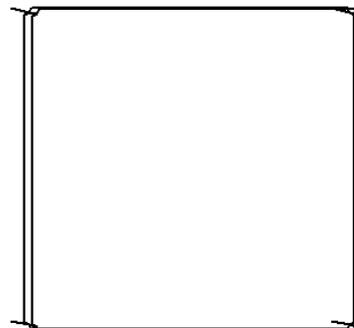
Estructura sin deformar



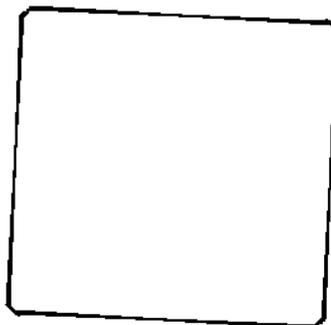
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b) Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

2do piso 31.57 t

1er piso 36.07 t

Total = 67.64 t

Vx = 11.27 t

Vy = 11.27 t

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
2	31,57	10	315,70	6,69	6,69
1	36,07	6,0	216,42	4,59	11,27

S= 67,64

S= 532,12

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	7,95	-0,08	0
SISMOXX	2	U1	0	0,08	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,29	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	7,96	0	0
Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	-0,08	0	0
SISMOYY	2	U2	0,08	7,95	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0,29	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	7,96	0

V estática X =11.27 t; V dinámico X =7.96 t.

V estática Y =11.27 t; V dinámico Y = 7.96 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 7.00 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO2	6	10	0,9575	4,309	1,255
PISO1	4	4	0,6786	3,054	3,054

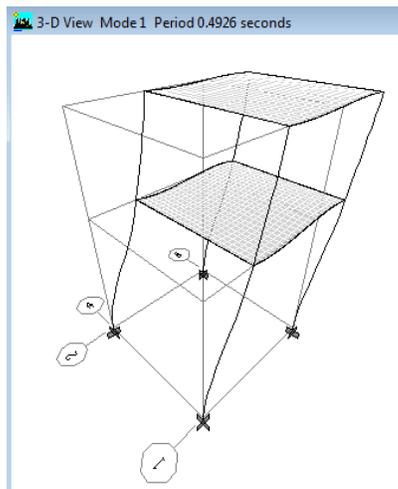
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumul. (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO2	6	10	0,9575	4,309	1,255
PISO1	4	4	0,6786	3,054	3,054

- Modos de Vibración

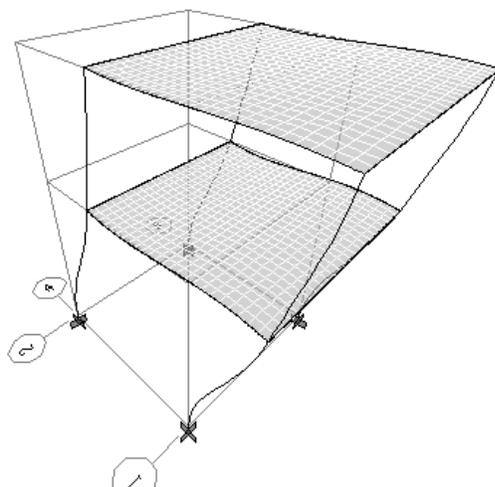
Modo	Periodo
1	0,49259
2	0,49259
3	0,3717
4	0,12772
5	0,12772
6	0,09901
7	0,00696
8	0,00696
9	0,00632
10	0,00632
11	0,00529
12	0,00514

Modo 1

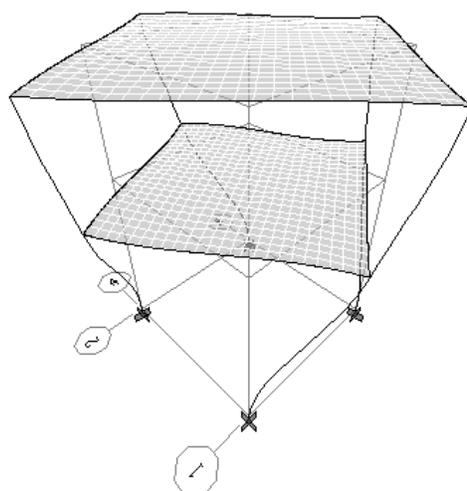


Modo 2

3-D View Mode 2 Period 0.4926 seconds



3-D View Mode 3 Period 0.3717 seconds



7.4.1.4 Simple B2

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
R _x	pórticos	R = 6
R _y	pórticos	R = 6

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 16.00 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 35$$

$$T_x = 0.457; \quad T_y = 0.457$$

$$C_x = 2.19$$

$$C_y = 2.19$$

$$ZUSC/R = 0.146 \text{ (en x)}$$

$$ZUSC/R = 0.146 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

4to piso: 28.19 t

3er Piso: 31.49 t

2do piso: 31.49 t

1er piso: 31.49 t

Total = 122.65 t

$V_x = 17.91 \text{ t}$

$V_y = 17.91 \text{ t}$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
4	28,19	16,0	451,00	5,92	5,92
3	31,49	13,0	409,34	5,37	11,29
2	31,49	10,0	314,88	4,13	15,43
1	31,49	6,0	188,93	2,48	17,91
S=	122,65	S=	1364,14		

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	8,813	2,182	0
SISMOXX	2	U1	0,54	-2,182	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,705	-0,324	0
SISMOXX	5	U1	0,149	0,324	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	9,397	0	0
Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	2,182	0,54	0
SISMOYY	2	U2	-2,182	8,813	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	-0,324	0,149	0
SISMOYY	5	U2	0,324	0,705	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	9,397	0

V estática X =17.91 t; V dinámico X = 9.397 t

V estática Y =17.91 t; V dinámico Y = 9.397 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 11.20 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO4	3	16	1,55	6,975	0,450
PISO3	3	13	1,45	6,525	0,810
PISO2	6	10	1,27	5,715	1,980
PISO1	4	4	0,83	3,735	3,735

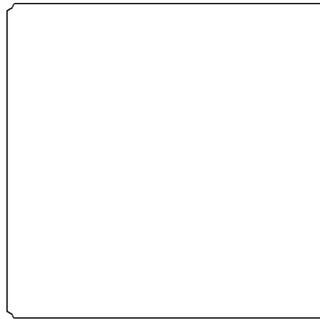
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO4	3	16	1,55	6,975	0,450
PISO3	3	13	1,45	6,525	0,810
PISO2	6	10	1,27	5,715	1,980
PISO1	4	4	0,83	3,735	3,735

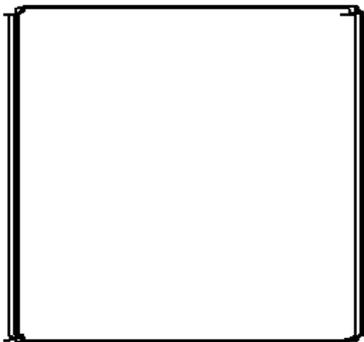
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,795
2	0,795
3	0,703
4	0,204
5	0,204
6	0,18

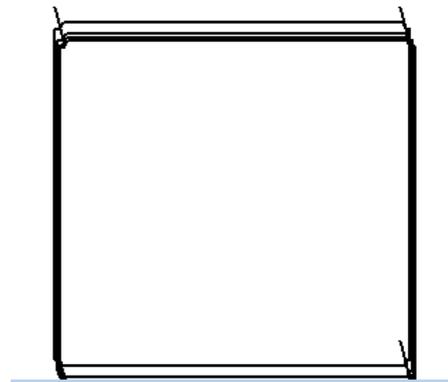
Estructura sin deformar



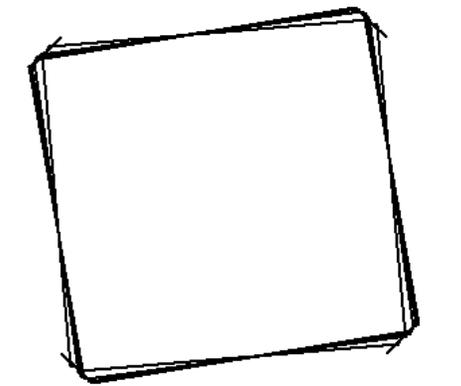
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

4to piso: 29.77 t

3er Piso: 31.57 t

2do piso: 31.57 t

1er piso: 36.07 t

Total = 128.98 t

Vx = 18.83 t

Vy = 18.83 t

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
4	29,77	16,0	476,32	6,32	6,32
3	31,57	13,0	410,41	5,45	11,77
2	31,57	10,0	315,70	4,19	15,96
1	36,07	6,0	216,42	2,87	18,83

S= 128,98

S= 1418,85

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	9,27	0,03	0
SISMOXX	2	U1	0	-0,03	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	0,88	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	9,32	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0,03	0	0
SISMOYY	2	U2	-0,03	9,27	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0

SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0,88	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	9,32	0

V estática X =18.83 t; V dinámico X = 9.32 t

V estática Y =18.83 t; V dinámico Y = 9.32 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 11.20 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO4	3	16	1,5935	7,171	0,476
PISO3	3	13	1,4878	6,695	0,867
PISO2	6	10	1,2952	5,828	2,051
PISO1	4	4	0,8394	3,777	3,777

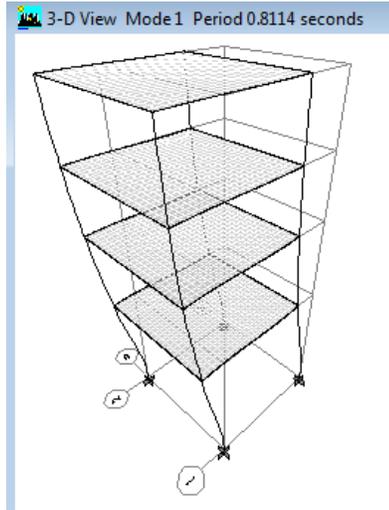
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO4	3	16	1,5935	7,171	0,476
PISO3	3	13	1,4878	6,695	0,867
PISO2	6	10	1,2952	5,828	2,051
PISO1	4	4	0,8394	3,777	3,777

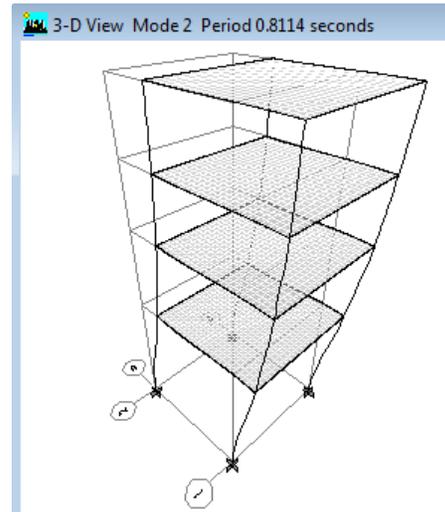
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,8114
2	0,8114
3	0,6021
4	0,2092
5	0,2092
6	0,1586

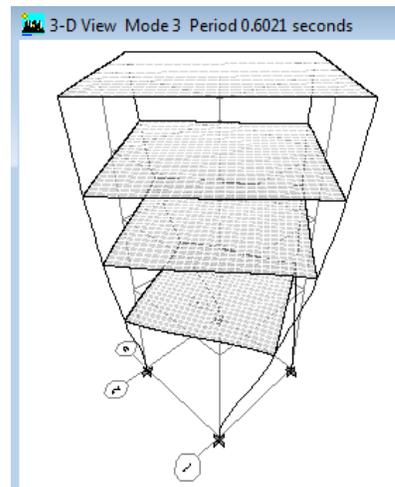
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.5 Simple C1

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
R _x	pórticos	R = 8
R _y	pórticos	R = 8

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 9.00 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 35$$

$$T_x = 0.257; \quad T_y = 0.257$$

$$C_x = 3.89 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 3.89 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$ZUSC/R = 0.125 \text{ (en x)}$$

$$ZUSC/R = 0.125 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

3er Piso: 107.74 t

2do piso: 121.24 t

1er piso: 121.24 t

Total = 350.21 t

$V_x = 43.78 \text{ t}$

$V_y = 43.78 \text{ t}$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	107,74	9,0	969,62	20,60	20,60
2	121,24	6,0	727,42	15,45	36,05
1	121,24	3,0	363,71	7,73	43,78

S= 350,21

S= 2060,75

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	38,068	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	3,773	0	0

SISMOXX	5	U1	0,702	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	7	U1	0	0	0
SISMOXX	8	U1	0	0	0
SISMOXX	9	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	38,293	0	0
Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	36,149	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	7	U2	0	5,012	0
SISMOYY	8	U2	0	0	0
SISMOYY	9	U2	0	1,378	0
SISMOYY	All	All	0	36,555	0

V estática X =43.78 t; V dinámico X = 38.29 t

V estática Y =43.78 t; V dinámico Y = 36.56 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 6.30 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3	9	0,58	3,480	0,720
PISO2	3	6	0,46	2,760	1,320
PISO1	3	3	0,24	1,440	1,440

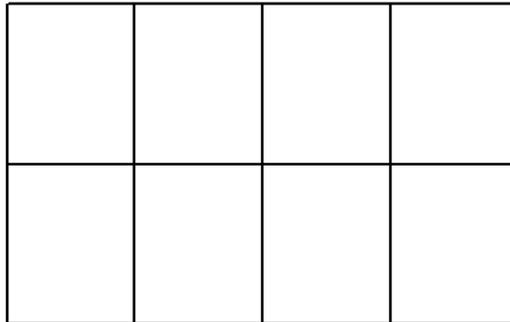
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3	9	0,29	1,740	0,480
PISO2	3	6	0,21	1,260	0,720
PISO1	3	3	0,09	0,540	0,540

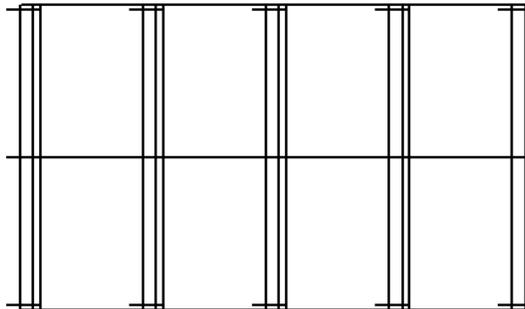
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,389
2	0,272
3	0,269
4	0,134
5	0,088
6	0,085
7	0,084
8	0,049
9	0,047

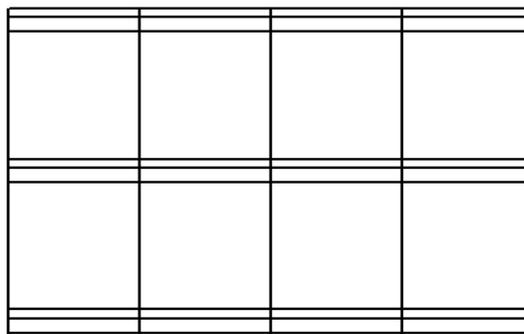
Estructura sin deformar



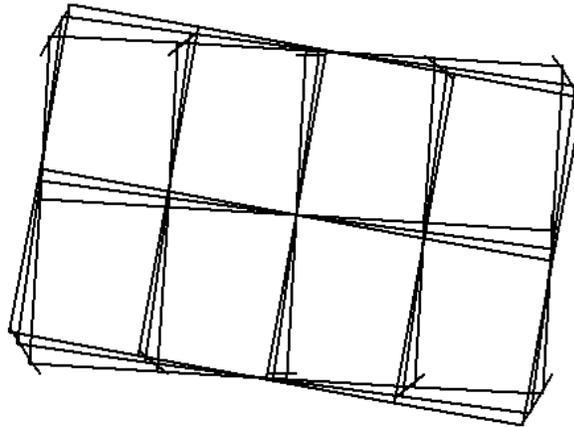
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

3er Piso: 120.17 t

2do piso: 124.18 t

1er piso: 124.18 t

Total = 368.53 t

Vx = 46.07 t

Vy = 46.07 t

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	120,17	9,0	1081,53	22,66	22,66
2	124,18	6,0	745,08	15,61	38,26
1	124,18	3,0	372,54	7,80	46,07

S= 368,53

S= 2199,15

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	39,22	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0

SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	3,93	0	0
SISMOXX	5	U1	0,74	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	7	U1	0	0	0
SISMOXX	8	U1	0	0	0
SISMOXX	9	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	39,45	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	37,58	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	0	0
SISMOYY	6	U2	0	5,17	0
SISMOYY	7	U2	0	0	0
SISMOYY	8	U2	0	1,38	0
SISMOYY	9	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	38	0

V estática X =46.07 t; V dinámico X = 39.45 t

V estática Y =46.07 t; V dinámico Y = 38.0 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 6.30 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3	9	0,6245	3,747	0,797
PISO2	3	6	0,4917	2,950	1,444
PISO1	3	3	0,2511	1,507	1,507

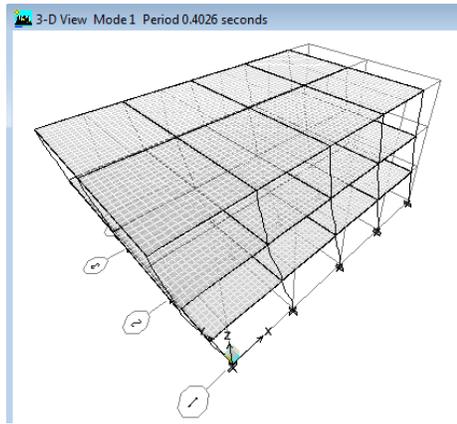
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3	9	0,3236	1,942	0,540
PISO2	3	6	0,2336	1,402	0,785
PISO1	3	3	0,1027	0,616	0,616

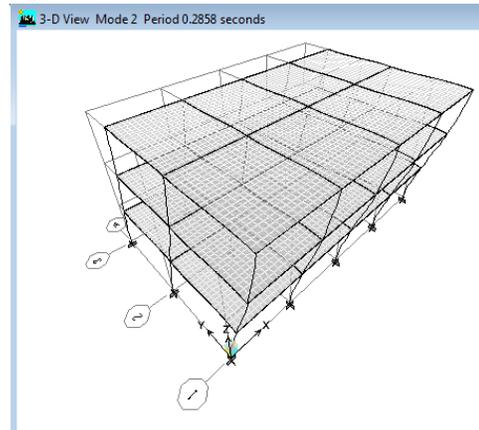
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,40262
2	0,28584
3	0,26717
4	0,13836
5	0,09109
6	0,08817
7	0,08491
8	0,05029
9	0,05002

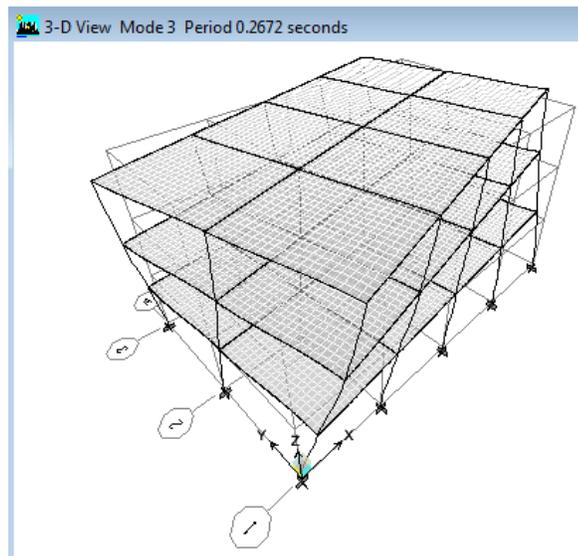
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.6 Simple C2

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
Rx	pórticos	R = 8
Ry	pórticos	R = 8

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 18.00 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 35$$

$$T_x = 0.514; \quad T_y = 0.514$$

$$C_x = 1.94$$

$$C_y = 1.94$$

$$ZUSC/R = 0.097 \text{ (en x)}$$

$$ZUSC/R = 0.097 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

$$6\text{to Pisos: } 107.58 \text{ t}$$

$$5\text{to Piso: } 119.3 \text{ t}$$

$$4\text{to Piso: } 119.3 \text{ t}$$

$$3\text{er Piso: } 119.3 \text{ t}$$

$$2\text{do piso: } 119.3 \text{ t}$$

$$1\text{er piso: } 119.30 \text{ t}$$

$$\text{Total} = 704.08 \text{ t}$$

$$V_x = 68.30 \text{ t}$$

$$V_y = 68.30 \text{ t}$$

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	107,58	18	1936,40	18,10	18,10
5	119,30	15	1789,50	16,73	34,83
4	119,30	12,0	1431,60	13,38	48,22
3	119,30	9,0	1073,70	10,04	58,26
2	119,30	6,0	715,80	6,69	64,95
1	119,30	3,0	357,90	3,35	68,30

$$S = 119,30$$

$$S = 7304,90$$

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	39,097	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	8,397	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	7	U1	2,753	0	0
SISMOXX	8	U1	1,186	0	0
SISMOXX	9	U1	0	0	0
SISMOXX	10	U1	0	0	0
SISMOXX	11	U1	0,479	0	0
SISMOXX	12	U1	0,118	0	0
SISMOXX	All	All	40,202	0	0
Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	50,076	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	9,337	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	7	U2	0	0	0
SISMOYY	8	U2	0	0	0
SISMOYY	9	U2	0	0	0
SISMOYY	10	U2	0	3,521	0
SISMOYY	11	U2	0	0	0
SISMOYY	12	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	51,182	0

V estática X =68.30 t; V dinámico X = 40.202 t

V estática Y =68.30 t; V dinámico Y = 51.182 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 12.60 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	18	1,2	7,200	0,48
PISO5	3	15	1,12	6,720	0,84
PISO4	3	12	0,98	5,880	1,20
PISO3	3	9	0,78	4,680	1,50
PISO2	3	6	0,53	3,180	1,68
PISO1	3	3	0,25	1,500	1,50

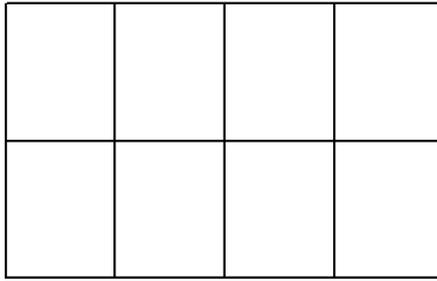
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	18	0,91	5,460	0,420
PISO5	3	15	0,84	5,040	0,720
PISO4	3	12	0,72	4,320	1,020
PISO3	3	9	0,55	3,300	1,200
PISO2	3	6	0,35	2,100	1,260
PISO1	3	3	0,14	0,840	0,840

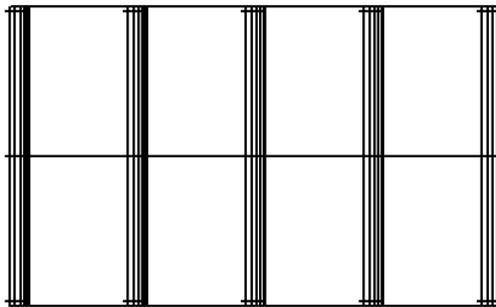
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,756
2	0,567
3	0,548
4	0,252
5	0,18
6	0,177
7	0,152
8	0,111
9	0,101
10	0,1
11	0,091
12	0,081

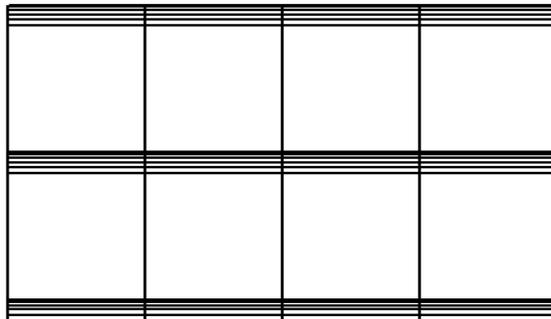
Estructura sin deformar



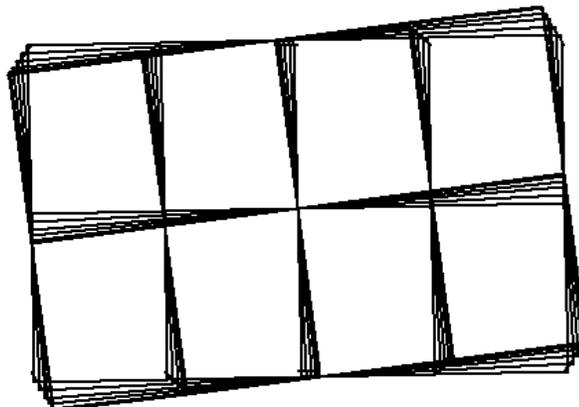
Modo 1



Modo 2



Modo 3



- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el

Método Estático:

Pesos totales:

6to Piso: 120.17 t

5to Piso: 124.28 t

4to Piso: 124.18 t

3er Piso: 124.18 t

2do piso: 124.18 t

1er piso: 124.18 t

Total = 741.07 t

Vx = 71.88 t

Vy = 71.88 t

Distribución: (igual en ambas direcciones)

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	120,17	18	2163,06	20,06	20,06
5	124,18	15	1862,70	17,27	37,33
4	124,18	12,0	1490,16	13,82	51,15
3	124,18	9,0	1117,62	10,36	61,52
2	124,18	6,0	745,08	6,91	68,43
1	124,18	3,0	372,54	3,45	71,88

S= 741,07

S= 7751,16

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	39,07	0	0
SISMOXX	2	U1	0	0	0
SISMOXX	3	U1	0	0	0
SISMOXX	4	U1	8,7	0	0
SISMOXX	5	U1	0	0	0
SISMOXX	6	U1	0	0	0
SISMOXX	7	U1	2,87	0	0
SISMOXX	8	U1	1,24	0	0
SISMOXX	9	U1	0	0	0
SISMOXX	10	U1	0	0	0
SISMOXX	11	U1	0,5	0	0

SISMOXX	12	U1	0,12	0	0
SISMOXX	All	All	40,25	0	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	0	0	0
SISMOYY	2	U2	0	49,44	0
SISMOYY	3	U2	0	0	0
SISMOYY	4	U2	0	0	0
SISMOYY	5	U2	0	9,62	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	7	U2	0	0	0
SISMOYY	8	U2	0	0	0
SISMOYY	9	U2	0	3,65	0
SISMOYY	10	U2	0	0	0
SISMOYY	11	U2	0	0	0
SISMOYY	12	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	0	50,58	0

V estática X =71.88 t; V dinámico X = 40.25 t

V estática Y = 71.88 t; V dinámico Y = 50.58 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 12.60 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	18	1,242	7,452	0,482
PISO5	3	15	1,1616	6,970	0,891
PISO4	3	12	1,0131	6,079	1,243
PISO3	3	9	0,806	4,836	1,531
PISO2	3	6	0,5508	3,305	1,743
PISO1	3	3	0,2603	1,562	1,562

Desplazamiento en la dirección Y

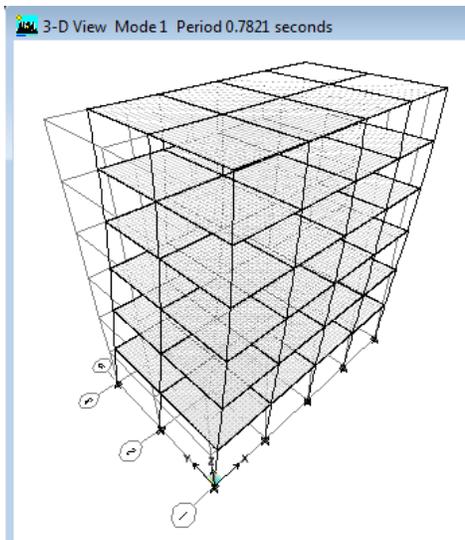
Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	18	0,9548	5,729	0,463
PISO5	3	15	0,8777	5,266	0,771

PISO4	3	12	0,7492	4,495	1,049
PISO3	3	9	0,5744	3,446	1,255
PISO2	3	6	0,3653	2,192	1,321
PISO1	3	3	0,1451	0,871	0,871

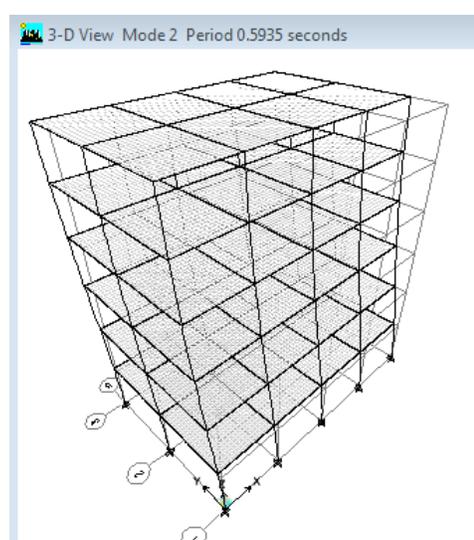
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,78205
2	0,59347
3	0,54284
4	0,26107
5	0,18883
6	0,17557
7	0,15717
8	0,11505
9	0,10497
10	0,10025
11	0,09395
12	0,08358

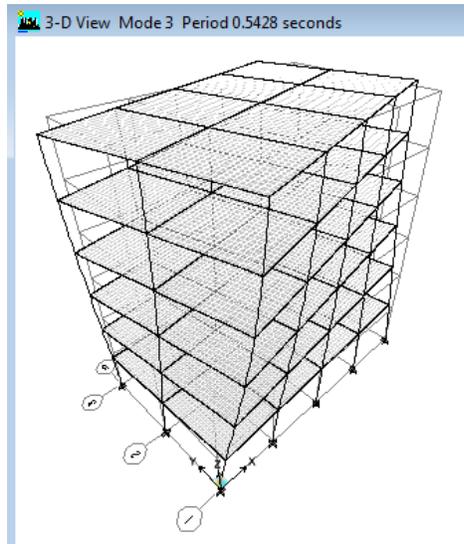
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.7 Simple D1

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
R _x	pórticos (irreg)	R = 6
R _y	Dual (irreg)	R = 5,25

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 10.70 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 45$$

$$T_x = 0.306; \quad T_y = 0.238$$

$$C_x = 3.27 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 4.21 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$Z_{USC}/R = 0.167 \text{ (en x)}$$

$$Z_{USC}/R = 0.190 \text{ (en y)}$$

a. **Programa TQS**

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

3er Piso: 122.1 t

2do piso: 195.5 t

1er piso: 195.5 t

Total = 513.10 t

Vx = 85.52 t

Vy = 97.73 t

Distribución en X:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	122,10	10,7	1306,47	32,50	32,50
2	195,50	7,2	1407,60	35,02	67,52
1	195,50	3,7	723,35	18,00	85,52

S= 513,10

S= 3437,42

Distribución en Y:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	122,10	10,7	1306,47	37,15	37,15
2	195,50	7,2	1407,60	40,02	77,17
1	195,50	3,7	723,35	20,57	97,73

S= 513,10

S= 3437,42

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	48,061	1,183	0,004
SISMOXX	2	U1	0,026	-1,181	-0,027
SISMOXX	3	U1	0,366	-0,485	0,01
SISMOXX	4	U1	8,504	0,19	0,027
SISMOXX	5	U1	0,001	-0,097	0,038
SISMOXX	6	U1	0,001	-0,074	-0,6
SISMOXX	7	U1	0,006	-0,044	0,136
SISMOXX	8	U1	1,901	0,201	0,294
SISMOXX	9	U1	0,091	-0,032	-0,187
SISMOXX	All	All	48,932	1,638	13,469

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	1,353	0,033	0
SISMOYY	2	U2	-1,35	60,707	1,377
SISMOYY	3	U2	-0,554	0,734	-0,015
SISMOYY	4	U2	0,217	0,005	0,001
SISMOYY	5	U2	-0,111	11,011	-4,324
SISMOYY	6	U2	-0,84	4,71	3,813
SISMOYY	7	U2	-0,05	0,382	-1,175
SISMOYY	8	U2	0,23	0,024	0,036
SISMOYY	9	U2	-0,036	0,013	0,075
SISMOYY	All	All	1,872	62,826	2,496

V estática X =85.52 t; V dinámico X = 48.932 t

V estática Y =97.73 t; V dinámico Y = 62.826 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 7.49 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,29	5,805	1,440
PISO2	3,5	7,2	0,97	4,365	2,295
PISO1	3,7	3,7	0,46	2,070	2,070

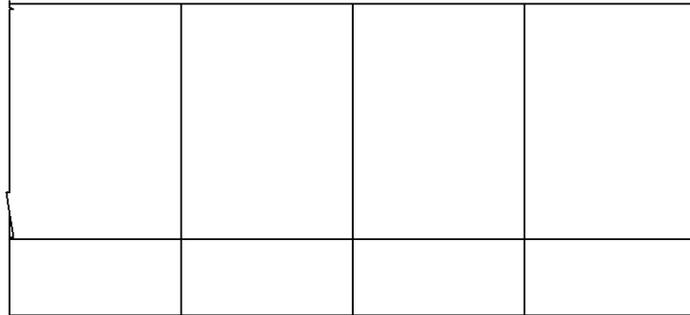
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,11	4,371	1,693
PISO2	3,5	7,2	0,68	2,678	1,693
PISO1	3,7	3,7	0,25	0,984	0,984

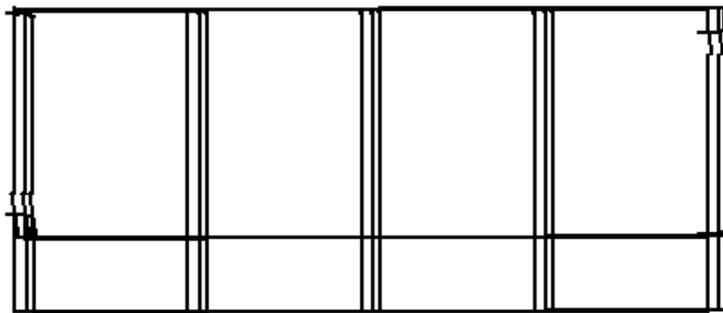
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,604
2	0,484
3	0,356
4	0,194
5	0,125
6	0,12
7	0,117
8	0,112
9	0,109

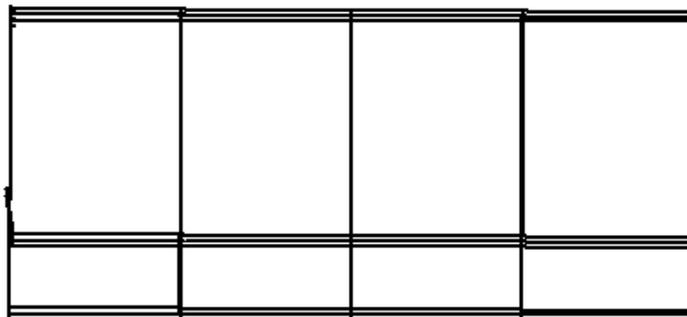
Estructura sin deformar



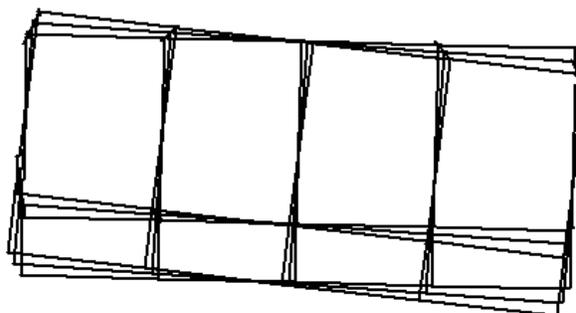
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el

Método Estático:

Pesos totales:

3er Piso. 133.86 t

2do piso: 198.75 t

1er piso: 198.75 t

Total = 531.36 t

Vx = 88.56 t

Vy = 101.21 t

Distribución en X:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	133,86	10,7	1432,30	35,25	35,25
2	198,75	7,2	1431,00	35,22	70,46
1	198,75	3,7	735,38	18,10	88,56

S= 531,36

S= 3598,68

Distribución en Y:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
3	133,86	10,7	1432,30	40,28	40,28
2	198,75	7,2	1431,00	40,25	80,53
1	198,75	3,7	735,38	20,68	101,21

S= 531,36

S= 3598,68

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	55,05	3,24	0
SISMOXX	2	U1	0,25	-3,78	0
SISMOXX	3	U1	0,63	-0,04	0
SISMOXX	4	U1	6,89	0,23	0
SISMOXX	5	U1	0	-0,25	0
SISMOXX	6	U1	1,59	0,12	0
SISMOXX	7	U1	0	0	0
SISMOXX	8	U1	0	0	0
SISMOXX	9	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	55,67	4,04	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	3,72	0,22	0
SISMOYY	2	U2	-4,32	64,48	0
SISMOYY	3	U2	-0,04	0	0
SISMOYY	4	U2	0,27	0,01	0
SISMOYY	5	U2	-0,28	15,27	0
SISMOYY	6	U2	0,13	0,01	0
SISMOYY	7	U2	0	0	0
SISMOYY	8	U2	0	4,07	0
SISMOYY	9	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	4,62	66,54	0

V estática X = 88.56 t; V dinámico X = 55.67 t

V estática Y = 101.21 t; V dinámico Y = 66.54 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 7.49 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X:

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,17	5,265	1,215
PISO2	3,5	7,2	0,9	4,050	1,980
PISO1	3,7	3,7	0,46	2,070	2,070

Desplazamiento en la dirección Y

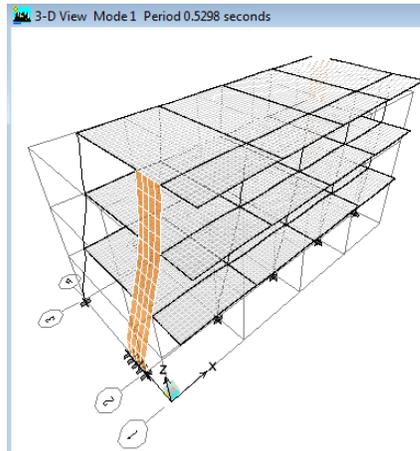
Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,21	4,764	1,772
PISO2	3,5	7,2	0,76	2,993	1,851
PISO1	3,7	3,7	0,29	1,142	1,142

- Modos de Vibración

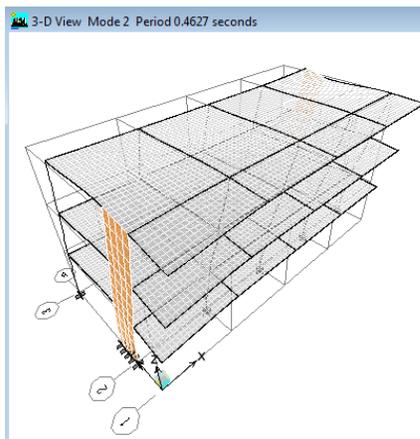
Modo	Periodo
1	0,52983
2	0,46269
3	0,3321
4	0,17197
5	0,12095
6	0,1091
7	0,08725

8	0,0581
9	0,04242

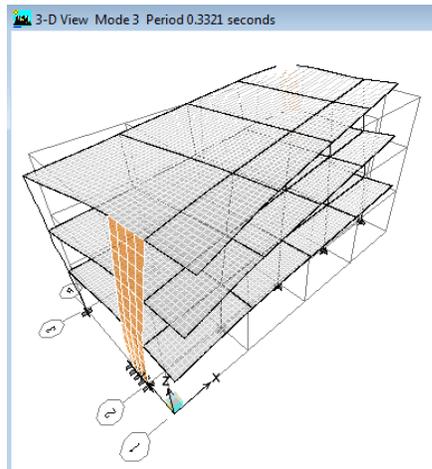
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.8 Simple D2

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
Rx	Pórtico (irreg)	R = 6
Ry	Dual (irreg)	R = 5,25

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 19.70 \text{ m}$$

$$CT_x = 35; \quad CT_y = 45$$

$$T_x = 0.563 \quad T_y = 0.438$$

$$C_x = 1.78$$

$$C_y = 2.28$$

$$Z_{USC}/R = 0.119 \text{ (en x)}$$

$$Z_{USC}/R = 0.174 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

$$6\text{to Piso: } 123.42 \text{ t}$$

$$5\text{to. Piso: } 197.62 \text{ t}$$

$$4\text{to. Piso: } 197.62 \text{ t}$$

$$3\text{er Piso: } 197.62 \text{ t}$$

$$2\text{do piso: } 197.62 \text{ t}$$

$$1\text{er piso: } 197.62 \text{ t}$$

$$\text{Total} = 1111.52 \text{ t}$$

$$V_x = 131.90 \text{ t} \quad ; \quad V_y = 193.09 \text{ t}$$

Distribución en X:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	123,42	19,7	2431,37	25,24	25,24
5	197,62	16,7	3300,25	34,26	59,49
4	197,62	13,7	2707,39	28,10	87,59
3	197,62	10,7	2114,53	21,95	109,54
2	197,62	7,2	1422,86	14,77	124,31
1	197,62	3,7	731,19	7,59	131,90

S= 1111,52

S= 12707,61

Distribución en Y:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	123,42	19,7	2431,37	36,94	36,94
5	197,62	16,7	3300,25	50,15	87,09
4	197,62	13,7	2707,39	41,14	128,23
3	197,62	10,7	2114,53	32,13	160,36
2	197,62	7,2	1422,86	21,62	181,98
1	197,62	3,7	731,19	11,11	193,09

S= 1111,52

S= 12707,61

• Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	1,21	8,19	0,143
SISMOXX	2	U1	63,337	-8,464	-0,196
SISMOXX	3	U1	2,786	-0,385	0
SISMOXX	4	U1	15,116	2,025	-0,109
SISMOXX	5	U1	0,215	-2,114	0,253
SISMOXX	6	U1	0,432	-0,097	0,087
SISMOXX	7	U1	4,576	0,294	-0,191
SISMOXX	8	U1	0,002	-0,111	-0,196
SISMOXX	9	U1	0,12	-0,188	0,666
SISMOXX	10	U1	0,601	0,041	0
SISMOXX	11	U1	1,486	0,111	-0,359
SISMOXX	12	U1	0	0	0
SISMOXX	All	All	66,815	6,974	0,62
Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	9,36	63,355	1,107
SISMOYY	2	U2	-9,673	1,293	0,03
SISMOYY	3	U2	-0,444	0,061	0
SISMOYY	4	U2	2,315	0,31	-0,017
SISMOYY	5	U2	-2,417	23,731	-2,837
SISMOYY	6	U2	-0,111	0,025	-0,022
SISMOYY	7	U2	0,336	0,022	-0,014
SISMOYY	8	U2	-0,127	6,793	11,98

SISMOYY	9	U2	-0,215	3,261	-11,523
SISMOYY	10	U2	0,047	0,003	0
SISMOYY	11	U2	0,126	0,009	-0,031
SISMOYY	12	U2	0	0	0,001
SISMOYY	All	All	7,971	69,441	6,612

V estática X =131.90 t; V dinámico X = 66.815 t

V estática Y =193.09 t; V dinámico Y = 69.441 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 13.79 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	19,7	1,89	8,505	0,405
PISO5	3	16,7	1,8	8,100	0,765
PISO4	3	13,7	1,63	7,335	1,125
PISO3	3,5	10,7	1,38	6,210	1,935
PISO2	3,5	7,2	0,95	4,275	2,205
PISO1	3,7	3,7	0,46	2,070	2,070

Desplazamiento en la dirección Y

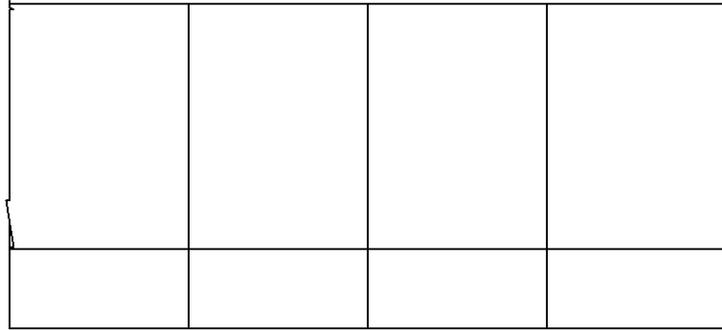
Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	3	19,7	2,59	10,198	1,063
PISO5	3	16,7	2,32	9,135	1,418
PISO4	3	13,7	1,96	7,718	1,693
PISO3	3,5	10,7	1,53	6,024	2,363
PISO2	3,5	7,2	0,93	3,662	2,244
PISO1	3,7	3,7	0,36	1,418	1,418

- Modos de Vibración

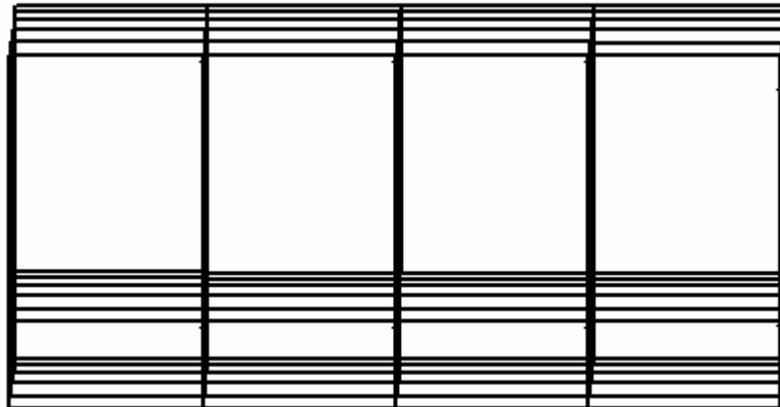
Modo	Periodo
1	1,031
2	0,961
3	0,769
4	0,294
5	0,277
6	0,208
7	0,177
8	0,137

9	0,132
10	0,124
11	0,122
12	0,115

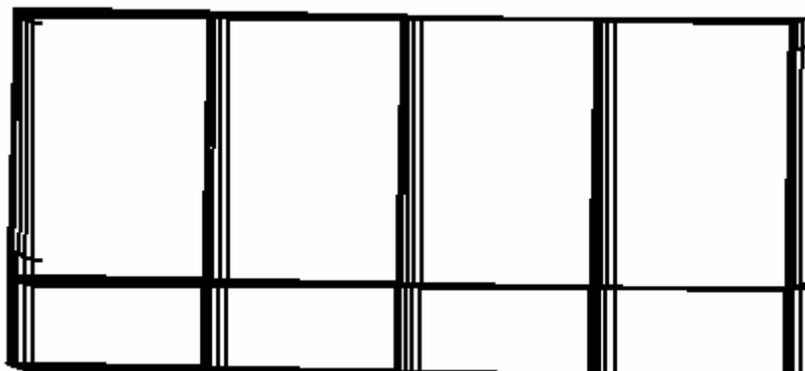
Estructura sin deformar



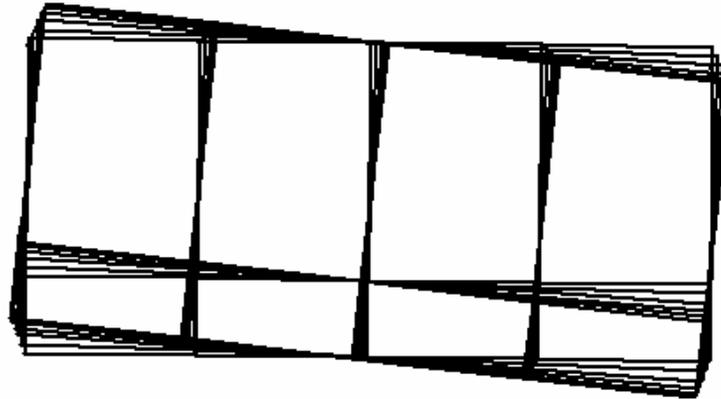
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

6to Piso: 132.28 t

5to Piso: 195.66 t

4to Piso: 196.06 t

3er Piso: 198.75 t

2do piso: 198.75 t

1er piso: 198.75 t

Total = 1120.25 t

$V_x = 186.71$ t

$V_y = 213.38$ t

Distribución en X:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	132,28	19,7	2605,92	37,86	37,86
5	195,66	16,7	3267,52	47,47	85,32
4	196,06	13,7	2686,02	39,02	124,34
3	198,75	10,7	2126,63	30,89	155,24
2	198,75	7,2	1431,00	20,79	176,03
1	198,75	3,7	735,38	10,68	186,71

S= 1120,25

S= 12852,46

Distribución en Y:

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	132,28	19,7	2605,92	43,26	43,26
5	195,66	16,7	3267,52	54,25	97,51
4	196,06	13,7	2686,02	44,59	142,11
3	198,75	10,7	2126,63	35,31	177,41
2	198,75	7,2	1431,00	23,76	201,17
1	198,75	3,7	735,38	12,21	213,38

S= 1120,25

S= 12852,46

• Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOXX	1	U1	48,82	20,95	0
SISMOXX	2	U1	9,79	-21,24	0
SISMOXX	3	U1	1,42	-0,05	0
SISMOXX	4	U1	14,68	0,86	0
SISMOXX	5	U1	0,05	-1	0
SISMOXX	6	U1	0,85	0	0
SISMOXX	7	U1	4,36	0,21	0
SISMOXX	8	U1	0,02	-0,41	0
SISMOXX	9	U1	2,18	0,33	0
SISMOXX	10	U1	0,66	-0,01	0
SISMOXX	11	U1	0	0	0
SISMOXX	12	U1	0,02	0	0
SISMOXX	All	All	60,69	5,62	0

Spec	Modo	Dir	Fx	Fy	Fz
SISMOYY	1	U2	23,97	10,28	0
SISMOYY	2	U2	-24,27	52,66	0
SISMOYY	3	U2	-0,06	0	0
SISMOYY	4	U2	0,98	0,06	0
SISMOYY	5	U2	-1,15	23,69	0
SISMOYY	6	U2	0	0	0
SISMOYY	7	U2	0,24	0,01	0
SISMOYY	8	U2	-0,47	10,53	0
SISMOYY	9	U2	0,38	0,06	0
SISMOYY	10	U2	-0,01	0	0
SISMOYY	11	U2	0	0	0
SISMOYY	12	U2	0	0	0
SISMOYY	All	All	6,43	67,98	0

V estática X = 186.71 t; V dinámico X = 60.69 t

V estática Y = 213.38 t; V dinámico Y = 67.98 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 12.60 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X:

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,17	5,265	1,215
PISO2	3,5	7,2	0,9	4,050	1,980
PISO1	3,7	3,7	0,46	2,070	2,070

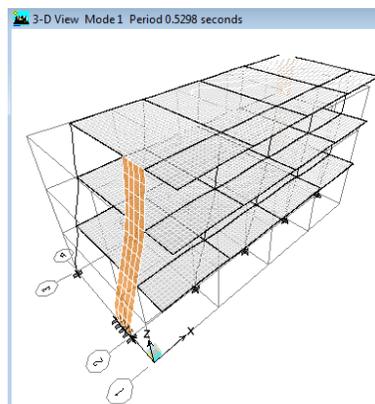
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO3	3,5	10,7	1,21	4,764	1,772
PISO2	3,5	7,2	0,76	2,993	1,851
PISO1	3,7	3,7	0,29	1,142	1,142

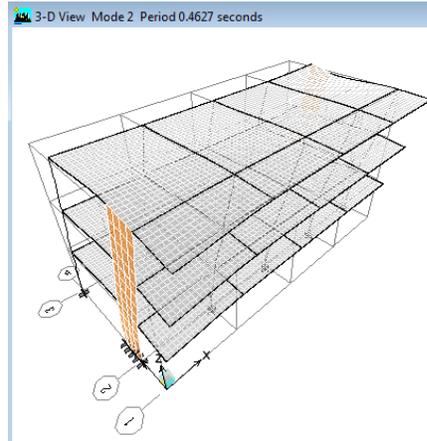
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,52983
2	0,46269
3	0,3321
4	0,17197
5	0,12095
6	0,1091
7	0,08725
8	0,0581
9	0,04242

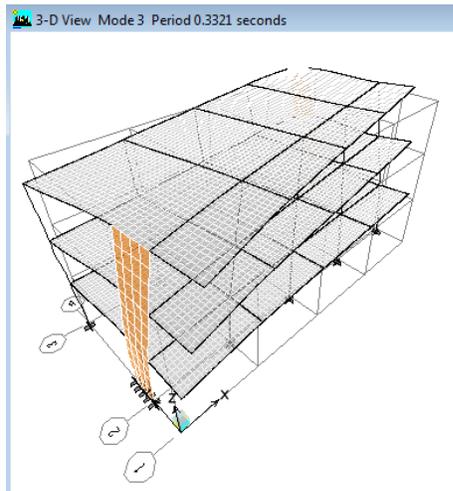
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.9 Compleja A

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → $Z = 0,4$
Suelo	S1	$S1 \rightarrow S = 1$ $T_p = 0,4$
Uso	Categoría C	$U = 1$ $s/c = 25\%$
Rx	Dual (irreg)	$R = 5,25$
Ry	Dual (irreg)	$R = 5,25$

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 17.50 \text{ m}$$

$$CT_x = 45; \quad CT_y = 45$$

$$T_x = 0.389 \quad T_y = 0.389$$

$$C_x = 2.57 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$C_y = 2.57 \geq 2.5 \rightarrow C = 2.5$$

$$ZUSC/R = 0.190 \text{ (en x)}$$

$$ZUSC/R = 0.190 \text{ (en y)}$$

a. Programa TQS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

$$6\text{to Piso: } 174.05 \text{ t}$$

$$5\text{to. Piso: } 204.85 \text{ t}$$

$$4\text{to. Piso: } 204.85 \text{ t}$$

$$3\text{er Piso: } 204.85 \text{ t}$$

$$2\text{do piso: } 204.85 \text{ t}$$

$$1\text{er piso: } 204.85 \text{ t}$$

$$\text{Total} = 1198.30 \text{ t}$$

$$V_x = 228.25 \text{ t}$$

$$V_y = 228.25 \text{ t}$$

Distribución igual en ambas direcciones

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	162,1	17,5	2836,75	55,75	55,75
5	192,9	14,7	2835,63	55,73	111,48
4	192,9	11,9	2295,51	45,11	156,60
3	192,9	9,1	1755,39	34,50	191,09
2	192,9	6,3	1215,27	23,88	214,98
1	192,90	3,5	675,15	13,27	228,25

$$S = 1126,60$$

$$S = 11613,70$$

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOXX	1	U1	52,645	-35,282	-0,1
SISMOXX	2	U1	63,184	68,502	1,067
SISMOXX	3	U1	15,578	-4,961	0,354
SISMOXX	4	U1	4,38	-15,013	0,644
SISMOXX	5	U1	2,373	-2,283	-0,098
SISMOXX	6	U1	8,746	5,327	-15,706
SISMOXX	7	U1	1,151	-0,598	4,518
SISMOXX	8	U1	13,339	14,242	9,775
SISMOXX	9	U1	0,004	-0,002	0,232
SISMOXX	10	U1	0,012	0,011	0,662
SISMOXX	11	U1	0,009	0,01	-0,349
SISMOXX	12	U1	0,01	-0,001	0,045
SISMOXX	All	All	89,131	80,473	4,571

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOYY	1	U2	-35,282	23,645	0,067
SISMOYY	2	U2	68,502	74,268	1,156
SISMOYY	3	U2	-4,961	1,58	-0,113
SISMOYY	4	U2	-15,013	51,461	-2,209
SISMOYY	5	U2	-2,283	2,197	0,095
SISMOYY	6	U2	5,327	3,244	-9,565
SISMOYY	7	U2	-0,598	0,31	-2,347
SISMOYY	8	U2	14,242	15,207	10,437
SISMOYY	9	U2	-0,002	0,001	-0,131
SISMOYY	10	U2	0,011	0,011	0,623
SISMOYY	11	U2	0,01	0,011	-0,378
SISMOYY	12	U2	-0,001	0	-0,003
SISMOYY	All	All	83,06	97,96	0

V estática X =228.25 t; V dinámico X = 89.13 t

V estática Y =228.25 t; V dinámico Y = 97.96 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 12.25 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	2,8	17,5	1,73	6,812	0,591
PISO5	2,8	14,7	1,58	6,221	0,866
PISO4	2,8	11,9	1,36	5,355	1,142
PISO3	2,8	9,1	1,07	4,213	1,339
PISO2	2,8	6,3	0,73	2,874	1,418
PISO1	3,5	3,5	0,37	1,457	1,457

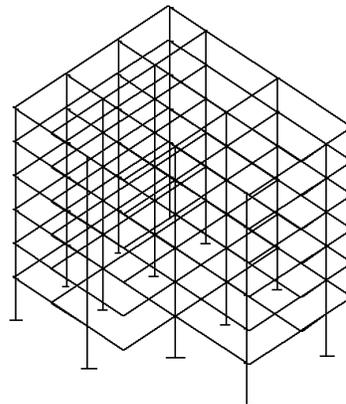
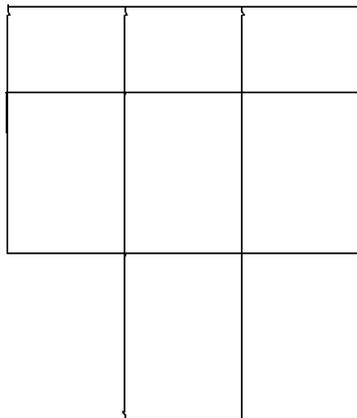
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	2,8	17,5	1,36	5,355	0,433
PISO5	2,8	14,7	1,25	4,922	0,669
PISO4	2,8	11,9	1,08	4,253	0,866
PISO3	2,8	9,1	0,86	3,386	1,024
PISO2	2,8	6,3	0,6	2,363	1,181
PISO1	3,5	3,5	0,3	1,181	1,181

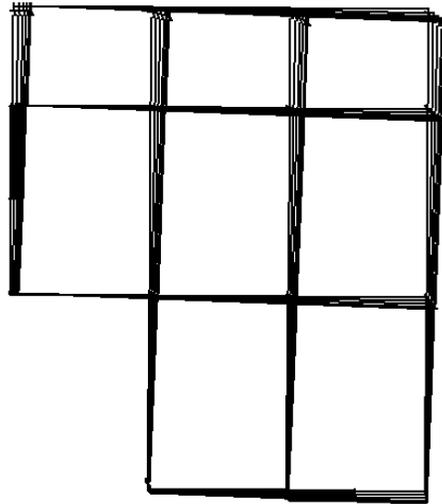
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,763
2	0,393
3	0,24
4	0,209
5	0,133
6	0,089
7	0,088
8	0,087
9	0,077
10	0,074
11	0,069
12	0,068

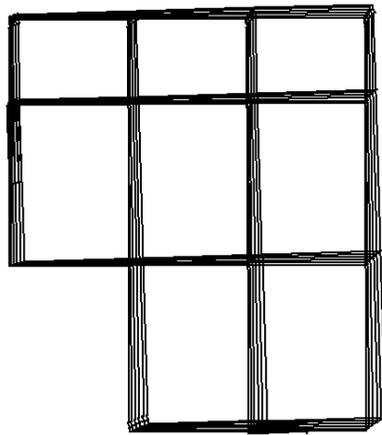
Estructura sin deformar



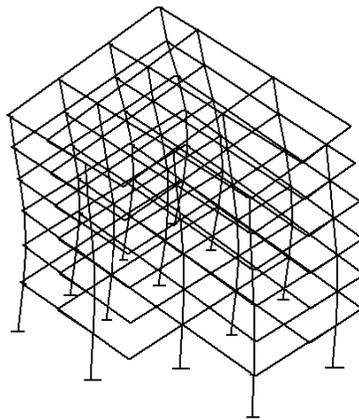
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el

Método Estático:

Pesos totales:

6to Piso: 166.39 t

5to Piso: 171.83 t

4to Piso: 171.83 t

3er Piso. 171.83 t

2do piso: 171.83 t

1er piso: 181.45 t

Total = 1035.14 t

Vx = 197.17 t

Vy = 197.17 t

Distribución igual en ambas direcciones

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
6	166,39	17,5	2911,83	53,34	53,34
5	171,825	14,7	2525,83	46,27	99,61
4	171,825	11,9	2044,72	37,46	137,06
3	171,825	9,1	1563,61	28,64	165,71
2	171,825	6,3	1082,50	19,83	185,54
1	181,45	3,5	635,08	11,63	197,17

S= 1035,14

S= 10763,55

- Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOXX	1	U1	55,47	-39,26	0
SISMOXX	2	U1	65,47	68,46	0
SISMOXX	3	U1	1,72	4,33	0
SISMOXX	4	U1	14,95	-25,18	0
SISMOXX	5	U1	2,4	-2,2	0
SISMOXX	6	U1	22,41	20,65	0
SISMOXX	7	U1	0,9	-0,99	0
SISMOXX	8	U1	0,43	-0,19	0
SISMOXX	9	U1	1,14	-4,08	0
SISMOXX	10	U1	0,11	-0,05	0

SISMOXX	11	U1	6,41	4,2	0
SISMOXX	12	U1	1,36	1,57	0
SISMOXX	All	All	92,56	83,06	0

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOYY	1	U2	-39,26	27,79	0
SISMOYY	2	U2	68,46	71,59	0
SISMOYY	3	U2	4,33	10,92	0
SISMOYY	4	U2	-25,18	42,41	0
SISMOYY	5	U2	-2,2	2,01	0
SISMOYY	6	U2	20,65	19,04	0
SISMOYY	7	U2	-0,99	1,09	0
SISMOYY	8	U2	-0,19	0,08	0
SISMOYY	9	U2	-4,08	14,62	0
SISMOYY	10	U2	-0,05	0,02	0
SISMOYY	11	U2	4,2	2,75	0
SISMOYY	12	U2	1,57	1,81	0
SISMOYY	All	All	83,06	97,96	0

V estática X = 186.71 t; V dinámico X = 60.69 t

V estática Y = 213.38 t; V dinámico Y = 67.98 t

- . Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 12.25 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X:

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	2,8	17,5	1,66	6,536	0,512
PISO5	2,8	14,7	1,53	6,024	0,788
PISO4	2,8	11,9	1,33	5,237	1,063
PISO3	2,8	9,1	1,06	4,174	1,299
PISO2	2,8	6,3	0,73	2,874	1,408
PISO1	3,5	3,5	0,3724	1,466	1,466

Desplazamiento en la dirección Y

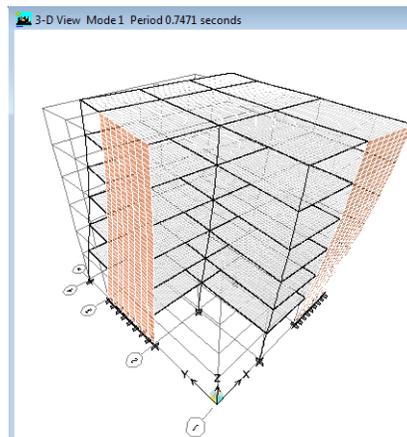
Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO6	2,8	17,5	1,42	5,591	0,512
PISO5	2,8	14,7	1,29	5,079	0,669
PISO4	2,8	11,9	1,12	4,410	0,945

PISO3	2,8	9,1	0,88	3,465	1,063
PISO2	2,8	6,3	0,61	2,402	1,194
PISO1	3,5	3,5	0,3068	1,208	1,208

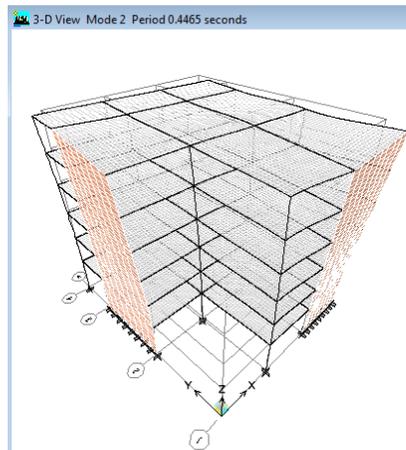
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	0,74706
2	0,44648
3	0,24349
4	0,2313
5	0,1318
6	0,1068
7	0,08729
8	0,06428
9	0,05479
10	0,05255
11	0,04958
12	0,03242

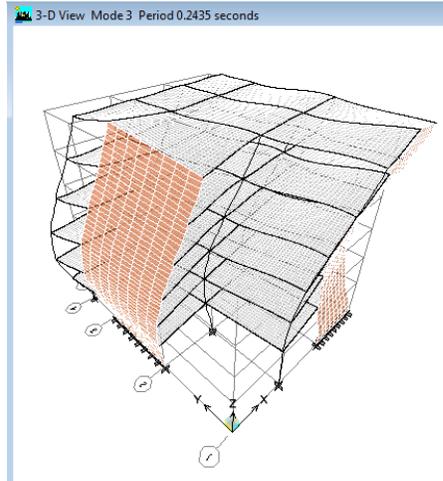
Modo 1



Modo 2



Modo 3



7.4.1.10 Compleja B

Datos generales:

	Datos	Clasificación
Ubicación	Lima	Zona 3 → Z = 0,4
Suelo	S1	S1 → S = 1 T _p = 0,4
Uso	Categoría C	U = 1 s/c = 25%
Rx	Muros (irreg)	R = 4,5
Ry	Muros (irreg)	R = 4,5

- Cálculo del Factor de amplificación sísmica:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5 \quad T = h_n/CT$$

$$h_n = 38.45 \text{ m}$$

$$CT_x = 60; \quad CT_y = 60$$

$$T_x = 0.641 \quad T_y = 0.641$$

$$C_x = 1.56$$

$$C_y = 1.56$$

$$Z_{USC}/R = 0.139 \text{ (en x)}$$

$$Z_{USC}/R = 0.139 \text{ (en y)}$$

a. **Programa TQS**

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

12vo Piso:	169.97 t
11avo piso:	182.769 t
10mo Piso:	182.769 t
9no. Piso:	182.769 t
8vo. Piso:	182.769 t
7mo Piso:	182.769 t
6to Piso:	182.769 t
5to. Piso:	182.769 t
4to. Piso:	182.769 t
3er Piso:	182.769 t
2do piso:	174.86 t
1er piso:	220.57 t
2do sótano:	403.47 t
Primer sótano:	340.47 t
Total =	2954.26 t
Vx =	409.66 t
Vy =	409.66 t

Distribución igual en ambas direcciones

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
12	169,97	38,45	6535,35	48,79	48,79
11	182,769	35,75	6533,99	48,78	97,56
10	182,769	33,05	6040,52	45,09	142,66
9	182,769	30,35	5547,04	41,41	184,06
8	182,769	27,65	5053,56	37,72	221,79
7	182,769	24,95	4560,09	34,04	255,83
6	182,769	22,25	4066,61	30,36	286,19
5	182,769	19,55	3573,13	26,67	312,86

4	182,769	16,85	3079,66	22,99	335,85
3	182,769	14,15	2586,18	19,31	355,16
2	174,86	11,5	2002,15	14,95	370,10
1	220,57	8,8	1929,99	14,41	384,51
2S	403,47	5,7	2299,78	17,17	401,68
1S	340,47	3,1	1069,08	7,98	409,66

S= 2954,26

S= 54877,11

• Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOXX	1	U1	22,377	45,887	-0,658
SISMOXX	2	U1	118,326	-43,478	1,466
SISMOXX	3	U1	2,747	-10,044	0,411
SISMOXX	4	U1	53,435	-22,844	-2,321
SISMOXX	5	U1	10,395	10,491	2,425
SISMOXX	6	U1	0	0,001	-0,001
SISMOXX	7	U1	0,008	0,004	0,013
SISMOXX	8	U1	0,001	-0,002	0,009
SISMOXX	9	U1	0,071	0,011	0,169
SISMOXX	10	U1	0	-0,011	0,006
SISMOXX	11	U1	0,077	-0,001	0,065
SISMOXX	12	U1	0,017	0,039	0,001
SISMOXX	All	All	159,929	66,118	18,071

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOYY	1	U2	45,887	94,097	-1,35
SISMOYY	2	U2	-43,478	15,976	-0,539
SISMOYY	3	U2	-10,044	36,722	-1,502
SISMOYY	4	U2	-22,844	9,766	0,992
SISMOYY	5	U2	10,491	10,588	2,447
SISMOYY	6	U2	0,001	0,001	-0,002
SISMOYY	7	U2	0,004	0,002	0,006
SISMOYY	8	U2	-0,002	0,006	-0,027
SISMOYY	9	U2	0,011	0,002	0,027
SISMOYY	10	U2	-0,001	0,004	-0,016
SISMOYY	11	U2	0,039	0,02	0,033
SISMOYY	12	U2	0,012	0,008	0,001
SISMOYY	All	All	66,118	152,695	28,545

V estática X =409.66 t; V dinámico X = 159.929 t

V estática Y =409.66 t; V dinámico Y = 152.695 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 26.915 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO12	2,7	38,45	3,71	12,521	0,574
PISO11	2,7	35,75	3,54	11,948	0,641
PISO10	2,7	33,05	3,35	11,306	0,709
PISO9	2,7	30,35	3,14	10,598	0,810
PISO8	2,7	27,65	2,9	9,788	0,878
PISO7	2,7	24,95	2,64	8,910	0,945
PISO6	2,7	22,25	2,36	7,965	1,013
PISO5	2,7	19,55	2,06	6,953	1,080
PISO4	2,7	16,85	1,74	5,873	1,148
PISO3	2,7	14,15	1,4	4,725	1,148
PISO2	2,7	11,45	1,06	3,578	1,181
PISO1	3,05	8,75	0,71	2,396	1,046
SOTANO1	2,56	5,7	0,4	1,350	0,945
SOTANO2	3,14	3,14	0,12	0,405	0,405

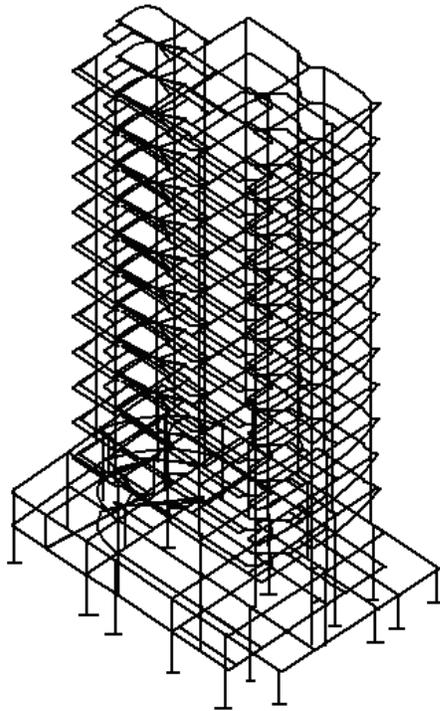
Desplazamiento en la dirección Y

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO12	2,7	38,45	3,98	13,433	0,945
PISO11	2,7	35,75	3,7	12,488	1,013
PISO10	2,7	33,05	3,4	11,475	1,046
PISO9	2,7	30,35	3,09	10,429	1,114
PISO8	2,7	27,65	2,76	9,315	1,148
PISO7	2,7	24,95	2,42	8,168	1,181
PISO6	2,7	22,25	2,07	6,986	1,215
PISO5	2,7	19,55	1,71	5,771	1,181
PISO4	2,7	16,85	1,36	4,590	1,181
PISO3	2,7	14,15	1,01	3,409	1,114
PISO2	2,7	11,45	0,68	2,295	0,945
PISO1	3,05	8,75	0,4	1,350	0,776
SOTANO1	2,56	5,7	0,17	0,574	0,405
SOTANO2	3,14	3,14	0,05	0,169	0,169

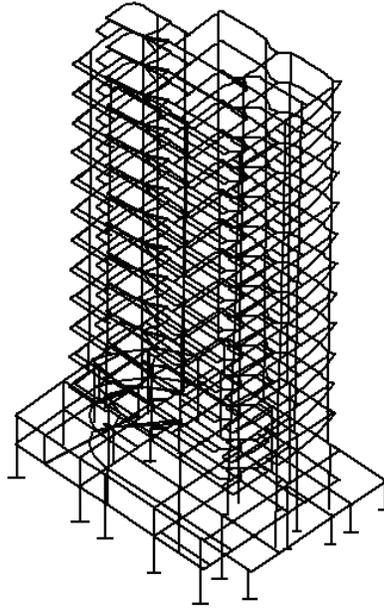
- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	1,145
2	1,064
3	0,719
4	0,307
5	0,28
6	0,279
7	0,194
8	0,10834
9	0,08297
10	0,08261
11	0,0638
12	0,05565

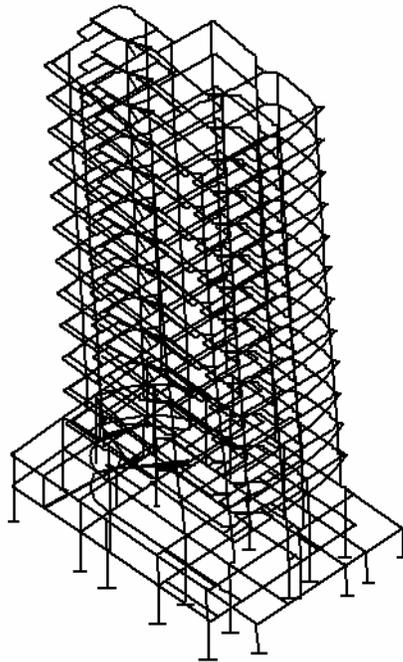
Estructura sin deformar



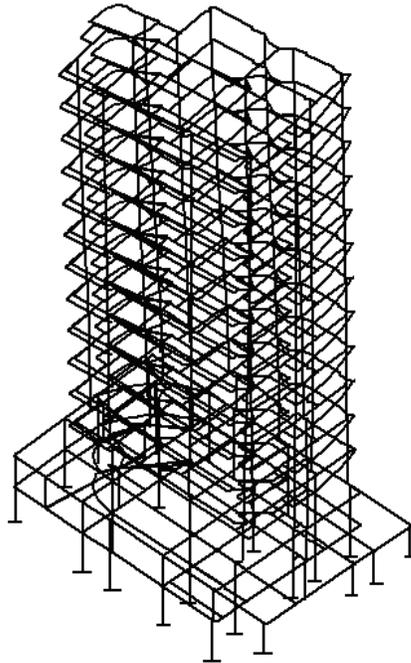
Modo 1



Modo 2



Modo 3



b. Programa ETABS

- Cálculo de la fuerza cortante en la base y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada piso usando el Método Estático:

Pesos totales:

12vo Piso:	167.10 t
11vo piso:	180.45 t
10mo Piso:	180.45 t
9no. Piso:	180.45 t
8vo. Piso:	180.45 t
7mo Piso:	180.45 t
6to Piso:	180.45 t
5to. Piso:	180.45 t
4to. Piso:	180.45 t
3er Piso:	180.45 t
2do piso:	380.80 t
1er piso:	241.49 t

2do sótano: 241.49 t
 Primer sótano: 241.49 t
 Total = 2896.63 t
 Vx = 401.67 t
 Vy = 401.67 t

Distribución igual en ambas direcciones

Piso	Peso (t)	h (m)	Pi.hi	Fi	Vi
12	167,10	38,45	6425,00	3403,40	3403,40
11	180,45	35,75	6451,09	3417,23	6820,63
10	180,45	33,05	5963,87	3159,14	9979,77
9	180,45	30,35	5476,66	2901,06	12880,83
8	180,45	27,65	4989,44	2642,97	15523,80
7	180,45	24,95	4502,23	2384,89	17908,69
6	180,45	22,25	4015,01	2126,81	20035,50
5	180,71	19,55	3532,78	1871,36	21906,86
4	180,42	16,85	3040,08	1610,37	23517,23
3	180,45	14,15	2553,30	1352,51	24869,74
2	380,80	11,5	4360,13	2309,62	27179,36
1	241,49	8,8	2113,02	1119,29	28298,66
2S	241,49	5,7	1376,48	729,14	29027,79
1S	241,49	3,1	758,27	401,67	29429,46

S= 2896,63

S= 758,27

• Cálculo de la Cortante Dinámica

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOXX	1	U1	119,9	28,5	0
SISMOXX	2	U1	10,88	-34,53	0
SISMOXX	3	U1	0,04	1,42	0
SISMOXX	4	U1	68,95	0,48	0
SISMOXX	5	U1	0,79	5,86	0
SISMOXX	6	U1	1,26	-6,52	0
SISMOXX	7	U1	25,83	-4,37	0
SISMOXX	8	U1	5,59	8,55	0
SISMOXX	9	U1	0,01	0,41	0
SISMOXX	10	U1	16,51	-9,47	0
SISMOXX	11	U1	10,32	9,57	0
SISMOXX	12	U1	10,38	-3,23	0
SISMOXX	All	All	146,77	42,45	0

Spec	Modo	Dir	F1	F2	F3
SISMOYY	1	U2	28,5	6,78	0
SISMOYY	2	U2	-34,53	109,6	0
SISMOYY	3	U2	1,42	48,26	0
SISMOYY	4	U2	0,48	0	0
SISMOYY	5	U2	5,86	43,47	0
SISMOYY	6	U2	-6,52	33,83	0
SISMOYY	7	U2	-4,37	0,74	0
SISMOYY	8	U2	8,55	13,09	0
SISMOYY	9	U2	0,41	15,48	0
SISMOYY	10	U2	-9,47	5,43	0
SISMOYY	11	U2	9,57	8,87	0
SISMOYY	12	U2	-3,23	1,01	0
SISMOYY	All	All	42,45	141,35	0

V estática X =401.67 t; V dinámico X = 146.77 t

V estática Y = 401.67 t; V dinámico Y = 141.35 t

- Cálculo del Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0.007 \times h_n$$

$$\Delta_{max} = 26.915 \text{ cm}$$

Desplazamiento en la dirección X:

Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entresijos (cm)
PISO12	2,7	38,45	3,835	12,943	1,107
PISO11	2,7	35,75	3,507	11,836	0,982
PISO10	2,7	33,05	3,216	10,854	1,114
PISO9	2,7	30,35	2,886	9,740	1,164
PISO8	2,7	27,65	2,541	8,576	1,245
PISO7	2,7	24,95	2,172	7,331	1,198
PISO6	2,7	22,25	1,817	6,132	1,239
PISO5	2,7	19,55	1,45	4,894	1,208
PISO4	2,7	16,85	1,092	3,686	1,121
PISO3	2,7	14,15	0,76	2,565	0,921
PISO2	2,7	11,45	0,487	1,644	0,837
PISO1	3,05	8,75	0,239	0,807	0,655
SOTANO1	2,56	5,7	0,045	0,152	0,101
SOTANO2	3,14	3,14	0,015	0,051	0,051

Desplazamiento en la dirección Y

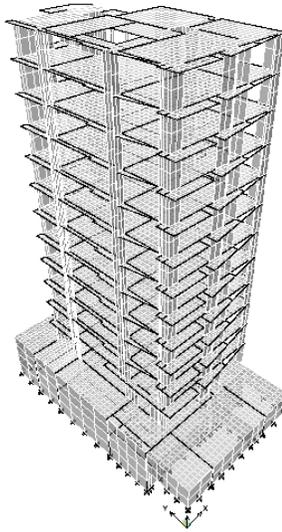
Pisos	H. Parcial (m)	H. Acumulada (m)	Δt (cm)	Total (cm)	D. entrepisos (cm)
PISO12	2,7	38,45	3,173	10,709	0,743
PISO11	2,7	35,75	2,953	9,966	0,797
PISO10	2,7	33,05	2,717	9,170	0,851
PISO9	2,7	30,35	2,465	8,319	0,915
PISO8	2,7	27,65	2,194	7,405	0,965
PISO7	2,7	24,95	1,908	6,440	1,006
PISO6	2,7	22,25	1,61	5,434	1,033
PISO5	2,7	19,55	1,304	4,401	1,029
PISO4	2,7	16,85	0,999	3,372	0,999
PISO3	2,7	14,15	0,703	2,373	0,928
PISO2	2,7	11,45	0,428	1,445	0,790
PISO1	3,05	8,75	0,194	0,655	0,591
SOTANO1	2,56	5,7	0,019	0,064	0,034
SOTANO2	3,14	3,14	0,009	0,030	0,030

- Modos de Vibración

Modo	Periodo
1	1,1036
2	0,92761
3	0,66318
4	0,29105
5	0,23882
6	0,17696
7	0,13818
8	0,10834
9	0,08297
10	0,08261
11	0,0638
12	0,05565

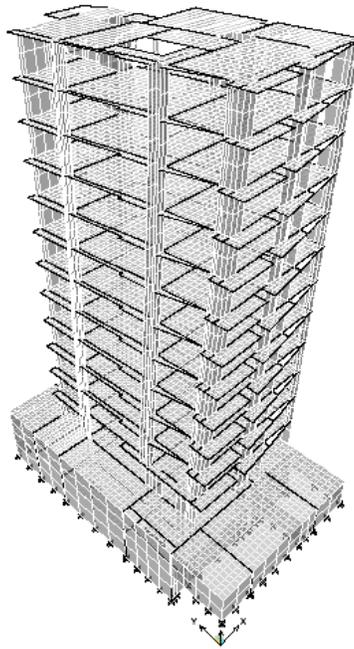
Modo 1

3-D View Mode 1 Period 1.1036 seconds



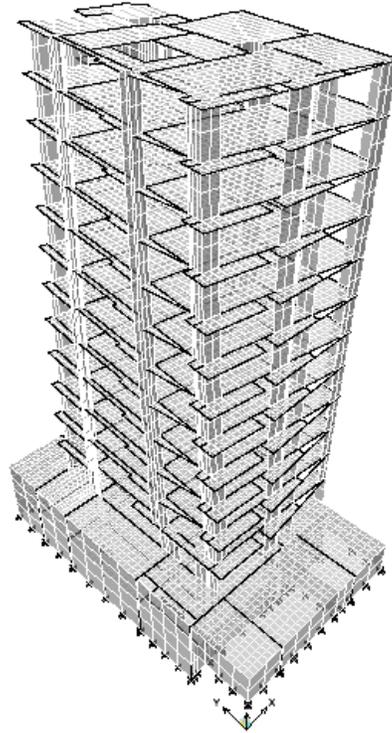
Modo 2

3-D View Mode 2 Period 0.9276 seconds



Modo 3

3-D View Mode 3 Period 0.6632 seconds



7.5 Diseño de elementos estructurales

7.5.1 Diseño de elementos verticales: Columnas

7.5.1.1 Sistema TQS

En el plano 001 se muestra la armadura de vigas y columnas de la estructura Simple A1. Para la columna P-5 se está diseñando con 6 Φ 16 mm lo que da un A_s de 12.06 cm^2

Ver Anexos Plano 001

7.5.1.2 Cálculo Manual Simple A1 P-5

$f'c$: 210 kg/cm²

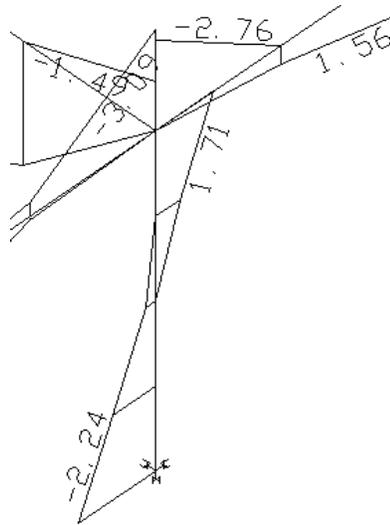
f_y : 4200 kg/cm²

As total 12 cm²

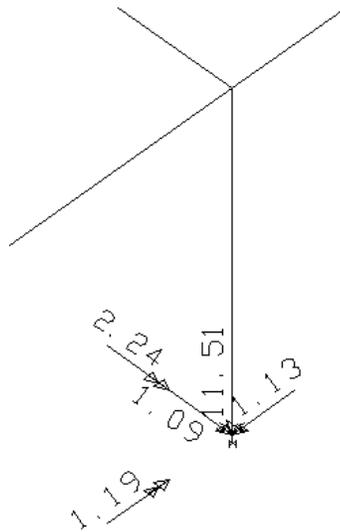
Columna 25 cm en la dirección x

50 cm en la dirección y

Momento Último



Carga Última



Cálculo del ΦP_n , en este caso $\Phi P_{ny} = \Phi P_{nx}$ por ser una columna cuadrada

Cuantía utilizada	$A_s/(axb)$	0.0096	
* Resistencia del concreto $f'_c = 210$	kg/cm^2	3.0	KSI
* Resistencia del Acero $f_y = 4200$	kg/cm^2	59.7	KSI

Con estos datos vamos al Diagrama de Interacción C.19

$K = 0.1$		$K_e/t = 0.8$	
$P_{ny} = 26250$	kg	-	$M_{ny} = 10500000$ kg-cm
$\Phi P_{ny} = 18375$	kg	-	$\Phi M_{ny} = 7350000$ kg
$P_{nx} = 26250$		-	$M_{nx} = 10500000$ kg-cm
$\Phi P_{nx} = 18375$		-	$\Phi M_{nx} = 7350000$ kg-cm
$\Phi P_{no} = 273525$		-	$M_{ux} = 224000$ kg-cm
		-	$M_{uy} = 145000$ kg-cm

P actuante = 11510 kg

$$M_{ux}/\Phi M_{nx} + M_{uy}/\Phi M_{ny} < 1$$

$P_u/(\Phi p_{no}) = 0.042 < 0.1$ Usaremos la segunda expresión

$$M_{ux}/\Phi M_{nx} + M_{uy}/\Phi M_{ny} = 0.050 < 1 \text{ Cumple por la verificación}$$

Biaxial

Por lo tanto en la columna P5 de la estructura Simple A1 se diseñara con 6 $\Phi 5/8$ " que da un $A_s = 12 \text{ cm}^2$

7.5.2 Diseño de elementos horizontales: Vigas

7.5.2.1 Sistema TQS (Vigas)

Simple A1

En el plano que se anexa se muestran las armaduras de las vigas de la estructura Simple A1, las vigas muestran los fierros horizontales y verticales. Para la comprobación del diseño se realizo el cálculo manual de la viga V-1 el cual resulto similar al sistema TQS (Ver Anexos Plano 001).

Compleja A

En el plano 002 se muestra la planta del 5to piso, en los planos 003 y 004 se muestran las armaduras de las vigas de la estructura en mención, las vigas muestran los fierros horizontales y verticales. Para la comprobación del diseño se realizó el cálculo manual de la viga V-502 el cual resulto similar al sistema TQS (Ver Anexos Planos 002, 003 y 004).

7.5.2.2 Cálculo Manual (Vigas)

Simple A1 V-1

Predimensionamiento:

Luz=5 m; h = 0.50 \approx 0.5 m

b = 0.25 m

Metrado:

Carga Muerta

P.p viga	0.25	0.5	2400	300
Maciza h= 12 cm		0.12	2400	288
acabados	100	2.75		275
				863

Carga Viva

s/c	100	2.75		275
-----	-----	------	--	-----

$W_u = 1789.5 \text{ Kg/m}$

Sección	Apoyo B (-)	Centro BC (+)	Apoyo C (-)	Centro CD (+)	Apoyo D (-)
Coficiente	1/16	1/14	1/9	1/14	1/16
Luz (m)	5	5	5	5	5
Mu (t-m)	2.80	3.20	4.97	3.20	2.80
As flexión	2 \varnothing 5/8"	2 \varnothing 5/8"	2 \varnothing 5/8"	2 \varnothing 5/8"	2 \varnothing 5/8"
As corte	\varnothing 3/8" 1@ 0.05; 4 @ 0.10; rsto @ 0.20				

Compleja A V-502

Predimensionamiento:

Luz = 5 m; h = 0.50 \approx 0.6 m

b = 0.30 m

Metrado:

Carga Muerta

P.p viga	0.3	0.6	2400	432
Maciza h= 14 cm		0.14	2400	336
acabados	100	5.35		535
				1303

Carga Viva

s/c	200	5.35		1070
-----	-----	------	--	------

$$W_u = 3880.5 \text{ Kg/m}$$

Sección	Apoyo P8 (-)	Centro P8 P5 (+)	Apoyo P5 izq	Apoyo P5 (-) der
Coefficiente	1/16	1/14	1/10	1/11
Luz (m)	5.00	5.00	5	5
Mu (t-m)	6.06	6.93	9.70	8.82
As flexión	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"
As corte	ø 3/8" 1@ 0.05; 4 @ 0.10; rsto @ 0.20			

Sección	Centro P5 P6 (+)	Apoyo P6 (-) izq	Apoyo P6 (-) der	Centro P6 P7 (+)	Apoyo P7 (-)
Coefficiente	1/16	1/11	1/10	1/14	1/16
Luz (m)	5	5	5	5	5
Mu (t-m)	6.06	8.82	9.70	6.93	6.06
As flexión	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"	3 ø 5/8"

7.5.3 Diseño de Elementos Horizontales (Losas)

7.5.3.1 Sistema TQS

El diseño que se adjunta confirma que el sistema CAD/ TQS, puede ser utilizado en el Perú. (Ver Anexos Plano 005).

7.5.3.2 Cálculo Manual

Losa Simple C2

$$W_u = 890 \text{ Kg/m}$$

Sección	V204 (-)	V204-V205 (+)	V205 izq	V205 (-) der
Coeficiente	1/16	1/14	1/10	1/11
Luz (m)	3.700	3.700	3.7	3.7
Mu (t-m)	0.76	0.87	1.22	1.11
As flexión	∅ 3/8" @ 0.20	∅ 3/8" @ 0.20	∅ 1/2" @ 0.25	∅ 1/2" @ 0.25
As corte	∅ 3/8" 1@ 0.05; 4 @ 0.10; rsto @ 0.20			

Sección	V205-V206 (+)	V206 izq	V206 der	V206-V207 (+)
Coeficiente	1/16	1/11	1/11	1/16
Luz (m)	3.7	3.7	3.70	3.70
Mu (t-m)	0.76	1.11	1.11	0.76
As flexión	∅ 3/4" @ 0.20	∅ 1/2" @ 0.25	∅ 1/2" @ 0.25	∅ 3/8" @ 0.20

Sección	V207 (-) izq	V207 der	V207-V208 (+)	V208 (-)
Coeficiente	1/11	1/10	1/14	1/16
Luz (m)	3.70	3.7	3.7	3.7
Mu (t-m)	1.11	1.22	0.87	0.76
As flexión	∅ 3/8" @ 0.20	∅ 1/2" @ 0.25	∅ 3/8" @ 0.20	∅ 3/8" @ 0.20

CAPÍTULO VIII

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 Introducción

Se realizará un análisis de los resultados obtenidos, confrontando los resultados de las cortantes dinámicas, desplazamientos, modos de vibración, para una mejor visualización de los resultados se construyeron tablas y gráficos con los resultados obtenidos en el capítulo V. Con ayuda de gráficos realizados en Excel se pueden ver con facilidad las similitudes y diferencias del ETABS y TQS.

8.2 Comparación de los resultados

Lo más notorio y fácil de apreciar es que los resultados son muy aproximados para estructuras aporticadas (columnas y vigas), existiendo una diferencia que fluctúa entre el 1 y 5% para los cortantes, desplazamientos, modos, pesos, etc. lo cual para fines de ingeniería es un rango aceptable.

Para las estructuras que cuentan con placas ya este porcentaje aumenta hasta un 8 % notándose la mayor diferencia en la estructura Compleja B al ser primordialmente de placas. En los gráficos anexos se aprecia las diferencias de los resultados entre las estructuras y la

tendencia similar que tienen los programas, con lo que podemos concluir que es posible utilizar el programa TQS en Perú.

8.2.1 Simple A1

Cortante Dinámica

		Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
Spec	Mode	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	4.22	0	0	4.143	0	0	98%
SISMOYY	All	0	4.22	0	0	4.142	0	98%

Desplazamiento

		Desplazamientos (cm)				Diferencia
		Etabs		TQS		
		Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX		0.12	0.71	0.11	0.66	93%
SISMOYY		0.09	0.56	0.09	0.54	96%

Modos

		Modos		Diferencia
Modo		Etabs	TQS	
1		0.195	0.19	98%
2		0.173	0.169	97%
3		0.127	0.144	113%

8.2.2 Simple A2

Cortante Dinámica

		Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
Spec	Modo	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	8.22	0	0	8.26	0	0	100.46%
SISMOYY	All	0	8.04	0	0	8.08	0	100.44%

Desplazamientos

		Desplazamientos (cm)				Diferencia
		ETABS		TQS		
SISMOXX	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		
2do piso	0.3993	0.91	0.39	0.9		97.67%
1er piso	0.2477	1.49	0.24	1.44		96.89%
SISMOYY	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		
2do piso	0.356	0.94	0.35	0.96		98.31%
1er piso	0.2	1.20	0.19	1.14		95.00%

Modos

		Modos		Diferencia
Modo		Etabs	TQS	
1		0.329	0.325	98.86%
2		0.308	0.304	98.74%
3		0.224	0.258	115.41%
4		0.104	0.102	98.17%
5		0.091	0.089	97.50%
6		0.068	0.076	112.50%

8.2.3 Simple B1

Cortante Dinámica

		Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
Spec	Modo	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	7.96	0	0	7.931	0	0	99.64%
SISMOYY	All	0	7.96	0	0	7.931	0	99.64%

Desplazamientos

		Desplazamientos (cm)				Diferencia
		ETABS		TQS		
SISMOXX	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		
2do piso	0.9575	1.26	0.93	1.215		97.13%
1er piso	0.6786	3.05	0.66	2.97		97.26%
SISMOYY	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		
2do piso	0.9575	1.26	0.93	1.215		97.13%
1er piso	0.6786	3.05	0.66	2.97		97.26%

Modos

Modo	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	0.493	0.484	98.26%
2	0.493	0.484	98.26%
3	0.372	0.427	114.88%
4	0.128	0.125	97.87%
5	0.128	0.125	97.87%
6	0.099	0.109	110.09%

8.2.4 Simple B2

Cortante Dinámica

Spec	Modo	Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	9.32	0	0	9.397	0	0	100.83%
SISMOYY	All	0	9.32	0	0	9.397	0	100.83%

Desplazamiento

	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX					
4to piso	1.5935	0.476	1.55	0.45	97.27%
3er piso	1.4878	0.867	1.45	0.81	97.46%
2do piso	1.2952	2.051	1.27	1.98	98.05%
1er piso	0.8394	3.777	0.83	3.735	98.88%
SISMOYY					
4to piso	1.5935	0.47565	1.55	0.45	97.27%
3er piso	1.4878	0.8667	1.45	0.81	97.46%
2do piso	1.2952	2.05	1.27	1.98	98.05%
1er piso	0.8394	3.78	0.83	3.735	98.88%

Modos

Modo	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	0.811	0.795	97.98%
2	0.811	0.795	97.98%

3	0.602	0.703	116.77%
4	0.209	0.204	97.50%
5	0.209	0.204	97.50%
6	0.159	0.18	113.50%

8.2.5 Simple C1

Cortante Dinámica

Spec	Modo	Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	39.45	0	0	38.293	0	0	97.07%
SISMOYY	All	0	38	0	0	36.555	0	96.20%

Desplazamiento

SISMOXX	Δt (cm)	Desplazamientos (cm)			Diferencia	
		ETABS		TQS		
		D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		Δt (cm)
3er piso	0.6245	0.7968	0.58	0.72	92.87%	
2do piso	0.4917	1.44	0.46	1.32	93.55%	
1er piso	0.2511	1.51	0.24	1.44	95.58%	
SISMOYY	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)		
3er piso	0.3236	0.54	0.29	0.480	89.62%	
2do piso	0.2336	0.79	0.21	0.720	89.90%	
1er piso	0.1027	0.62	0.09	0.540	87.63%	

Modos

Modo	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	0.403	0.389	96.62%
2	0.286	0.272	95.16%
3	0.267	0.269	100.68%
4	0.138	0.134	96.85%
5	0.091	0.088	96.61%
6	0.088	0.085	96.41%
7	0.085	0.084	98.93%
8	0.050	0.049	97.43%

9	0.050	0.047	93.97%
---	-------	-------	--------

8.2.6 Simple C2

Cortante Dinámica

Spec	Modo	Cortantes (ton)						Diferencia
		Etabs			TQS			
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
SISMOXX	All	40.25	0	0	40.202	0	0	99.88%
SISMOYY	All	0	50.58	0	0	51.182	0	101.19%

Desplazamiento

SISMOXX	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
6to piso	1.242	0.48	1.2	0.48	96.62%
5to piso	1.1616	0.89	1.12	0.84	96.42%
4to piso	1.0131	1.24	0.98	1.20	96.73%
3er piso	0.806	1.53	0.78	1.50	96.77%
2do piso	0.5508	1.74	0.53	1.68	96.22%
1er piso	0.2603	1.56	0.25	1.50	96.04%
SISMOYY	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
6to piso	0.9548	0.463	0.91	0.42	95.31%
5to piso	0.8777	0.771	0.84	0.72	95.70%
4to piso	0.7492	1.049	0.72	1.02	96.10%
3er piso	0.5744	1.255	0.55	1.2	95.75%
2do piso	0.3653	1.321	0.35	1.26	95.81%
1er piso	0.1451	0.871	0.14	0.84	96.49%

Modos

Modo	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	0.782	0.756	96.67%
2	0.593	0.567	95.54%
3	0.543	0.548	100.95%
4	0.261	0.252	96.53%
5	0.189	0.18	95.32%
6	0.176	0.177	100.81%
7	0.157	0.152	96.71%

8	0.115	0.111	96.48%
9	0.105	0.101	96.22%
10	0.100	0.1	99.75%
11	0.094	0.091	96.86%
12	0.084	0.081	96.91%

8.2.7 Simple D1

Cortante Dinámica

Spec	Modo	Cortantes (ton)						Diferencia	
		Etabs			TQS			Fx	Fy
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz		
SISMOXX	All	55.67	4.04	0	48.932	1.638	13.469	87.90%	40.54%
SISMOYY	All	4.62	66.54	0	1.872	62.826	2.496	40.52%	94.42%

Desplazamiento

	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX					
3er piso	1.17	1.215	1.29	1.440	110.26%
2do piso	0.9	1.98	0.97	2.295	107.78%
1er piso	0.46	2.07	0.46	2.07	100.00%
SISMOYY					
3er piso	1.21	1.772	1.11	1.693	91.74%
2do piso	0.76	1.851	0.68	1.693	89.47%
1er piso	0.29	1.142	0.25	0.984	86.21%

Modos

Modo	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	0.530	0.604	114.00%
2	0.463	0.484	104.61%
3	0.332	0.356	107.20%
4	0.172	0.194	112.81%
5	0.121	0.125	103.35%
6	0.109	0.12	110.00%

8.2.8 Simple D2

Cortante Dinámico

Spec	Modo	Cortantes (ton)						Diferencia	
		Etabs			TQS				
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy
SISMOXX	All	60.69	5.62	0	66.815	6.974	0.62	110.09%	124.09%
SISMOYY	All	6.43	67.98	0	7.971	69.441	6.612	123.97%	102.15%

Desplazamiento

	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX					
6to piso	2.31	0.54	1.89	0.405	81.82%
5to piso	2.19	0.945	1.8	0.765	82.19%
4to piso	1.98	1.395	1.63	1.125	82.32%
3er piso	1.67	2.385	1.38	1.935	82.63%
2do piso	1.14	2.79	0.95	2.205	83.33%
1er piso	0.52	2.34	0.46	2.07	88.46%
SISMOYY					
6to piso	2.64	1.142	2.59	1.063	98.11%
5to piso	2.35	1.457	2.32	1.418	98.72%
4to piso	1.98	1.772	1.96	1.693	98.99%
3er piso	1.53	2.402	1.53	2.363	100.00%
2do piso	0.92	2.323	0.93	2.244	101.09%
1er piso	0.33	1.299	0.36	1.418	109.09%

Modos

Modo	Periodos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	1.051	1.031	98.14%
2	1.031	0.961	93.21%
3	0.749	0.769	102.71%
4	0.314	0.294	93.56%
5	0.278	0.277	99.69%
6	0.202	0.208	102.88%
7	0.187	0.177	94.41%
8	0.135	0.137	101.59%
9	0.129	0.132	102.52%
10	0.105	0.124	117.62%

11	0.098	0.122	125.08%
12	0.084	0.115	136.47%

8.2.9 Compleja A

Cortante Dinámica

Spec	Mode	Cortantes (ton)						Diferencia	
		Etabs			TQS				
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy
SISMOXX	All	92.56	83.06	0	89.131	80.473	4.571	96.30%	96.89%
SISMOYY	All	83.06	97.96	0	83.06	97.96	0	100.00%	100.00%

Desplazamientos

	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX					
6to piso	1.66	0.512	1.73	0.591	104.22%
5to piso	1.53	0.788	1.58	0.866	103.27%
4to piso	1.33	1.063	1.36	1.142	102.26%
3er piso	1.06	1.299	1.07	1.339	100.94%
2do piso	0.73	1.408	0.73	1.418	100.00%
1er piso	0.3724	1.466	0.37	1.457	99.36%
SISMOYY					
6to piso	1.42	0.512	1.36	0.433	95.77%
5to piso	1.29	0.669	1.25	0.669	96.90%
4to piso	1.12	0.945	1.08	0.866	96.43%
3er piso	0.88	1.063	0.86	1.024	97.73%
2do piso	0.61	1.194	0.6	1.181	98.36%
1er piso	0.3068	1.208	0.3	1.181	97.78%

Modos

Mode	Modos		Diferencia
	ETABS	TQS	
1	0.747	0.763	102.13%
2	0.446	0.393	88.02%
3	0.243	0.24	98.57%
4	0.231	0.209	90.36%

5	0.132	0.133	100.91%
6	0.107	0.089	83.33%

8.2.10 Compleja B

Cortante Dinámica

Spec	Mode	Cortantes (ton)						Diferencia	
		Etabs			TQS			Fx	Fy
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz		
SISMOXX	All	146.77	42.45	0	159.929	66.118	18.071	108.97%	155.76%
SISMOYY	All	42.45	141.35	0	66.118	152.695	28.545	155.76%	108.03%

Desplazamientos

	Desplazamientos (cm)				Diferencia
	ETABS		TQS		
	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	Δt (cm)	D. entrepisos (cm)	
SISMOXX					
12avo piso	3.835	1.1070	3.71	0.5738	96.74%
11avo piso	3.507	0.9821	3.54	0.6412	100.94%
10mo piso	3.216	1.1138	3.35	0.7088	104.17%
9no piso	2.886	1.1644	3.14	0.8100	108.80%
8vo piso	2.541	1.2454	2.9	0.8775	114.13%
7mo piso	2.172	1.1981	2.64	0.9450	121.55%
6to piso	1.817	1.2386	2.36	1.0125	129.88%
5to piso	1.450	1.2083	2.06	1.0800	142.07%
4to piso	1.092	1.1205	1.74	1.1475	159.34%
3er piso	0.760	0.9214	1.4	1.1475	184.21%
2do piso	0.487	0.8370	1.06	1.1813	217.66%
1er piso	0.239	0.6548	0.71	1.0463	297.07%
2do sótano	0.045	0.1013	0.4	0.9450	888.89%
1er sótano	0.015	0.0506	0.12	0.4050	800.00%
SISMOYY					
12avo piso	3.173	0.7425	3.98	0.9450	125.43%
11avo piso	2.953	0.7965	3.7	1.0125	125.30%
10mo piso	2.717	0.8505	3.4	1.0463	125.14%
9no piso	2.465	0.9146	3.09	1.1138	125.35%
8vo piso	2.194	0.9652	2.76	1.1475	125.80%
7mo piso	1.908	1.0058	2.42	1.1813	126.83%
6to piso	1.610	1.0328	2.07	1.2150	128.57%
5to piso	1.304	1.0294	1.71	1.1813	131.13%
4to piso	0.999	0.9990	1.36	1.1813	136.14%

3er piso	0.703	0.9281	1.01	1.1138	143.67%
2do piso	0.428	0.7898	0.68	0.9450	158.88%
1er piso	0.194	0.5906	0.4	0.7763	206.19%
2do sótano	0.019	0.0338	0.17	0.4050	894.74%
1er sótano	0.009	0.0304	0.05	0.1688	555.56%

Modos

Mode	Modos		Diferencia
	Etabs	TQS	
1	1.104	1.145	103.75%
2	0.928	1.064	114.70%
3	0.663	0.719	108.42%
4	0.291	0.307	105.48%
5	0.239	0.280	117.24%
6	0.177	0.279	157.67%
7	0.138	0.194	140.40%
8	0.108	0.108	100.00%
9	0.083	0.083	100.00%
10	0.083	0.083	100.00%
11	0.064	0.064	100.00%
12	0.056	0.056	100.00%

8.3 Cuadros Comparativos

8.3.1 Pesos de las estructuras

Las estructuras aporticadas del ETABS tienen mayor como se ve en la peso Figura 35, por causa de que este programa realiza los metrados a ejes de elementos, haciendo que muchas veces se tomen pesos dos veces.

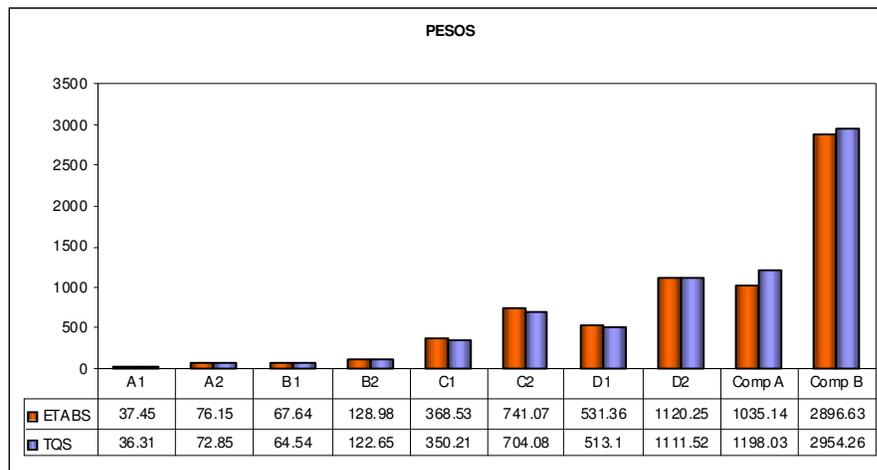


Figura Nº 35

8.3.2 Cortante Dinámica

En las estructuras Aporticadas A1, B1, C1, D1 las cortantes del programa ETABS son mayores por causa de que tienen mayor peso, las estructuras aporticadas A2, B2, C2, D2 las cortantes dinámicas son mayores por causa de las rigidez de las estructuras, como se muestra en la Figura 36. Ya en las estructuras complejas es diferente por que está influyendo las rigideces y pesos de las estructuras de cada caso.

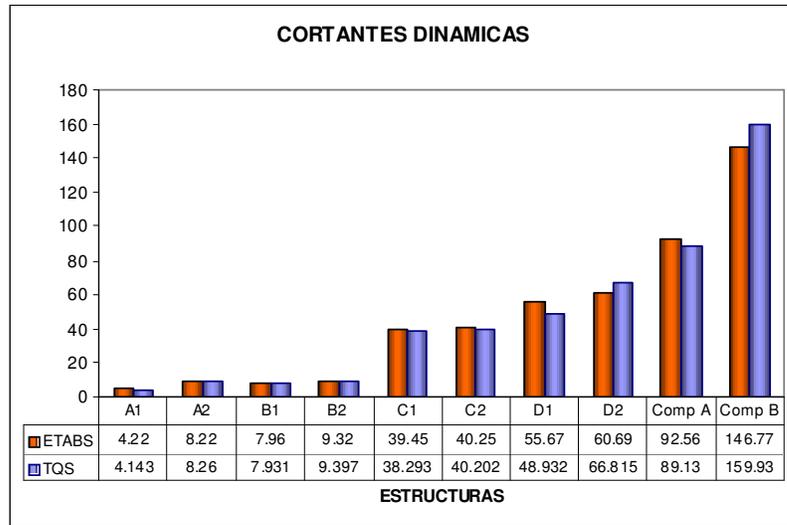


Figura N° 36

La tendencia de los dos programas con respecto a las cortantes dinámicas es la misma como se ve en la Figura 37.

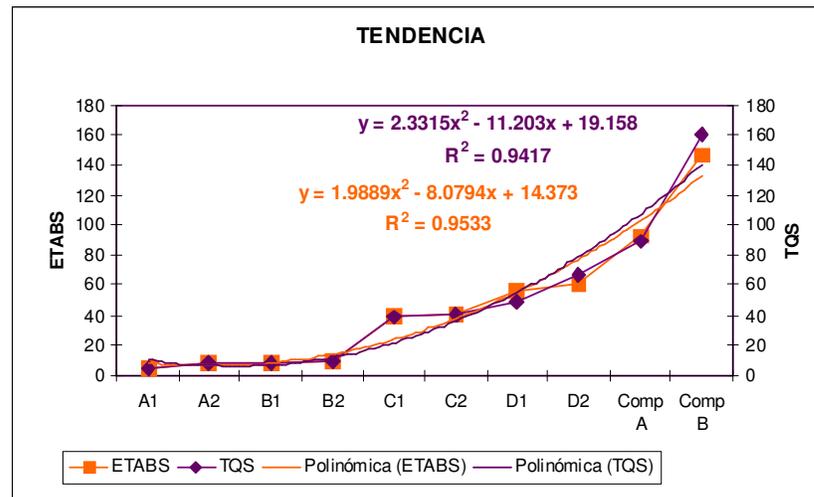


Figura N° 37

8.3.3 Desplazamientos

En las Figuras 38 y 39 se aprecia como influye el peso de las estructuras en los desplazamientos, como se sabe el peso es un factor importante de la fuerza cortante de sismo, a mayor

peso, mayor fuerza cortante, generando mayores desplazamientos.

En el desplazamiento también influye la rigidez de la estructura por lo que se realiza este calculo con la siguiente formula.

$$\Delta = F / k$$

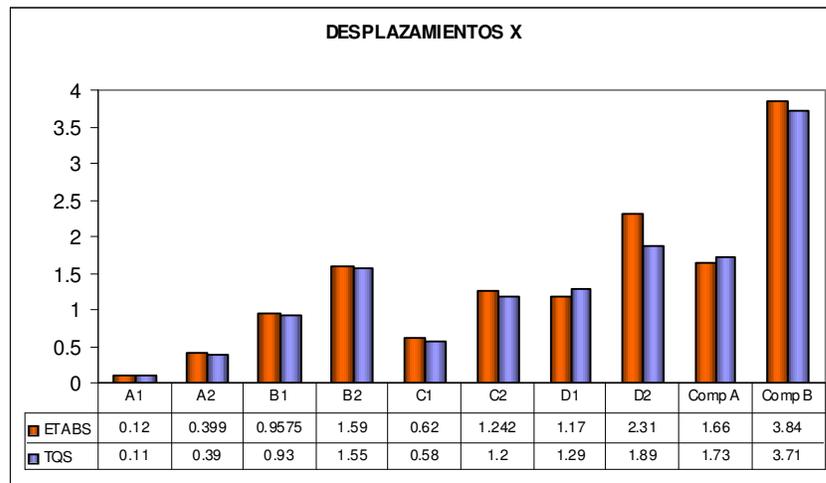


Figura N° 38

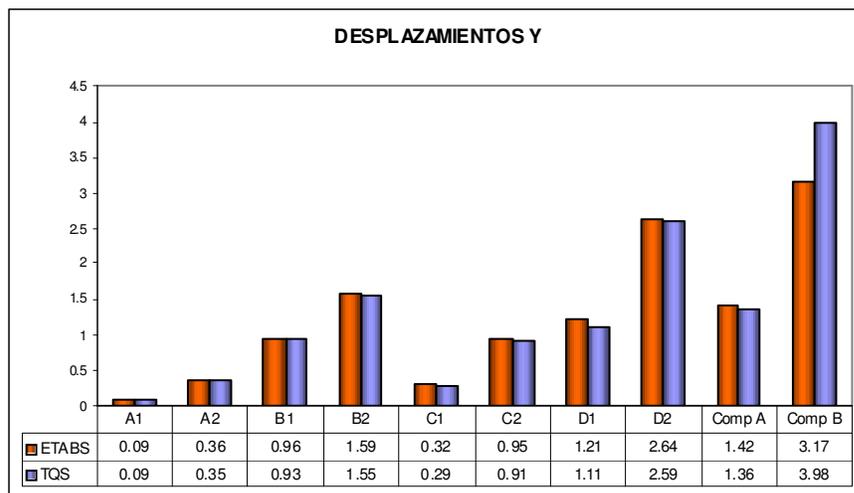


Figura N° 39

8.3.4 Modos

Confrontando los pesos con los modos de vibración en las figuras 40 y 41, se aprecia como influye la masa para la obtención de este valor, también se aprecia que la rigidez es similar en estas estructuras en ambos programas, en las estructuras de placas ya es diferente por las rigideces que esta tomando el TQS como columnas y el ETABS como placas.

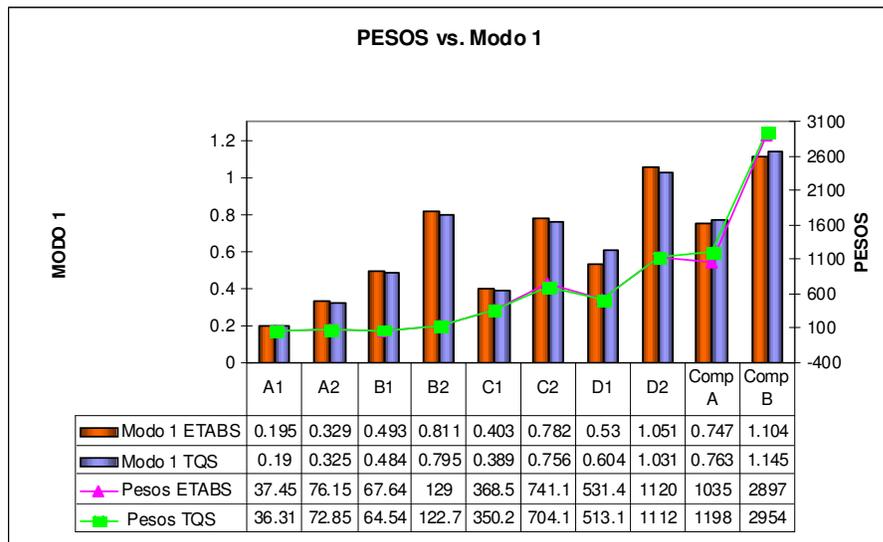


Figura N° 40

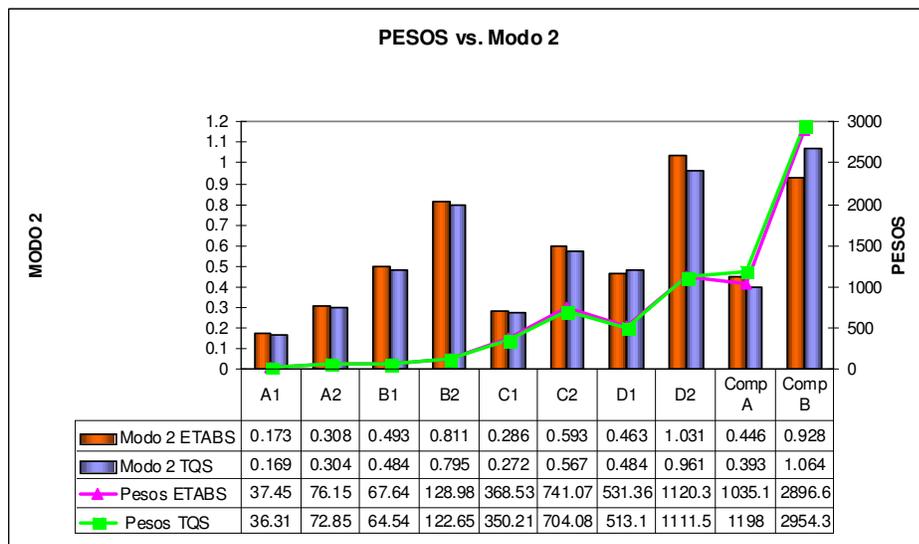


Figura N° 41

8.4 Ventajas y desventajas del Sistema TQS

8.4.1 Ventajas

Nº	VENTAJAS
1	El TQS es un sistema integrado para proyectos de estructuras tridimensionales.
2	Realiza el cálculo matricial espacial de solicitaciones, desplazamientos de losas, vigas, columnas, zapatas
3	Elabora el dimensionamiento, detallado, diseño y refuerzo de losas, vigas, columnas, zapatas.
4	Los tipos de losas que se pueden analizar son: losas planas, nervadas (en una y dos direcciones) y losas prefabricadas
5	Para losas y vigas el sistema también habilita la utilización de concreto postensado
6	Permite el modelamiento de forma correcta sobre las plantas de la arquitectura a través de archivos DXF
7	Realiza el metrado del fierro, dando tablas en longitudes y posteriormente transformándolo a kg
8	Cuenta con una óptima visualización 3D, con el cual se puede simular un paseo por la estructura. El cual nos ayuda a un mejor modelamiento, optimización y menos cantidad de errores
9	Al modelar se puede habilitar el detector de errores del modelo, al encontrarlos los marca debidamente
10	Al finalizar la corrida del programa, muestra un cuadro con errores que indica el número del piso, el nombre del elemento y la posible solución que se le podría dar a este.
11	El TQS tiene un alto valor beneficio/costo al automatizar varios procesos entre la entrega del proyecto del cliente, hasta la conclusión del proyecto que incluye, planos, metrados, memoria de cálculo, resúmenes del análisis

8.4.2 Desventajas

Nº	DESVENTAJAS
1	No realiza el diseño de planos de placas, por consiguiente no se podría elaborar una estructura con un sistema de ductilidad limitada
2	El diseño de armaduras de vigas no tiene la distribución correcta de estribos para cumplir con la ductilidad que se necesita de acuerdo a la norma E.060
3	El programa es netamente para estructuras confinadas y aporticadas.
4	No realiza el diseño de estructuras de acero ni mixtas.
5	La distribución de estribos en columnas, no cumple con la ductilidad de la norma E.060
6	No realiza el diseño de losas aligeradas

8.5 Ventajas y desventajas del Sistema ETABS

8.5.1 Ventajas

Nº	VENTAJAS
1	Cuenta con plantillas para realizar los modelos
2	Realiza el cálculo con diferentes unidades de fuerza (kg, t, libras, N) y unidades métricas (m, cm, in)
3	Cuenta con diferentes tipos de losas como son: losas planas, cubiertas, losas reticulares, losas nervadas, etc.
4	El ETABS es un programa específicamente para el diseño de edificios de mampostería, concreto armado.
5	Cálculo automático de coordenadas de masa (x_m , y_m); y de coordenadas de centros de rigideces (x_t , y_t)
6	Diseño de secciones no prismáticas de concreto armado
7	Diseño de Muros de Corte (Placas)
8	Animación de los modos de vibración de la estructura

9	Edificios sujeto a cualquier cantidad de casos de carga y combinaciones, tanto lateral como vertical. Incluyendo carga automáticas por viento y sismo
10	Transferencia automática de cargas verticales de pisos a vigas y muros
11	Análisis P-Delta con análisis dinámicos o estáticos
12	Múltiples casos de carga por funciones en el dominio del tiempo lineales y no lineales en cualquier dirección
13	Modelaje de pisos con diafragmas rígidos o semi-rígidos
14	Sofisticado y fácil de usar, desarrollado específicamente para sistemas de edificaciones
15	Puede manejar los más grandes y complejos modelos de edificios
16	Ahorra tiempo en el modelamiento

8.5.2 Desventajas

Nº	DESVENTAJAS
1	Todos los datos están integrados usando una base de datos común
2	No realiza análisis ni cálculo de losas, ni losas de cimentaciones
3	No realiza análisis ni cálculo de zapatas.
4	Para el diseño de conjunto losas y cimentaciones se emplea un programa complementario que es el SAFE. Y el conjunto ETABS+SAFE es bueno pero relativamente costoso.
5	El cálculo es dado en valores de cuantía de acero pero no calcula el número de varillas que debe ir en el elemento.
6	No realiza el cálculo del espaciamiento de los estribos
7	El modelo y análisis es todo realizado a los ejes de la estructura.
8	No importa resultados con dibujos al AUTOCAD ya listos para ser mandados a obra.
9	Al realizar una importación solo trae un layer, el cual genera una confusión para realizar el modelaje de la estructura.
10	No agrega presiones triangulares en los elementos shell

11	No se puede realizar la definición de masa mediante cargas puntuales y masas específicas.
12	El diseño de columnas es solo realizado con un tipo de varilla.
13	No se puede modelar vigas curvas
14	No realiza un adecuado cálculo de columnas en L

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES

Este trabajo consistió en la adecuación y evaluación para el comportamiento de estructuras sometidas a cargas laterales del programa TQS del Brasil. La realización de este trabajo permitió obtener las siguientes conclusiones:

1. Para poder utilizar el programa TQS en el Perú se tuvieron que realizar una serie de adaptaciones, ya que las normas y parámetros estructurales peruanas difieren de las normas y parámetros estructurales brasileros, debido principalmente a que Brasil no se encuentra en zona sísmica. Se obtuvo las combinaciones correctas y los resultados satisfactorios para el análisis, diseño y armaduras de la estructura. Esto es factible porque las normas de diseño peruanas y brasileras, parten de la Normativa ACI. Sin embargo fue necesario realizar modificaciones de los diámetros de las varillas, porcentajes mínimos y máximos de acero de los elementos estructurales, traslapes de vigas y los respectivos anclajes.
2. Con este trabajo se a logrado implementar el modulo de análisis dinámico del Perú, a esto se refiere que en el TQS se tendrá que especificar la zona, suelo, tipo de estructura, sistema estructural y el sistema TQS calculará automáticamente el espectro de diseño del proyecto.

3. Con la implementación del módulo de análisis dinámico se consiguió automatizar el espectro de diseño del Perú, con esto se tornará más fácil el modelar estructuras de concreto armado en el TQS. También se podrá disminuir el margen de error, ya que el usuario no tendrá que exportar la información de una hoja de cálculo o pasarlo manualmente al programa diseñando con esto el espectro del proyecto.
4. La evaluación de este trabajo fue realizada en 10 estructuras de aplicación comparando los resultados del ETABS con el TQS, en las primeras 6 estructuras los resultados fueron equivalentes en un margen de hasta 5% tanto en las cortantes, momentos, modos, desplazamientos, etc. Esto se debe a que son estructuras aporticadas conformadas por columnas, vigas y losas. Ya para las siguientes estructuras las diferencias aumentaron porque los elementos verticales en el ETABS fueron modelados como elementos shell y en el TQS como elementos frame ya que el TQS no tiene el módulo de diseño de shell. Con esto se puede concluir que el sistema TQS es posible utilizarlo en el Perú en estructuras aporticadas, edificaciones comunes en las que no sea requisito indispensable el uso de placas.
5. En la comparación de los resultados se utilizó el ETABS ya que es el programa de análisis tridimensional extendido y diseño de Edificaciones que puede realizar análisis de estructuras complejas, teniendo numerosas opciones extras que simplifican el diseño de edificaciones, también es el más utilizado y aceptado en nuestro medio.
6. Los resultados del análisis para las estructuras como columnas, vigas y losas son muy aproximados, existiendo un porcentaje de error mínimo que fluctúa entre el 1 y 5%, que para fines de ingeniería es un rango aceptable.

7. Los resultados del análisis demostraron que es posible utilizar el sistema TQS en el Perú para estructuras que se encuentran en la Categoría C del Reglamento Nacional de Edificaciones, esto facilitará el tiempo de cada proyecto pero no necesariamente ayudará al ingeniero estructural en todos los aspectos ya que no se puede dejar de analizar e interpretar los resultados. Para las estructuras de la Categoría A y B, no es posible el uso del sistema TQS, porque en la norma E-030 se especifica que estas estructuras necesariamente deberán contar con placas.
8. De acuerdo al análisis desarrollado de las estructuras se demostró que los desplazamientos dependen principalmente de la rigidez de la estructura y de las características del movimiento del suelo.
9. En el campo del estudio dinámico es común usar programas para el análisis dinámico modal de las estructuras, pero no es tan frecuente que se conozcan los alcances y las limitaciones de éste, los cuales dependen de cada reglamento de diseño sismorresistente.
10. Se debe tener presente que los programas computacionales sólo descargan al usuario de la tarea del trabajo rutinario de cálculo, pero dejan intacta la tarea de representar la construcción y las acciones con un modelo teórico confiable y la tarea aún más exigente de interpretar los resultados del análisis.
11. El sistema TQS cumple con el diseño de vigas, losas y columnas, esto se concluye ya que se realizó el cálculo manual de los elementos analizados por el programa, dando similar área de acero. Sin embargo, para que cumpla con el Reglamento Nacional de Edificaciones se debe editar la parte de los estribos para que calcule exactamente el metrado del acero, con esto ya se podría proceder a

generar los planos con los dibujos y la tabla de metrado respectiva que serán enviados a obra. Al concluir esto se va apreciar como es rápido y practico el TQS, como se sabe la parte de dibujo y metrado es la que toma más tiempo en los proyectos.

12. El TQS, no realiza el diseño de planos de placas, lo cual es una limitación en nuestro medio, debido al extendido uso de estos elementos. Tan solo realiza el análisis de columnas simulándolas como placas lo que crea problemas de esbeltez, cortante, rigidez, etc.
13. El sistema TQS no entrega como resultado al usuario las coordenadas del Centro de Masas y Centro de Rigideces, y esto es muy importante para poder determinar la excentricidad que se tiene, ya que con esto se determina si nuestro proyecto está cumpliendo con la torsión establecida en el reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO X

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el sistema TQS, en la elaboración de proyectos de estructuras aporticadas de concreto armado en Perú con las modificaciones realizadas en este trabajo.
2. Continuar con la adaptación del TQS implementando el módulo de análisis de placas para con esto poder utilizarlo en todo tipo de estructuras y aumentar el uso del software en el Perú. Debido al importante uso de placas se deberá instalar el módulo de diseño de planos de placas en el sistema TQS, mostrando los momentos, fuerzas cortantes y fuerzas axiales.
3. Se recomienda el uso del sistema TQS ya que realiza el dimensionamiento, armado, diseño, refuerzo de losas, vigas y columnas, dibujo de todos estos elementos, metrados y planos finales para ser entregados en obra; siendo un sistema integrado para proyectos de estructuras tridimensionales.
4. Se recomienda realizar la evaluación del módulo de postensados del sistema TQS para las normas peruanas, ya que en este trabajo sólo fueron evaluadas estructuras de concreto armado. La evaluación se

deberá realizar con el SAP, ADAPT o un programa similar que evalúe sistemas postensados.

5. Garantizar la capacidad de la estructura para disipar energía, ya que diseñar una estructura para resistir la totalidad de los esfuerzos sísmicos es antieconómico y va en contra de los principios del diseño sismorresistente.
6. Un software está basado en fórmulas teóricas consistentes y estos hacen la aplicación, éste no diferencia una estructura buena de una mala, ayuda solamente para automatizar y refinar los cálculos, por lo tanto el ingeniero estructural deberá tener especial cuidado en evaluar los resultados de los programas de análisis y diseño para asegurar un comportamiento adecuado.
7. Se recomienda el uso del Sistema TQS por su automatización, rápido diseño y confiables resultados en las estructuras descritas, por su similitud en los resultados con otros programas en estructuras aporticadas.
8. Para la óptima lectura de los planos efectuados con el TQS, se debe programar la conversión de los diámetros de las varillas a diámetros comerciales para sus mejores manejos.
9. Lo más recomendable es desarrollar un software peruano, al hacerse las adaptaciones nunca llega a ser la misma realidad, existen diferencia que solo con la experiencia, el continuo diseño y el uso de nuevos sistemas constructivos se puede llevar a la automatización de estas herramientas.

10. Debemos recordar que la tecnología y automatización empezó hace mucho tiempo, al encontrarnos en la era del conocimiento no debemos dejar de estar a la vanguardia de los países industrializados.

11. Con este trabajo se puede ver la importancia y el uso común de programas para el análisis estructural por todo lo descrito anteriormente, lo que no es muy usual en nuestro medio es la realización de programas propios, programas peruanos, ya que no se puede continuar solo adaptando programas de otros países que no tienen nuestra misma norma, características físicas, sistemas constructivos, etc., debemos desarrollar nuestros propios softwares, desarrollándolos con la experiencia de distintos proyectos, lo cual sería de mucho uso y daríamos un gran paso a la automatización.

12. Se recomienda el uso de un sistema de cómputo, ya que cuando es hecho de manera responsable y con criterios, trae enormes ventajas en la elaboración de un proyecto, estos pueden ser: productividad, calidad y seguridad.

BIBLIOGRAFIA

ADÃO, Francisco Xavier, CHEQUETO HERMELEY, Adriano. “Concreto armado – Novo Milenio – Cálculo prático e econômico”. Editora Interciencia – 2002- Brasil.

KIMURA, Alio. Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado. Editora Pini – 2007 São Paulo – Brasil.

STOLOVAS, Sergio. Dinâmica aplicada em Estruturas de Concreto Armado. Curso TQS Informática, São Paulo - 2007.

Programa TQS – Manual do usuário. Versión 13.3

Programa ETABS – Manual de uso (ACI). Versión 9.0

Tutorial Programa ETABS Versión 9.0

GONZALEZ HERNANDEZ, José. Tesis de maestría Universidad de Puerto Rico – Diseño Elástico y análisis de edificios de alta importancia ocupacional sometida a cargas sísmicas en Puerto Rico. 2007

PIQUE DEL POZO, Javier Notas de clase – Ingeniería Sismorresistente – 2005

COSTOS SAC. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima-Perú, 2006.

HARMSEN, Teodoro E. Diseño de Estructuras de Concreto Armado. 4ta edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial – 2005

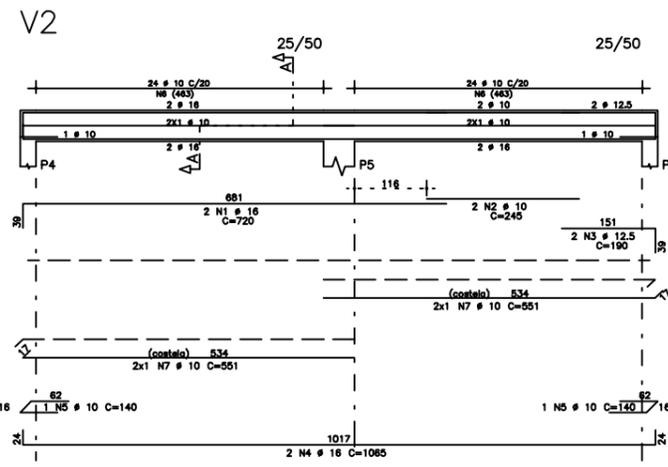
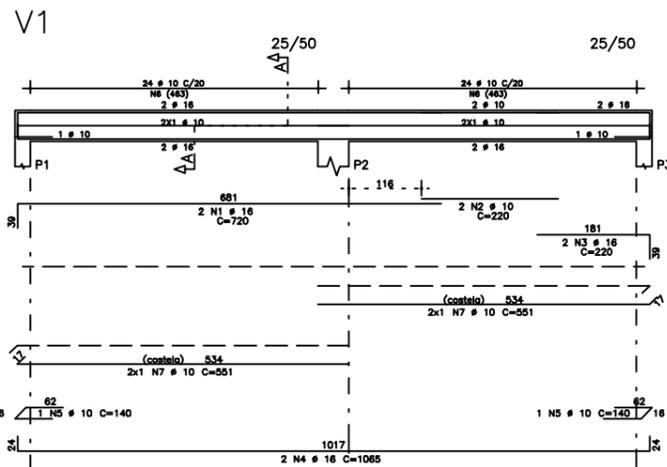
TAVERA, Hernando. BERNAL, Isabel. SALAS, Henry El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw) Departamento de Ica – Perú” - 2007

SALINAS, Rafael. Fundamentos del análisis dinámico de estructuras. CISMID. FIC. UNI.

SENCICO. Reglamento Nacional de Edificaciones. 2003

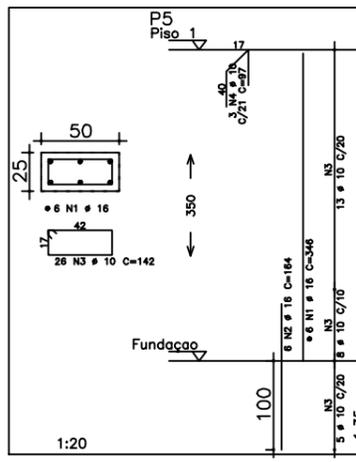
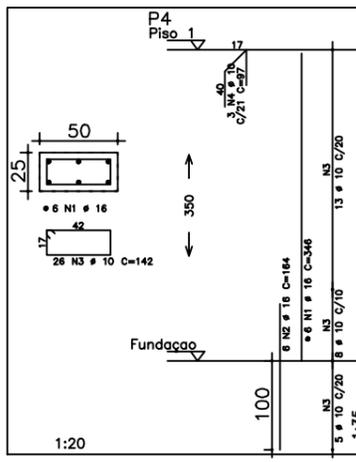
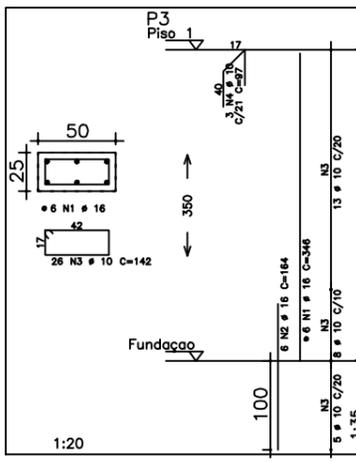
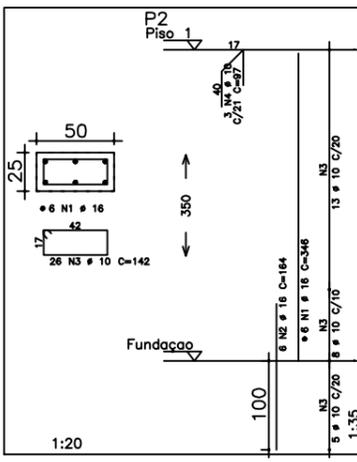
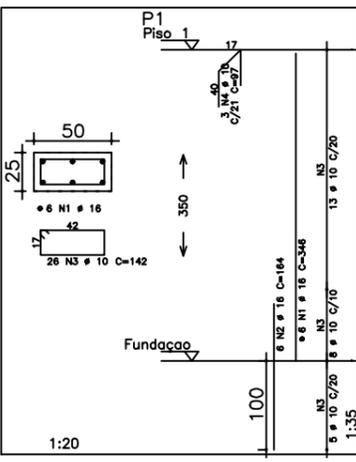
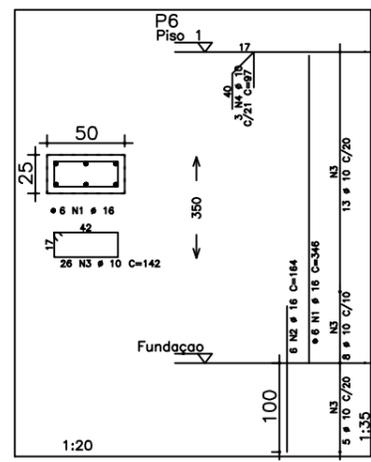
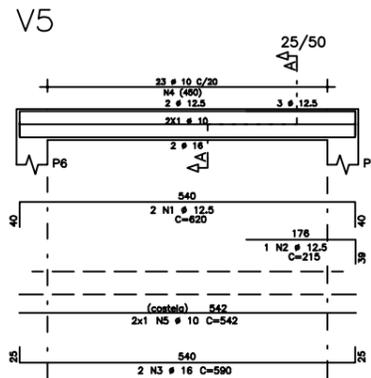
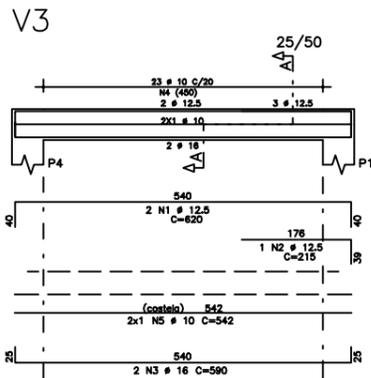
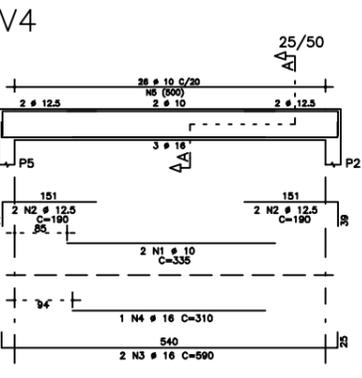
ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. es.wikipedia.org

ANEXOS

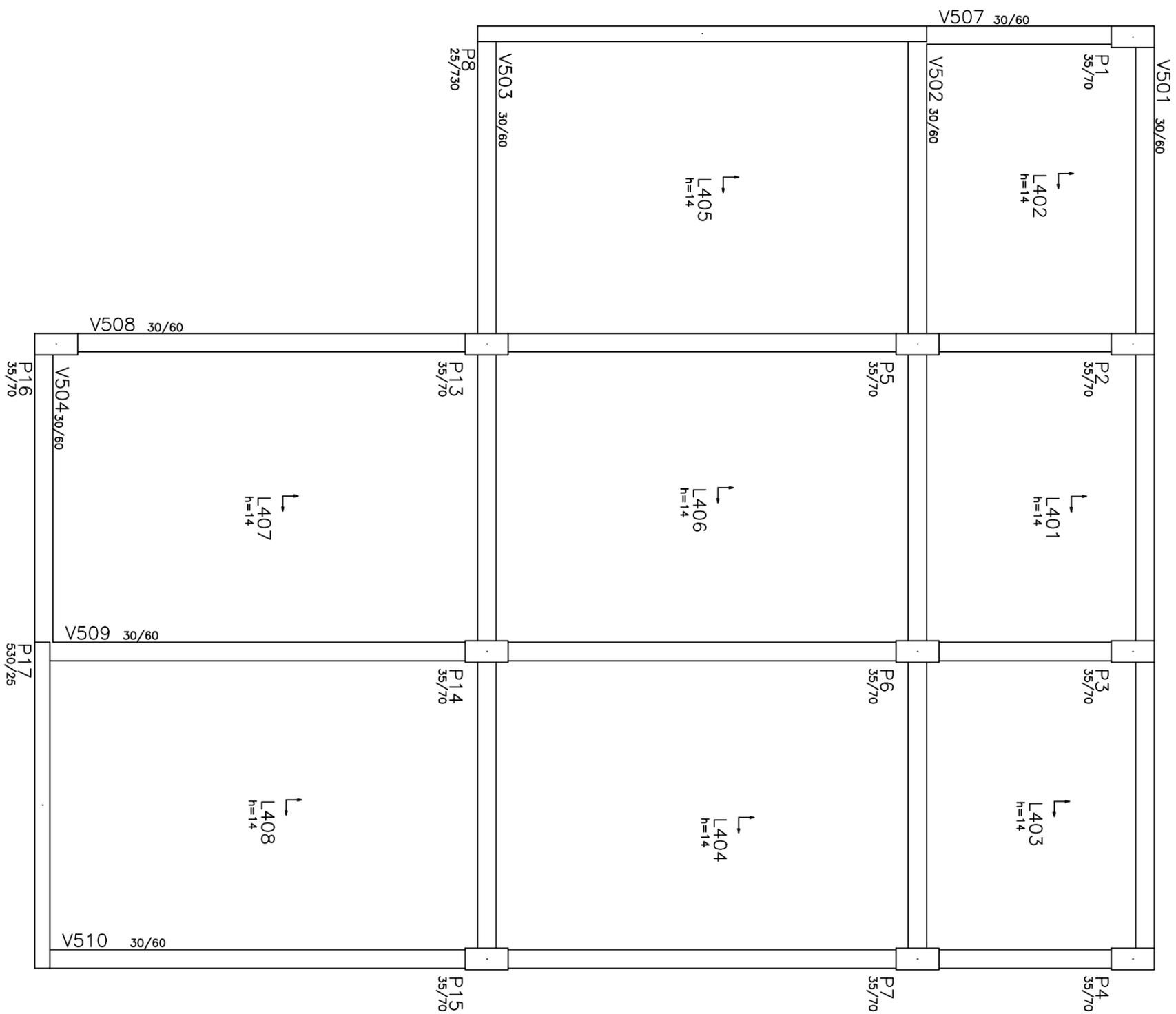


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P1	50A	1	16	6	346	2076
P1	50A	2	16	6	164	984
P1	50A	3	10	26	142	3692
P1	50A	4	10	3	97	291
P2	50A	1	16	6	346	2076
P2	50A	2	16	6	164	984
P2	50A	3	10	26	142	3692
P2	50A	4	10	3	97	291
P3	50A	1	16	6	346	2076
P3	50A	2	16	6	164	984
P3	50A	3	10	26	142	3692
P3	50A	4	10	3	97	291
P4	50A	1	16	6	346	2076
P4	50A	2	16	6	164	984
P4	50A	3	10	26	142	3692
P4	50A	4	10	3	97	291
P5	50A	1	16	6	346	2076
P5	50A	2	16	6	164	984
P5	50A	3	10	26	142	3692
P5	50A	4	10	3	97	291
P6	50A	1	16	6	346	2076
P6	50A	2	16	6	164	984
P6	50A	3	10	26	142	3692
P6	50A	4	10	3	97	291
V1	50A	1	16	2	720	1440
V1	50A	2	10	2	220	440
V1	50A	3	16	2	220	440
V1	50A	4	16	2	1065	2130
V1	50A	5	10	2	140	280
V1	50A	6	10	48	155	7440
V1	50A	7	10	4	551	2204
V2	50A	1	16	2	720	1440
V2	50A	2	10	2	245	490
V2	50A	3	12.5	2	190	380
V2	50A	4	16	2	1065	2130
V2	50A	5	10	2	140	280
V2	50A	6	10	48	155	7440
V2	50A	7	10	4	551	2204
V3	50A	1	12.5	2	620	1240
V3	50A	2	12.5	1	215	215
V3	50A	3	16	2	590	1180
V3	50A	4	10	23	155	3565
V3	50A	5	10	2	542	1084
V4	50A	1	10	2	335	670
V4	50A	2	12.5	4	190	760
V4	50A	3	16	2	590	1180
V4	50A	4	16	1	310	310
V4	50A	5	10	26	138	3588
V5	50A	1	12.5	2	620	1240
V5	50A	2	12.5	1	215	215
V5	50A	3	16	2	590	1180
V5	50A	4	10	23	155	3565
V5	50A	5	10	2	542	1084

RESUMO AÇO CA 50-60			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	16	582	367
50A	12.5	41	41
50A	16	298	477
Peso Total 50A =			884 kg



Adecuación y Evaluación del Sistema TQS		OBRA N.º
CLIENTE	para las normas de diseño del Perú	DES. N.º
OBRA	SIMPLE A1	001
TÍTULO	Columnas y Vigas	REV. N.º
	V1 / V2 / P6 / V4 / V3 V5 / P1 / P2 / P3 / P4 P5	00
FECHA	19/08/2008	PROY. N.º
ESCALA	Indicada	FECHA
PROY.	210	REVISOR
	N.S.A.	VERIF.
	J.P.P.	PROY.



Adecuación y Evaluación del Sistema TQS

para las normas de diseño del Perú

obra EJEMPLO A1

título PLANTA DEL 5TO PISO

obra N.º
Tesis

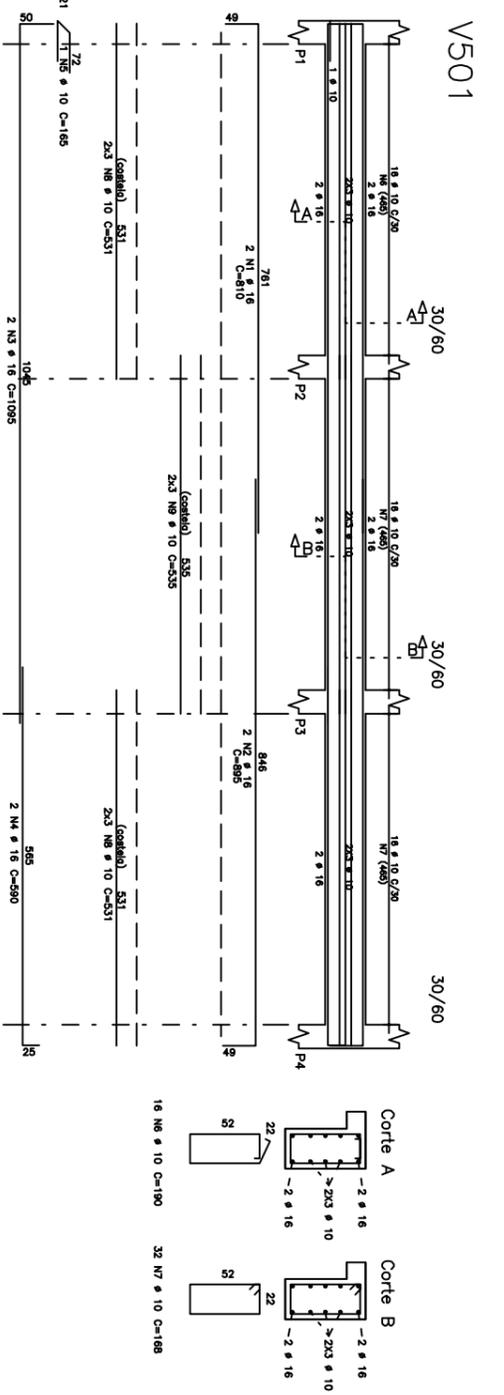
DES. N.º

002

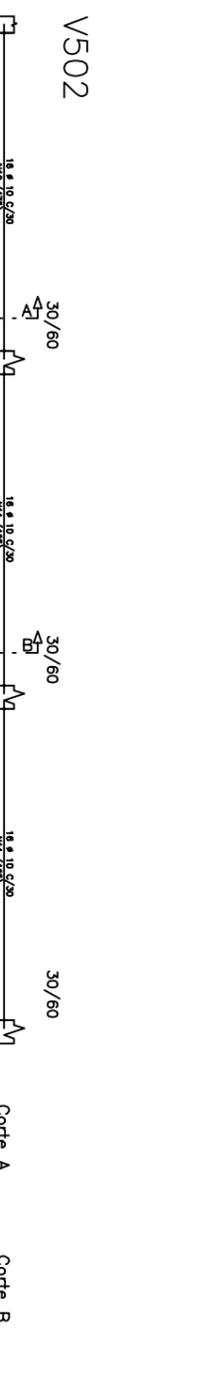
REV. N.º

00

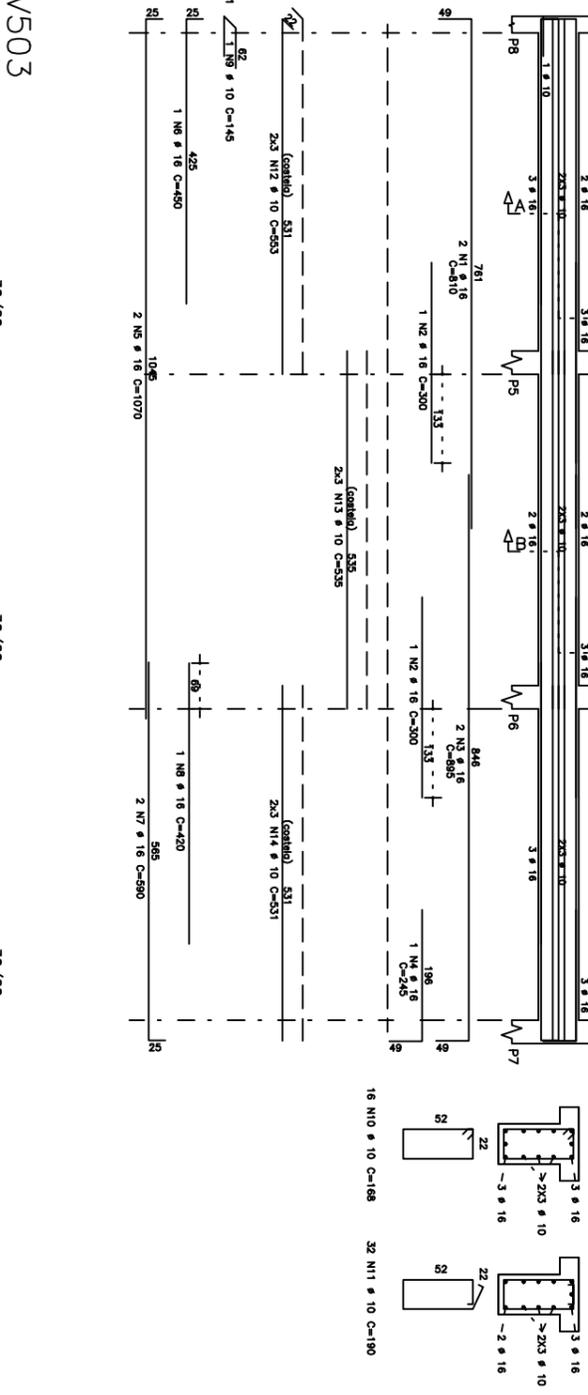
DATA	ESCALA	FCK	DISEÑO	VERIF.
19/08/2008	1:50	210	N.S.A.	J.P.P.



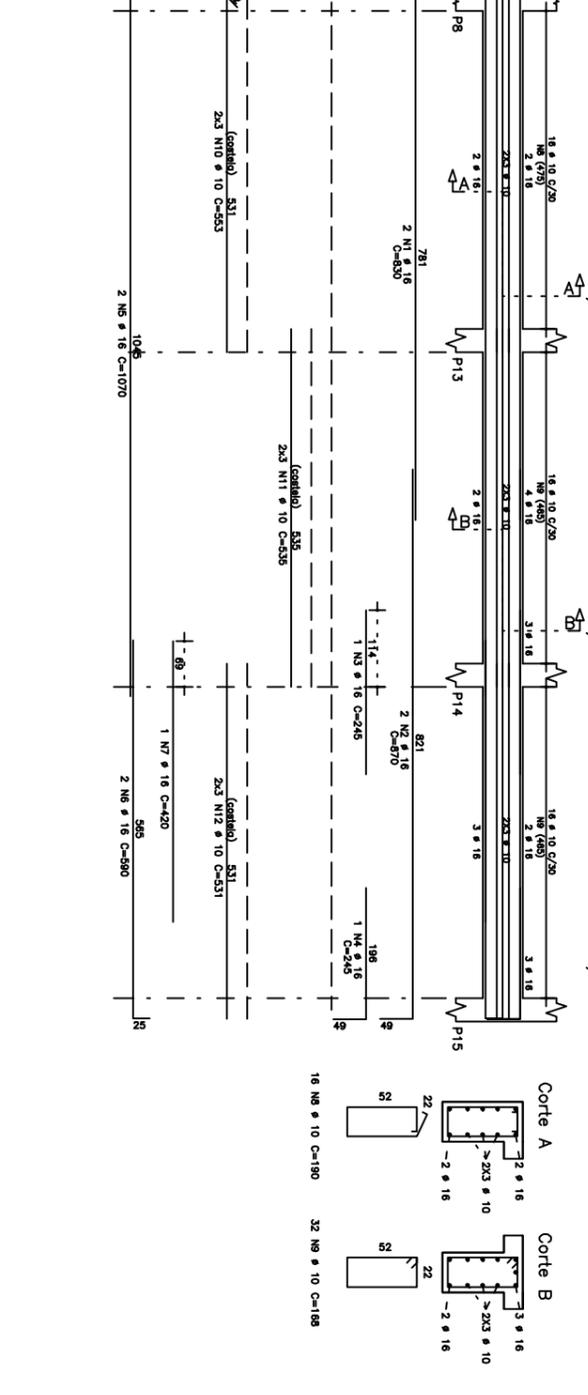
ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPONENTE	UNIT	TOTAL
				(cm)	(cm)	(cm)
V501	50A	1	16	2	810	1620
	50A	2	16	2	895	1790
	50A	3	16	2	1095	2190
	50A	4	16	2	1185	2370
	50A	5	10	16	165	165
	50A	6	10	16	190	3040
	50A	7	10	16	188	3008
	50A	8	10	16	188	3008
	50A	9	10	16	188	3008
	50A	10	10	16	188	3008
V502	50A	1	16	2	810	1620
	50A	2	16	2	895	1790
	50A	3	16	2	1070	2140
	50A	4	16	2	1185	2370
	50A	5	10	16	165	165
	50A	6	10	16	190	3040
	50A	7	10	16	188	3008
	50A	8	10	16	188	3008
	50A	9	10	16	188	3008
	50A	10	10	16	188	3008
V503	50A	1	16	2	830	1660
	50A	2	16	2	970	1940
	50A	3	16	2	1070	2140
	50A	4	16	2	1245	2490
	50A	5	10	16	165	165
	50A	6	10	16	190	3040
	50A	7	10	16	188	3008
	50A	8	10	16	188	3008
	50A	9	10	16	188	3008
	50A	10	10	16	188	3008
V504	50A	1	16	2	640	1280
	50A	2	16	2	615	1230
	50A	3	16	2	1185	2370
	50A	4	10	16	165	165
	50A	5	10	16	180	360
	50A	6	10	16	180	360
	50A	7	10	16	180	360
	50A	8	10	16	180	360
	50A	9	10	16	180	360
	50A	10	10	16	180	360



ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPONENTE	UNIT	TOTAL
				(cm)	(cm)	(cm)
V502	50A	1	16	2	830	1660
	50A	2	16	2	970	1940
	50A	3	16	2	1070	2140
	50A	4	16	2	1245	2490
	50A	5	10	16	165	165
	50A	6	10	16	190	3040
	50A	7	10	16	188	3008
	50A	8	10	16	188	3008
	50A	9	10	16	188	3008
	50A	10	10	16	188	3008



ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPONENTE	UNIT	TOTAL
				(cm)	(cm)	(cm)
V503	50A	1	16	2	830	1660
	50A	2	16	2	970	1940
	50A	3	16	2	1070	2140
	50A	4	16	2	1245	2490
	50A	5	10	16	165	165
	50A	6	10	16	190	3040
	50A	7	10	16	188	3008
	50A	8	10	16	188	3008
	50A	9	10	16	188	3008
	50A	10	10	16	188	3008

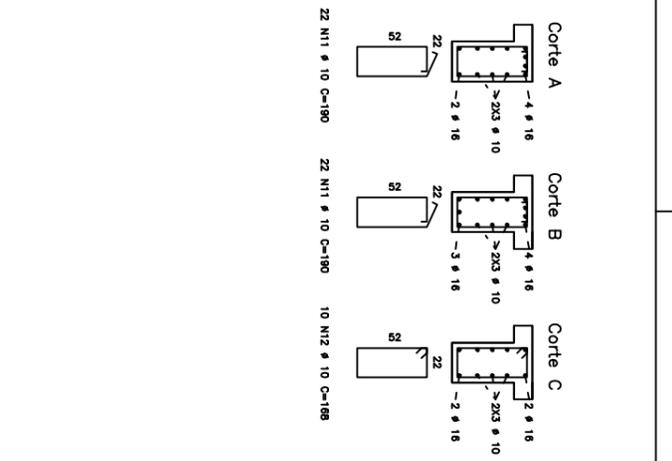
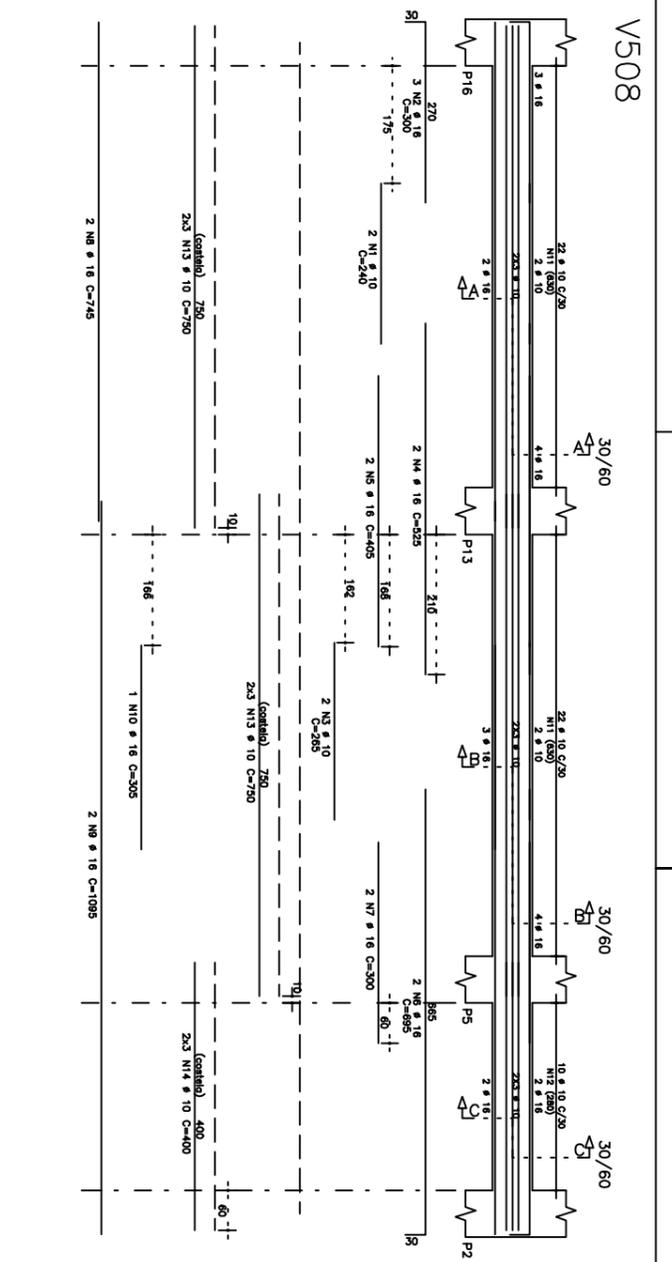


ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPONENTE	UNIT	TOTAL
				(cm)	(cm)	(cm)
V504	50A	1	16	2	640	1280
	50A	2	16	2	615	1230
	50A	3	16	2	1185	2370
	50A	4	10	16	165	165
	50A	5	10	16	180	360
	50A	6	10	16	180	360
	50A	7	10	16	180	360
	50A	8	10	16	180	360
	50A	9	10	16	180	360
	50A	10	10	16	180	360

Adecuación y Evaluación del Sistema TQS
para las normas de diseño del Perú
COMPLEJA A
Vigas 5to Piso
V501 / V502 / V503 / V504

003

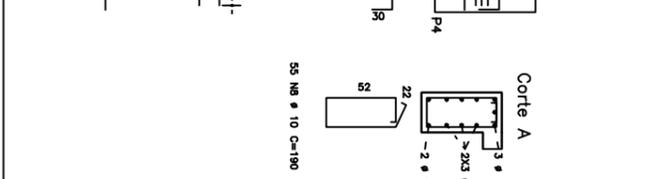
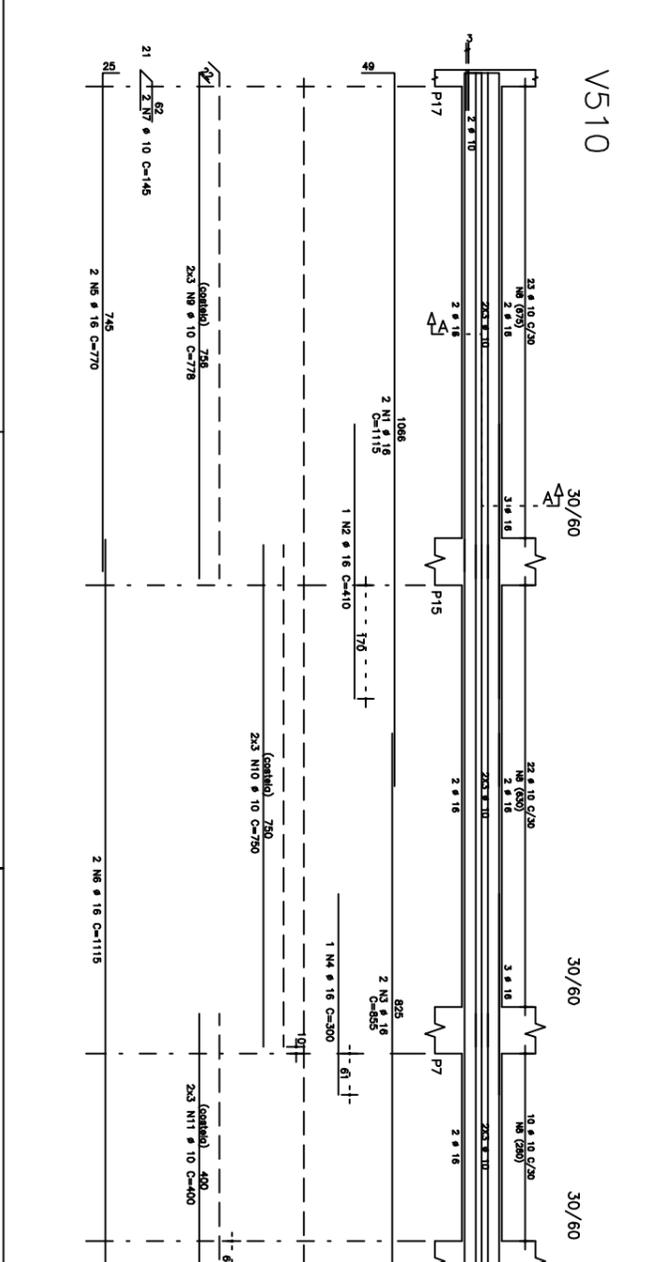
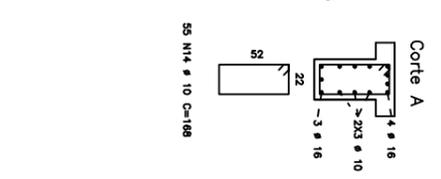
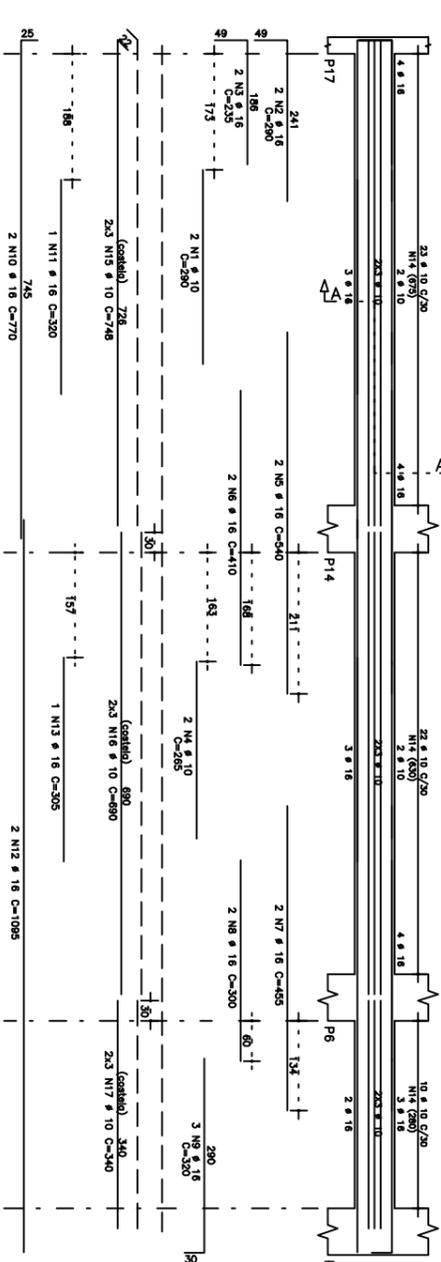
00



ACO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPONENTE	UNIT	TOTAL
V507	50A	1	16	2	490	980
	50A	2	16	2	435	870
	50A	3	10	11	190	2090
	50A	4	10	8	460	2960
V508	50A	1	10	3	240	480
	50A	2	16	2	300	900
	50A	3	10	2	235	470
	50A	4	16	2	450	900
	50A	5	16	2	405	810
	50A	6	16	2	695	1390
	50A	7	16	2	740	1480
	50A	8	16	2	1095	2190
	50A	9	16	2	305	610
	50A	10	16	4	305	1220
	50A	11	10	12	188	2256
	50A	12	10	10	750	3000
	50A	13	10	12	750	9000
	50A	14	10	6	400	2400
V509	50A	1	10	2	290	580
	50A	2	16	2	235	470
	50A	3	16	2	450	900
	50A	4	10	2	410	820
	50A	5	16	2	455	910
	50A	6	16	2	320	640
	50A	7	16	2	320	640
	50A	8	16	2	770	1540
	50A	9	16	2	320	640
	50A	10	16	1	320	320
	50A	11	16	1	305	305
	50A	12	16	5	168	840
	50A	13	10	6	305	1830
	50A	14	10	6	778	4668
	50A	15	10	8	748	5984
	50A	16	10	8	340	2720
	50A	17	10	6	340	2040
V510	50A	1	16	2	1115	2230
	50A	2	16	2	850	1700
	50A	3	16	1	300	300
	50A	4	16	1	770	1540
	50A	5	16	2	145	290
	50A	6	10	2	145	290
	50A	7	10	5	190	950
	50A	8	10	6	778	4668
	50A	9	10	6	778	4668
	50A	10	10	6	400	2400
	50A	11	10	6	400	2400



ACO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	16	704	443
50A	10	288	180
Peso Total		50A =	904 kg



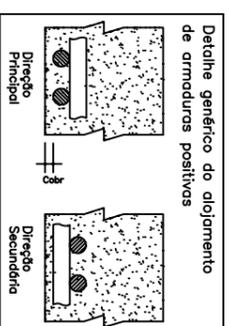
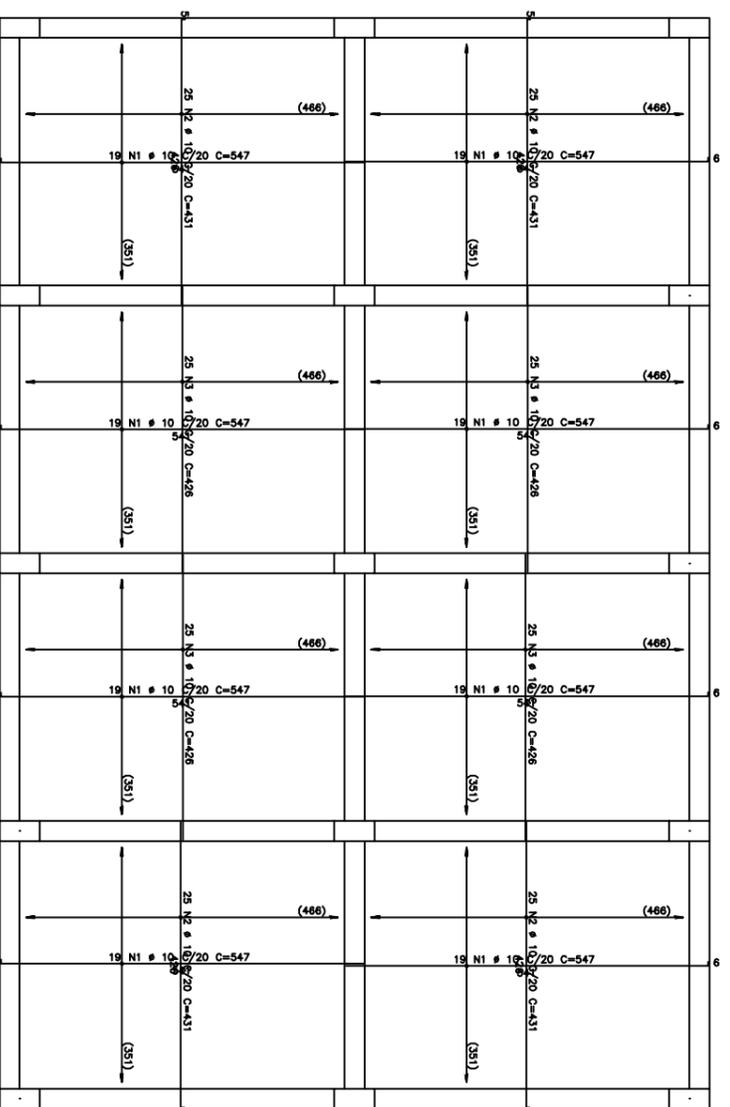
Adecuación y Evaluación del Sistema TQS
para las normas de diseño del Perú
COMPLEJA A
Vigas 5to Piso
V507 / V508 / V509 / V510

004

00

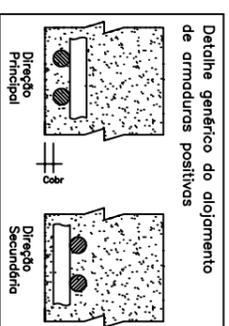
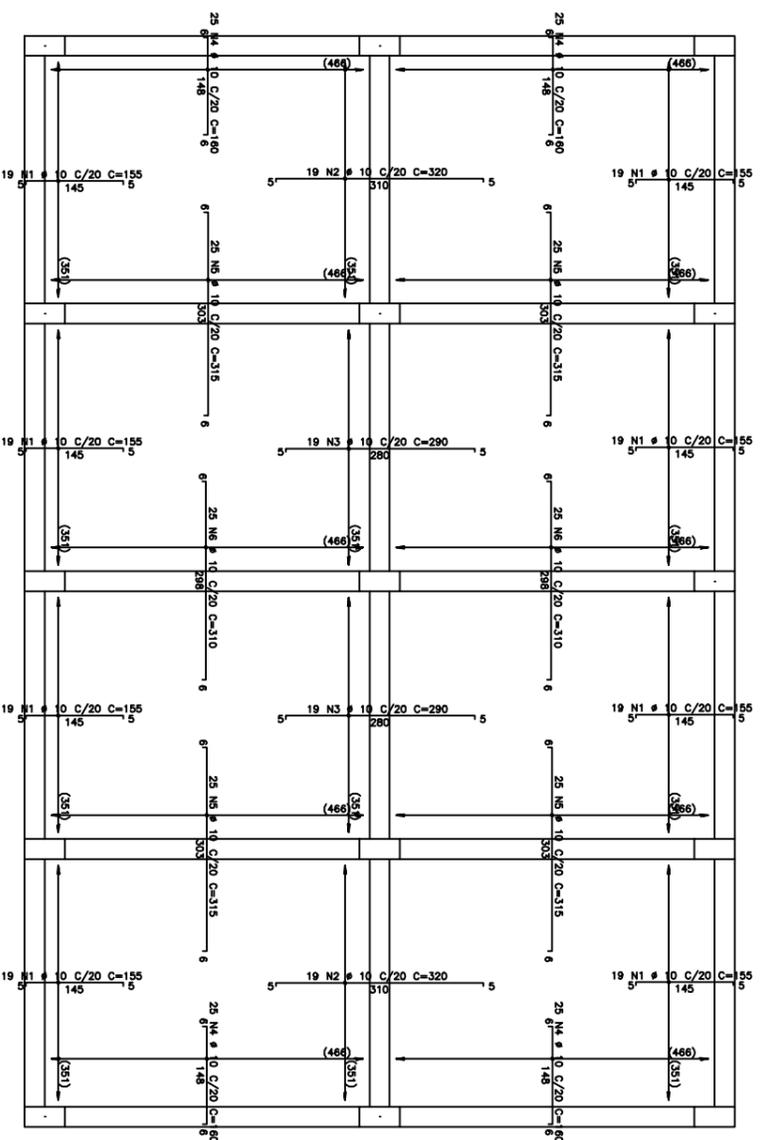
19/08/2008 1:50 210 N.S.A. J.P.P.

Armadura positiva



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPARTIMENTO	
				UNIT	TOTAL
50A	1	10	152	152	23560
50A	2	10	38	380	12180
50A	3	10	38	290	11020
50A	5	10	100	315	31500
50A	6	10	50	310	15500
50A	1	10	152	437	43114
50A	2	10	152	431	43114
50A	3	10	100	428	42800
RESUMO AÇO CA 50-60				PESO	
AÇO	BIT	COMPR	PESO		
50A	10	(m)	2788	(kg)	1755
Peso Total			50A =	1755 kg	

Armadura Negativa



Adecuación y Evaluación del Sistema TQS		Testis	
para las normas de diseño del Perú		SAS N.º	
SIMPLE C2		005	
LOSAS 3er Piso			
Armadura Positiva y Negativa			
PROY. 19/08/2008	REVIS. 1:50	PROY. N.S.A.	REVIS. J.P.P.
		210	
			00