UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO INMOBILIARIO PARQUE CENTRAL - ETAPA II, ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

FREDY EMERSON ARANGO DE LA CRUZ

Lima- Perú

2010

ÍNDICE

RESUMEN 3
LISTA DE CUADROS.....5
LISTA DE FIGURAS 6
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS 8
INTRODUCCIÓN 9

CAPITULO I. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

1.1 Generalidades.....10
1.2 Arquitectura 11
1.3 Estructura 13
1.4 Instalaciones Sanitarias.....14
1.4.1 Sistemas de Agua Fría y Agua Caliente.....14
1.4.2 Sistema de Desagüe 15
1.4.3 Sistema de Agua Contra Incendios.....16

1.5 Instalaciones Eléctricas 17
1.5.1 Red Eléctrica del edificio multifamiliar.....17
1.5.2 Instalaciones de Comunicaciones.....18

1.6 Planificación y Costo 19
1.6.1 Definición de las actividades.....20
1.6.2 Secuenciamiento de actividades.....20
1.6.3 Estimación de la duración.....21
1.6.4 Desarrollo del Cronograma.....21
1.6.5 Presupuesto Resumen.....22

CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

2.1 Datos del estudio de Mecánica de Suelos para cimentación.....23
2.2 Consideraciones para la cimentación y diseño.....25
2.3 Cargas para diseño.....27
2.4 Predimensionamiento de Muros de Ductilidad Limitada.....28
2.5 Predimensionamiento de losas de entrepiso.....29
2.6 Parámetros para el análisis sísmico de la estructura.....29
2.7 Espectro de diseño.....31

CAPITULO III. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.1 Desplazamientos horizontales.....33
3.2 Diseño de Muros de Ductilidad Limitada.....36
3.3 Diseño de losas de entrepiso.....39
3.4 Diseño de escalera.....47
3.5 Diseño de cimentación.....49

CAPITULO IV. APROXIMACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMORESISTENTE

4.1 Estimación de pérdidas por sismos.....53
4.2 El método Delphi.....54
4.3 Curvas de Fragilidad y Matrices de Daño.....55
4.4 Desempeño esperado.....57

CONCLUSIONES.....58
RECOMENDACIONES.....59
BIBLIOGRAFÍA.....60
ANEXOS.....62

RESUMEN

El proyecto comprende el diseño de las estructuras de un conjunto residencial conformado por dos tipos de edificios, de seis pisos (1) y siete pisos (3).

Para el presente trabajo, se desarrollo el diseño estructural y la aproximación del desempeño sismoresistente del edificio de 6 pisos.

El edificio tienen estructura celular (se comporta como un solo organismo ante un sismo), compuesta por muros de concreto armado en las dos direcciones principales y diafragmas rígidos formados por losas macizas de concreto armado.

El edificio se cimienta sobre una platea de concreto armado que constituye el primer diafragma rígido. La platea se asienta sobre un relleno estructural hasta el estrato de conglomerado.

Los muros tienen espesores variables en planta, que dependiendo de su posición son de 10, 12.5 y 15 cm.

El acero de refuerzo en los muros, está en su mayoría, compuesto por varillas de acero corrugadas, de 8mm de diámetro, repartido a cada 20 o 25cm, según requerimientos de la estructura.

El encofrado a emplear deberá ser tipo caravista metálico, para garantizar la uniformidad en la superficie al desencofrar los elementos.

Como los muros de la estructura son bastante delgados, el concreto a emplearse en estos elementos será bastante fluido, elaborado con piedra de 12mm de diámetro o confitillo, con un slump mínimo de 8", para evitar la presencia de cangrejeras y para lograr que el concreto se distribuya uniformemente en los espacios vacios entre el acero y la cara interior del encofrado.
El concreto a emplear en la cimentación, muros y losas tendrá una resistencia a la compresión de f´c de 175 kg/cm2.

Los alféizares de las ventanas no forman parte del sistema estructural, son simplemente tabiques que sirven para "tapar" el vacio de la parte baja de la ventana. Estos alféizares serán encofrados y vaciados monolíticamente con los muros y losas, separándose de los muros en un espesor de 1/2" el día siguiente, después del desencofrado, a fin de colocar posteriormente en esta abertura sikaflex o un similar, a fin de que esta junta sea expansible.

Las losas de techo de los entrepisos, han sido diseñadas como losas macizas de concreto, de 15 cm de espesor y de 20 cm de espesor en el caso de los baños para permitir la colocación de tuberías de agua y desagüe.

De acuerdo con la distribución de muros y losas observados en los planos de arquitectura A I – 01 y A I – 02, se ingresa la totalidad de elementos estructurales al programa ETABS V9.5, a fin de calcular con ayuda de este programa las cargas permanentes de la edificación y aquellos elementos no estructurales como los alfeizares, se ingresaron en forma de cargas repartidas con un peso especifico de 2.40 t/m3 (para alfeizares de 10 cm de ancho por 1.0 m de alto, la carga repartida es 0.24 t/m), además de ingresar el peso de los acabados como carga repartida de 0.10 t/m2 en las losas, obteniendo con ayuda del ETABS, los pesos por cada piso y el peso total de la edificación.

Además de ingresar las cargas muertas, también se ingresaron las cargas vivas en los entrepisos, pasadizos, escaleras y azoteas, a fin de obtener con el ETABS las cargas de diseño, para el cálculo de la cortante estatica y obtener el factor de amplificación estática, para lograr que la cortante dinámica alcance el 80% de la cortante estática.

Las consideraciones a tomar en cuenta, respecto a las instalaciones eléctricas y sanitarias son:
Casi la totalidad de las tuberías eléctricas irán embebidas en los muros, al igual que las tuberías sanitarias de diámetros menores a dos pulgadas, las tuberías de diámetros mayores pasaran por ductos y en algunos casos por ensanches de hasta 20 cm.
Pasaran por las losas, tuberías eléctricas y de agua, para las tuberías de desagüe, se ensancha la losa de 15cm a 20cm de espesor.

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nro. 2.01: Densidades Naturales 24

Cuadro Nro. 2.02: Compacidad Relativa.....24

Cuadro Nro. 2.03: Parámetros sísmicos, para edificación regular en planta y altura 30

Cuadro Nro. 2.04 Cálculos de peso de edificación P=1592.58 tn.....31

Cuadro Nro. 2.05: Calculo estático y dinámico para espectro.....32

Cuadro Nro. 2.06: Espectro de pseudoaceleraciones.....32

Cuadro Nro. 3.01: Distorsiones de entrepisos en X e Y debido al sismo (SX y SY).....37

Cuadro Nro. 3.02 Distorsión en X e Y debido al sismo (SX y SY).....37

Cuadro Nro. 3.03: Periodo de vibración y participación de masa.....40

Cuadro Nro. 3.04: Verificación por cortantes de muros en el eje X.....45

Cuadro Nro. 3.05: Verificación por cortantes de muros en el eje Y.....46

Cuadro Nro. 3.06: Cargas actuantes sobre el muro M8-Y.....46

Cuadro Nro. 3.07: Pares de solicitaciones nominales obtenidos (Mn, Pn)..... 46

Cuadro Nro. 3.08: Refuerzo mínimo por contracción y temperatura.....46

Cuadro Nro. 3.09: Refuerzo mínimo por contracción y temperatura (cimentación)..... 46

Cuadro Nro. 4.01: Correlación Intensidad-Aceleración Pico del suelo (Sauter, 1978).....47

Cuadro Nro. 4.02: Estados de daño utilizados 48

Cuadro Nro. 4.03: Matriz de Daño para EMDL de 6 pisos..... 50

LISTA DE FIGURAS

Figura Nro. 2.01: Propiedades principales del concreto (t, m).....26

Figura Nro. 2.02: Propiedades principales del acero (t, m) – referencia hoja técnica Aceros Arequipa.....26

Figura Nro. 2.03: Combinación de cargas para diseño 28

Figura Nro. 2.04: Distribución de muros de 100, 125 y 150 mm en planta.....30

Figura Nro. 2.05: Espectro de pseudoaceleraciones.....32

Figura Nro. 3.01: Muros a ser diseñados en dirección X e Y 33

Figura Nro. 3.02: Distribución de acero en el muro M8-Y, en plano M-2.....34

Figura Nro. 3.03: Diagrama de interacción, según distribución de acero muro m8-Y.....34

Figura Nro. 3.04: Diagrama de momentos flectores eje X, franjas de 1.0m.....35

Figura Nro. 3.05: Diagrama de momentos flectores eje Y, franjas de 1.0m.....35

Figura Nro 3.06: Diagrama de momentos flector franja # 50 de 1m de ancho (Max(+)=0.84 t-m, Max (-)=1.52 t-m).....38

Figura Nro. 3.07: Deformada debido a la carga muerta en piso típico.....40

Figura Nro. 3.08: Ingresamos al programa la distribución de acero en el eje X.....41

Figura Nro. 3.09: Ingresamos al programa la distribución de acero negativo para balancines eje X.....41

Figura Nro. 3.10: Ingresamos al programa la distribución de acero en el eje Y..42

Figura Nro. 3.11: Refuerzo adicional necesario en el eje X.....42

Figura Nro. 3.12: Refuerzo adicional necesario en el eje Y.....43

Figura Nro. 3.13: Diagrama de fuerzas cortantes (DFC) eje X e Y, Franjas de 1.0 m.....43

Figura Nro. 3.14 Diagrama Fuerza Cortante franja #50 de 1m ancho (Max=2.05t).....45

Figura Nro. 3.15: Arranque de escalera en primer piso 46

Figura Nro. 3.16: Tramo típico de escalera 46

Figura Nro. 3.17: Esfuerzo en el terreno máximo = 1.60 kg/cm2.....46

Figura Nro. 3.18: Diseño de losa de cimentación con refuerzo básico en el eje X.....46

Figura Nro. 3.19: Diseño de losa de cimentación con refuerzo básico en el eje Y.....46

Figura Nro. 3.20: Diseño de losa de cimentación con Ø1/2"@0.20m en el eje X.....46

Figura Nro. 3.21: Diseño de losa de cimentación con Ø1/2"@0.20m en el eje Y.....46

Figura Nro. 3.22: DFC eje X en franjas de 2.0m, Max(+)=27.83 t y Max(-)=30.95 t.....46

Figura Nro. 3.23: DFC eje Y en franjas de 3.2m, Max(+)=37.76 t y Max(-)=37.41 t 46

Figura Nro. 4.01: Suposiciones para estimaciones asumidas.....49

Figura Nro. 4.02: P.E y q.....49

Figura Nro. 4.03: Curva de Fragilidad para EMDL de 6 pisos.....50

Figura Nro. 4.04: Relación IMM-VMP del daño para EMDL de 6 pisos.....51

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

DR (%)	Densidad relativa o compacidad relativa.
γd_{Max}	Densidad seca máxima. Tn/m^3
γd_{Min}	Densidad seca mínima. Tn/m^3
γd_{Nat}	Densidad seca natural. Tn/m^3
Q_{adm}	Capacidad Portante Admisible (Kg/cm^2)
C	Coeficiente de amplificación sísmica
C_T	Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio
g	Aceleración de la gravedad
hi	Altura del nivel "i" con relación al nivel del terreno
h_{ei}	Altura del entrepiso "i"
h_n	Altura total de la edificación en metros
n	Número de pisos del edificio
P	Peso total de la edificación
R	Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas
S	Factor de suelo
S_a	Aceleración espectral
T	Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico
	Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.
U	Factor de uso e importancia
V	Fuerza cortante en la base de la estructura
	Fuerza cortante en el entrepiso "i"
Z	Factor de zona
e	Espesor de muros en metros
H	Altura del entrepiso "i"
L	Longitud en planta del muro
f´c	Resistencia a la comprensión del concreto en Kg/cm2
Vu	Fuerza cortante última en toneladas
Φ Vc	Resistente al cortante aportada por el concreto en toneladas
Ac	Area de corte en la dirección analizada
Φ	0.85, para calculo de resistencia al cortante del concreto

INTRODUCCIÓN

El trabajo a desarrollar, es el diseño estructural de una edificación, que se planteo en base al sistema de Muros de Ductilidad Limitada, sistema conveniente para proyectos de Viviendas Multifamiliares actuales.

Además del diseño estructural del edificio, se hará un aproximación del desempeño sismoresistente del mismo, en base a recolección y síntesis de opinión de expertos, empleando el método Delphi.

El análisis de las estructuras se realizara por métodos elásticos, los coeficientes sísmicos serán determinados en base al periodo de vibración de la estructura, los coeficientes de zona y al tipo de estructuración que corresponde.

Para el diseño, se considera como código básico para el diseño estructural el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma Técnica E-060 para el concreto armado, la Norma E-030 de Diseño Sismo-Resistente, la Norma de diseño de edificios de ductilidad limitada así como la Norma E-020 para la determinación de cargas y sobrecargas.

El análisis y diseño será realizado y verificado mediante el programa ETABS y SAFE desarrollados por Computers & Structures Inc. de Berkeley - California.

Se eligió el programa ETABS V9.5 por ser uno de los más versátiles y porque permite la exportación de las cargas de losa al programa SAFE, el cual representa una alternativa para diseño de las losas tanto de entrepiso como de cimentación.

Para la aproximación del desempeño sismoresistente, se usara el método Delphi que consiste en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener un consenso de opiniones informadas y en base a esto se tendrá una aproximación del desempeño de la edificación frente a un sismo.

CAPITULO I. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

1.1 Generalidades

El terreno elegido está ubicado en el distrito de Cercado de Lima, delimitado por las avenidas Colonial, Zorritos y Cárcamo. En esta zona de casi 49,000 m2 que antes perteneció a Edelnor, actualmente se construye el Club Residencial "Parque Central" por parte del Consorcio Besco-GyM, conformado por veintidós (22) edificios de doce (12) pisos de altura. Debido a su ubicación, el proyecto cuenta con factibilidad de servicios de energía eléctrica otorgada por la empresa concesionaria EDELNOR y, agua y desagüe otorgada por SEDAPAL.

El Proyecto Inmobiliario Parque Central – Etapa II es un proyecto integrador del primer proyecto y está conformado por 4 edificios de viviendas, repartidos en 02 módulos en un terreno que tiene un área de 5,147m2. El modulo I de 06 pisos, cuyo 5° piso tipo dúplex y, el modulo II de 07 pisos de departamentos tipo flat, con vista a las áreas verdes del interior del Conjunto Residencial. Para esta Segunda Etapa se ha considerado dar otra imagen a la distribución exterior e interior de los departamentos, pero compartiendo todos los beneficios del proyecto original.

Los departamentos serán de dos diseños diferentes, con un área promedio de 80m2 para los flat. Se ha realizado un estudio de la oferta y la demanda en un área dentro del distrito y se ha determinado que el precio de venta promedio es US$ 561xm2, siendo este proyecto dirigido al nivel socio económico C.

Además se realizo la evaluación económica y financiera del proyecto inmobiliario, donde encontramos que la inversión total del proyecto incluidos gastos bancarios e imprevistos asciende a US$ 4 312 562.66 y la rentabilidad con respecto a la inversión es 12%.

1.2 Arquitectura

Para efectos de estudio, del total de área disponible del terreno, aproximadamente 49,000 m2, se tomo solo una parte del área disponible, asumiendo el supuesto de un proyecto que no fue culminado en su totalidad. Este criterio se tomo en base a que no siempre existen grandes extensiones para la edificación.

En estos últimos años cada vez existen menos áreas grandes disponibles dentro de la ciudad, lo cual obliga a tener criterios adicionales al momento de crear un proyecto, no solo para la construcción en sí, sino para adaptarla al entorno de una manera eficiente, que funcione a nivel visual, técnico y económico.

Este proyecto se enmarca dentro de los objetivos planteados por la Municipalidad Metropolitana de Lima, la cual mediante el Art. 5 de la Ordenanza 893 MML del 20 de Diciembre del 2005, se declara el Cercado de Lima como área preferencial para la inversión pública y privada en materia de vivienda.

La derivación del agua será a través de las cisternas existentes del proyecto integrador, cuartos de equipos, cuartos de acopio, casetas de vigilancia.

Asimismo, se considera beneficiarse de los servicios ya instalados de la primera etapa, lo cual incluye la implementación de redes externas e internas de los sistemas eléctricos y de comunicación, sanitarios y gas natural, así como todos los servicios complementarios a un proyecto de estas características. Todos estos servicios serán a través de las redes existentes del proyecto integrador, a fin de dar una perspectiva de un proyecto mejorado, adicionando un valor agregado por los espacios comunes y las dimensiones de los departamentos.

Para el desarrollo de la Segunda Etapa del Proyecto Inmobiliario Parque Central se tiene un área total de 5,196.00 m2.

En el proyecto desarrollado se considera la construcción de 01 edificio del Modulo I y 03 edificios del Modulo II. El modulo I es de 06 pisos, con 4 departamentos típicos por nivel del 1º al 4º piso; y en el 5º-6º nivel se ubican 4 departamentos dúplex(ver detalle en planos A I – 01 y A I – 02). El modulo II posee 07 pisos de departamentos simples con 4 departamentos típicos por nivel y 01 ascensor. Adicional al diseño de los edificios, como parte de las obras exteriores se ha diseñado 41 estacionamientos para propietarios, 2 estacionamientos para visitante y 1 estacionamiento preferencial para minusválidos.

El diseño para el departamento simple típico ocupa de 80 a 82 m2 con sala, comedor, 2 baños, 3 dormitorios, cocina y lavandería; adicional a esto, los departamentos ubicados en el 1º piso incluyen entre 7 a 14 m2 de jardín interior según el tipo de edificio. En el caso de los departamentos tipo dúplex poseen un área techada de aprox. 104 m2 con sala, comedor, 2 baños, 3 dormitorios y cocina en el primer nivel y lavandería y una pequeña sala de estar en el segundo nivel, además de tener acceso a la zona de terraza de todo el nivel superior.

El acabado para ambos modelos de edificios será tarrajeado, empastados y pintados para muros interiores y exteriores, con piso enchapado en cerámico para los diversos ambientes y tapizó para la zona de dormitorios. Los baños llevarán revestimiento cerámico parcial y aparatos sanitarios nacionales blancos. La cocina será equipada con un lavadero de una poza de acero inoxidable, muebles altos y bajos de melamine color blanco; en lavandería se instalará un lavadero de granito.

Las puertas serán del tipo contraplacadas y las ventanas llevarán marcos de aluminio anodizado natural, liviano y vidrios simples incoloros. Las instalaciones dentro de cada departamento, ya sean eléctricas o sanitarias, serán empotradas y/o adosadas.

1.3 Estructuras

El proyecto comprende el diseño de las estructuras de un conjunto residencial de dos tipos de edificios de seis y siete pisos agrupados en tres de siete pisos y uno de seis pisos.

Los edificios tienen estructura celular compuesta por muros de concreto armado en las dos direcciones principales y diafragmas rígidos formados por losas macizas de concreto armado.

Los edificios se cimientan sobre una platea de concreto armado que constituye el primer diafragma rígido. La platea se asienta sobre un relleno estructural hasta el estrato de conglomerado.

Los muros tienen espesores variables en planta, que dependiendo de la distribución pueden ser de 10, 12.5 y 15 cm.

El acero de refuerzo en los muros, es en su mayoría, compuesto por varillas de acero corrugadas, de 8mm de diámetro, repartido a cada 20 o 25cm, según requerimientos de la estructura. El encofrado a emplear deberá ser tipo caravista metálico, para garantizar la uniformidad en la superficie al desencofrar los elementos.

Como los muros de la estructura son bastante delgados, el concreto a emplearse en estos elementos será bastante fluido, elaborado con piedra de 12mm de diámetro o confitillo, con un slump mínimo de 8", para evitar la presencia de cangrejeras y para lograr que el concreto se disminuya uniformemente en los espacios vacios entre el acero y la cara interior del encofrado.

El concreto a emplear en la cimentación y muros tendrá un f´c de 175 kg/cm2, al igual que en las losas macizas de entrepiso, ajustándose así a la normatividad vigente.

Los alféizares de las ventanas no forman parte del sistema estructural, son simplemente tabiques que sirven para "tapar" el vacio de la parte baja de la ventana. Estos alféizares serán encofrados y vaciados monolíticamente con los muros y losas, separándose de los muros en un espesor de 1/2" el día siguiente, después del desencofrado, a fin de colocar posteriormente en esta abertura sikaflex o un similar, a fin de que esta junta sea expansible.

Las losas de techo de los entrepisos, han sido diseñadas como losas macizas de concreto, de 15cm de espesor en el modulo II y de 15 cm en el modulo I. Solo en los baños, las losas serán de 20 cm de espesor, para facilitar el paso de las tuberías de agua y desagüe.

Las losas serán reforzadas con acero corrugado convencional o su equivalente en mallas electrosoldadas de acero, cuyo diámetro está dado por el diseño estructural.

1.4 Instalaciones Sanitarias

1.4.1 Sistemas de Agua Fría y Agua Caliente

La construcción se hará en 2 etapas, habiéndose diseñado la reservado de la cisterna para la dotación de las 2 etapas.

Para el sistema de agua se tendrán equipos de presurización del tipo de presión constante y velocidad variable; habiéndose dividido la primera etapa en dos tipos de equipos; uno para los edificios con cinco pisos de altura y el otro para los edificios de siete pisos de altura, de tal forma que la presión sea adecuada en cada nivel sin ser excesiva.

Para el control del consumo de agua se tendrán medidores de consumo por cada edificio y luego por cada departamento.

En cada piso se instalará la red de agua por piso para distribuirla a todos los baños. En cada baño o servicio se instalarán válvulas de compuerta para independizarlos y facilitar los trabajos de mantenimiento o reparación.

Los calentadores se han ubicado en lavanderías preferentemente, serán a gas del tipo instantáneo de la capacidad indicada en planos.

Los materiales a utilizar para el sistema de agua potable será de policloruro de vinilo, PVC clase 10 (PVC tipo 90) para una presión de trabajo de 10 Kg./cm² con uniones roscadas.

Los accesorios serán del mismo material con excepción de los que alimentan a los aparatos, que serán de bronce o de fierro galvanizado roscados.

Como sellador de las uniones para este tipo de tuberías se usará solo cinta TEFLON o pasta de MINEO y LITARGIRIO.

Para el sistema de agua caliente se utilizara tubería de CPCB. O de polipropileno, con uniones espiga-campana.

Los accesorios serán del mismo material con uniones espiga-campana y se usarán adaptadores para la conexión a válvulas o aparatos.

Como sellador de las uniones se usará pegamento especial para tubería CPVC o soldadura plomo estaño, según sea el caso.

1.4.2 Sistema de Desagüe

El sistema de desagüe se prevé atenderlo con un sistema de redes internas con colectores y buzones que finalmente se empalmarán a los desagües existentes de las distintas calles y avenidas con que colinda el conjunto.

El sistema de desagüe de cada edificio, ha sido diseñado recolectando todas las descargas por gravedad, se reunirán en colectores en el primer piso con cajas de registro en la zona de jardines y finalmente conducirán los desagües a la red pública por medio de la respectiva conexión domiciliaria.

En los baños se han previsto las ventilaciones suficientes para proteger el sello de las trampas del sifonaje y para la eliminación de los gases y olores hacia el aire.

Asimismo se han ubicado registros de piso para el mantenimiento de las redes y de sumideros en las lavanderías para facilitar la limpieza de los mismos.

Los materiales a emplear serán de poli cloruro de vinilo PVC-SAL (PVC tipo 90) con uniones espiga campana.

Los accesorios serán del mismo material que la tubería y en lo posible serán del mismo fabricante.

Como sellador de las uniones se usará pegamento especial para tuberías de PVC.

1.4.3 Sistema de Agua Contra Incendios

Como prevención en caso de incendio y de acuerdo a los artículos de la norma IS-010 se ha previsto un sistema de primera ayuda, que según el reglamento tiene un requerimiento de almacenamiento mínimo de 28 m3, que se ha determinado sea en la cisterna con un volumen real de 50.00 m³. Desde ahí se abastece a un alimentador con conexión a mangueras en cada piso, guardadas en gabinetes; las que estarán cerca a las escaleras que servirán de evacuación rápida de la edificación. El cálculo de los diámetros se ha efectuado por la fórmula de Hazen y Williams para el caudal de dos mangueras de 30m de Ø1.1/2".

En el primer piso se ha ubicado una unión siamesa de 4" con dos bocas de 2.1/2" para ser usada por el cuerpo de bomberos en caso necesario.

Adicionalmente por exigencia del RNC se ha proyectado un alimentador de 4" si es que los bomberos requiriesen conectar sus mangueras al sistema y bombeen agua desde el exterior luego de acabarse la reserva de la cisterna.

Los materiales a utilizar serán de acero SCHEDULE 40 con accesorios serán del mismo material.

Como sellador de las uniones para este tipo de tuberías se usará solo cinta TEFLON o pasta de MINEO y LITARGIRIO.

1.5 Instalaciones Eléctricas

El proyecto para Instalaciones Eléctricas comprende alumbrado, tomacorrientes y fuerza, además de instalaciones para teléfono externo, intercomunicadores y TV-cable en los diferentes ambientes de todos los edificios.

El edificio multifamiliar tiene proyectado alimentarse desde las redes eléctricas que implementará el concesionario local a la tensión 220 V, sistema trifásico, al banco de medidores de cada edificio.

Se está tomando como punto de partida las instalaciones que ya está dejando la 1° etapa del proyecto: Se considera el mismo sistema en exteriores y la modificación se hará a nivel de cada edificio.

1.5.1 Red Eléctrica del edificio multifamiliar

Desde las redes del concesionario se alimentara a los bancos de medidores. Para la red de servicios generales comunes como alumbrado de pasadizos, escalera, bomba de agua y tomacorrientes se ha previsto que éste sea a través de un Tablero de Servicios Generales Interiores TSG y este a su vez se alimentará

desde un medidor del tipo trifásico, el cual ha sido ubicado en el banco de medidores del edificio.

Desde la caja toma se derivarán los alimentadores a cada uno de los diferentes tableros de departamentos TD y de servicios comunes TSG del edificio.

Todos los tableros de distribución (TD), (TSG), serán del tipo para empotrar, en gabinete metálico y llevarán interruptores automáticos termomagnéticos. Toda la tubería a utilizarse para alimentadores y montantes será del tipo de Cloruro de Polivinilo PVC del tipo pesado (SAP), para los circuitos derivados se utilizará tuberías del tipo de Cloruro de Polivinilo PVC del tipo liviano (SEL).

Todos los conductores a usarse en alimentadores, serán de cobre sólidos hasta la sección de 6 mm² inclusive. Todos los conductores a usarse en circuitos de distribución serán unipolares de cobre electrolítico de 99.9 % de conductibilidad, con aislamiento termoplástico tipo TW. No se usarán conductores con secciones inferiores a 2.5 mm² para circuitos de alumbrado y 2.5 mm2 para tomacorriente y fuerza.

1.5.2 Instalaciones de Comunicaciones

En cada edificio se ha previsto la instalación de un sistema de teléfonos del tipo externo con conexión al concesionario mediante acometida subterránea, además en cada edificio se tiene previsto la instalación de salidas de televisión por cable, los cuales tendrán acometidas del tipo subterráneo. El proyecto además prevé la instalación de un sistema de intercomunicadores a cada departamento desde la puerta de ingreso a cada edificio.

Desde la caja de distribución de comunicaciones se tendera una tubería directamente a la salida de cada usuario independientemente y todas las

instalaciones proyectadas en su totalidad son para empotrar en techos, paredes, y/o pisos.

El cálculo de la demanda máxima a nivel de acometida para cada tipo de edificio se ha efectuado teniendo en cuenta la simultaneidad de usos de los diferentes equipos.

1.6 Planificación y Costo

La planificación es un proceso gradual, por el cual se establece el esfuerzo necesario para cumplir con los objetivos de un proyecto. En este proceso permite además, refinar los objetivos que dieron origen al proyecto.

Si bien la planificación define las acciones a seguir, durante la ejecución puede existir necesidad de cambios respecto de lo definido originalmente, los mismos servirán de punto de partida para un nuevo análisis y una nueva planificación de ser requerido.

El Cronograma de Obra es la representación gráfica del secuenciamiento y la duración de las actividades de un proyecto. Su elaboración contemplara cambios que el proyecto considere necesarios, respetando los hitos y alcances contractuales como suministros, permisos, licencias, etc., para que cumpla sus objetivos como herramienta de gestión, el cronograma deberá ser desarrollado hasta el nivel de detalle que sea:

- Necesario para identificar los recursos correspondientes, sirviendo como base para los cronogramas de recursos.

- Suficiente para permitir la facilidad de lectura, entendimiento y actualización.

Para la elaboración del Cronograma de Obra, se establece 4 procedimientos:

1.6.1 Definición de las actividades

Las actividades son las tareas específicas que deben ser realizadas durante la ejecución de un proyecto para llevarlo a cabo. Las actividades se definen en función de las necesidades del proyecto y con el detalle necesario para poder plasmar las estrategias a utilizar a lo largo del proyecto. Para definir las actividades es necesario:

- Definir la Estructura de División del Trabajo (EDT) del proyecto.

- Descomponer cada nivel del EDT.

Respecto a la definición de las actividades, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

-Incluir todas las actividades que pertenecen al desarrollo constructivo del proyecto, es decir todas las actividades de producción necesarias para realizar el proyecto.

- Incluir todas las actividades que representen hitos contractuales del proyecto.

- Incluir aquellas actividades que, aunque no sean parte de nuestro alcance de proyecto y su ejecución sea por parte del cliente, supervisión u otros contratistas, afecten al desarrollo de nuestras actividades. Podrán representarse como actividades y/o como hitos.

1.6.2 Secuenciamiento de actividades

Consiste en identificar las relaciones de dependencia entre las actividades. La secuencia debe ser lo más precisa posible, a fin de apoyar la elaboración de un cronograma realista y factible.

1.6.3 Estimación de la duración

Consiste en la estimación del número de periodos de trabajo que serán necesarios para completar las actividades individuales. Esta estimación debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Las actividades previamente identificadas, así como el volumen de trabajo de las mismas (metrados), para los requerimientos de recursos humanos y materiales asignados a las actividades.

-Los métodos constructivos seleccionados.

-La velocidad de ejecución (capacidad, potencia, rendimiento, etc.) de los recursos seleccionados para la ejecución.

-La cantidad de recursos disponibles.

-La experiencia acumulada en la gestión de Proyectos anteriores ("know how" de la Organization).

1.6.4 Desarrollo del Cronograma

Definidas las actividades del proyecto, secuencia y relaciones de dependencia de las mismas, duración de las actividades y los recursos asociados a cada una de ellas se procede a la diagramación del cronograma para lo cual se usará cualquier software disponible (por ejemplo, Microsoft Project o Primavera).

La cantidad de niveles que se determine en la EDT dependerá de la complejidad del propio proyecto.

El cronograma debe permitir, hasta el nivel que se haya definido estructurar las actividades, identificar la utilización de los recursos a lo largo de la ejecución del proyecto. Este cronograma puede ser representado de diferentes maneras:

Diagrama de Gantt, Curva Espacio Tiempo (Curva Marshall), Pert CPM, Tren de Actividades, etc., se adjuntan ejemplos.

En la elaboración del cronograma es importante la determinación del calendario del proyecto, es decir la definición de las horas y días "útiles" para la ejecución del proyecto (tener en cuenta los días feriados y otros días no laborables).

Una vez concluida la elaboración del cronograma, el Responsable de Planeamiento y Control emite el documento al Gerente de Proyecto para su revisión y aprobación. La elaboración del cronograma implica un proceso de iteraciones en el diseño de las estrategias de ejecución, hasta obtener la alternativa óptima en plazo y costo.

Para el caso del proyecto se calcula un tiempo de ejecución de 159 días.

1.6.5 Presupuesto Resumen

El monto del costo directo de la construcción asciende a $ 2, 093, 675.00, los gastos generales a $265,679.70 (equivalente a un 12% del costo directo de la construcción), finalmente el monto total del costo de la construcción es US$2, 359,354.70 más IGV.

Considerando un área total construida de 9,271.2m2 el ratio total del presupuesto de construcción es de US$ 254.48/m2 más IGV.

CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

2.1 Datos del estudio de Mecánica de Suelos para cimentación.

Con la información proporcionada por la Empresa GMVB S.A, consistente en la información de campo, ensayos de laboratorio, panel fotográfico, plano de ubicación de las exploraciones geotécnicas, realizado por la Empresa "M & M Consultores", para determinar los parámetros del Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación de los edificios del Condominio Centrika Club Residencial de 12 pisos, siendo el mismo terreno en el que se plantea construir las edificaciones.

Se han efectuado diez calicatas o pozos a cielo abierto en el área en estudio, en forma manual hasta profundidades comprendidas entre 2.00 y 3.00, denominadas como CA-1, CA-4 y CA-9.

En las calicatas excavadas se registró bajo los pavimentos y desde la superficie del terreno en las aéreas no pavimentadas, una capa superior de relleno de constitución heterogénea , conformada por grava arenosa con contenido variable de limo e arcilla, medianamente densa, con restos de desmonte y basura; arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta. Bajo las capas de relleno, se registraron en las calicatas CA-1, CA-4, CA-9, estratos de arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, con algunas gravas redondeadas de dos pulgadas de tamaño máximo, de consistencia variable entre blanda y compacta.

Finalmente, a partir de profundidades comprendidas entre 0.70 y 2.50 m, subyace un depósito de grava arenosa, mal graduada, de compacidad media con una densidad relativa de 55%, con una densidad natural seca de 2.180 Tn/m3 como se indica en los siguientes cuadros.

CALICATA	CA-1	CA-4	CA-9
Prof.(m)	2.4	2	1.5
Densidad Seca Natural gr/cm3	2.186	2.18	2.173
Humedad Natural (%)	2.1	2.8	2.9

Cuadro Nro. 2.01: Densidades Naturales

CALICATA	CA-1	CA-4	CA-9
Prof. (m)	2.40	2.00	1.50
γd_{Max} (gr/cm3)	2.257	2.251	2.250
γd_{Min} (gr/cm3)	2.087	2.102	2.101
γd_{Nat} (gr/cm3)	2.186	2.180	2.173
DR (%)	60	54	50
Compacidad	Media	Media	Media

Cuadro Nro. 2.02: Compacidad Relativa

Considerando un factor de seguridad de 3.00 según la norma E050, se puede concluir que la platea de cimentación estará apoyada en un suelo conformado por un relleno ingenieril del tipo gravas arenosas limosas, compactado en espesores de 0.20m al 95 % de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado para una capacidad admisible de:

$$Q_{adm} = 2 \text{ kg / cm}^2$$

2.2 Consideraciones para la cimentación y diseño.

Debido a la distribución de los muros y que la edificación a diseñar es de 6 pisos, la edificación se diseñara en base al sistema de Muros de Ductilidad Limitada, caracterizando a este sistema, tener una alta densidad de muros en cada dirección.

Debido a esta densidad en los muros, al diseñar la cimentación mediante zapatas corridas, la superficie de cimentación es de 39.95%, superando el 25% del área total, haciendo que sea recomendable utilizar platea de cimentación, por lo cual se plantea como base de la edificación, la utilización de platea de cimentación de 30 cm de espesor, construida sobre relleno de ingeniería, con dientes de cimentación para confinar el relleno, con dimensiones 30x105 cm. Además esta platea reemplaza el falso piso y contrapiso, permitiendo el ahorro de tiempo y dinero.

Se considera como código básico para el diseño estructural el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma Técnica E-060 para el concreto armado, la Norma E-030 de Diseño Sismo-Resistente, la Norma de diseño de edificios de ductilidad limitada así como la Norma E-020 para la determinación de cargas y sobrecargas.

En resumen, el reglamento incluye consideraciones detalladas para carga viva, carga de sismo, métodos aceptados de diseño, cargas de diseño, factores de carga y coeficientes de seguridad para cada uno de los elementos estructurales y de materiales.

Se ha especificado en el proyecto estructural los siguientes materiales: concreto de f 'c=175 kg/cm2 y acero corrugado de fy=4200 kg/cm2, de grado 60, siguiendo las especificaciones ASTM A615 y ASTM A706.

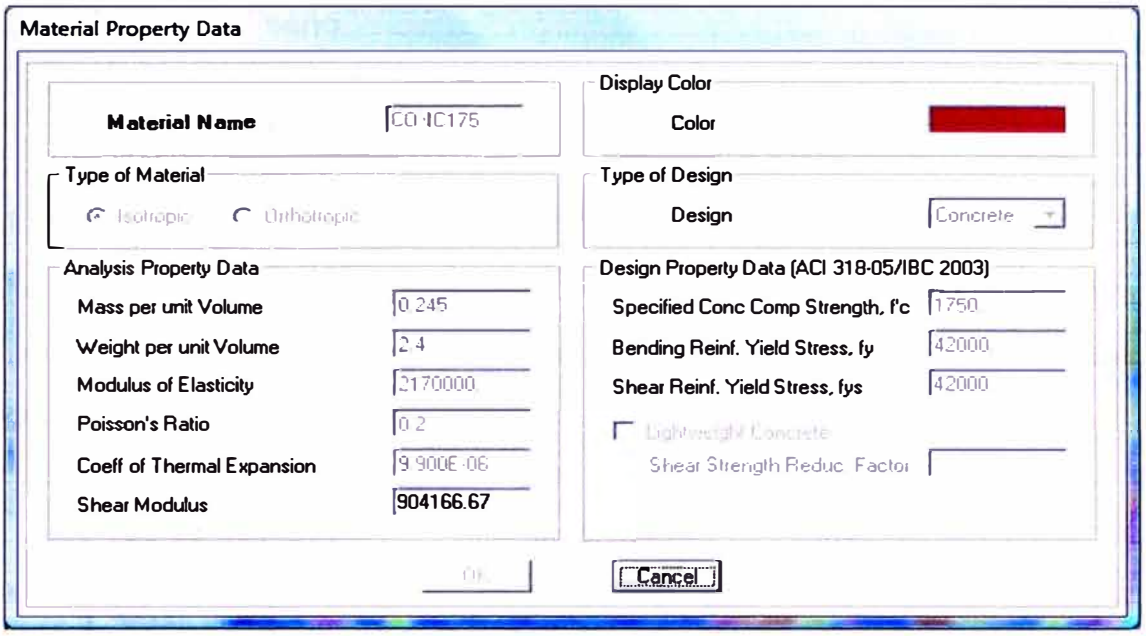


Figura Nro. 2.01: Propiedades principales del concreto (t, m).

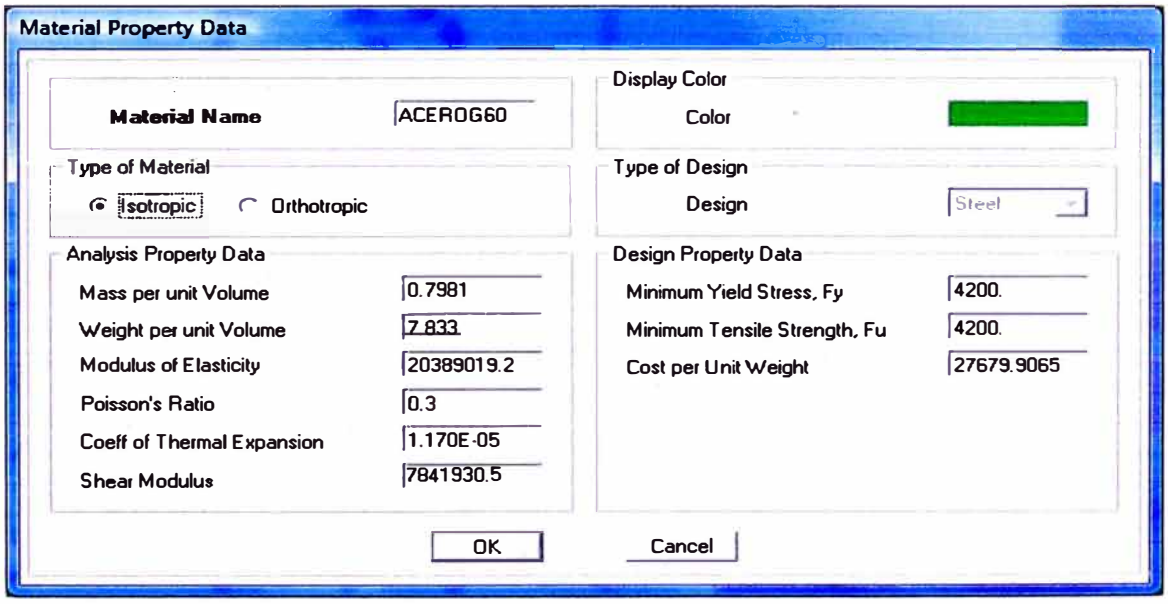


Figura Nro. 2.02: Propiedades principales del acero (t, m) – referencia hoja técnica Aceros Arequipa.

2.3 Cargas para diseño

➢ Cargas muertas

Estas cargas, provienen de los elementos que conforman la estructura y se suponen perennes en la misma. Son calculados por el programa de computo ETABS el cual se basa en la geometría del modelo, la cual ha sido completamente definida.

- Peso del concreto armado 2400 Kg/m3
- Peso de acabados 100 Kg/m2

➢ Cargas vivas

- Carga para entrepiso 200 Kg/m2
- Carga para escaleras y pasadizos 200 Kg/m2
- Carga para azoteas 100 Kg/m2

➢ Combinaciones de carga

Para los cálculos de las solicitaciones a las que va a estar expuesta la estructura se utilizaron las combinaciones de carga que la norma E060 define y que se muestran a continuación.

- ✓ COMB1 1.4 D + 1.7 L
- ✓ COMB2 1.25 (D + L + SX)
- ✓ COMB3 1.25 (D + L – SX)
- ✓ COMB4 1.25 (D + L + SY)
- ✓ COMB5 1.25 (D + L – SY)
- ✓ COMB6 0.9 D + SX
- ✓ COMB7 0.9 D – SX
- ✓ COMB8 0.9 D + SY
- ✓ COMB9 0.9 D – SY
- ✓ Además, se agregará una envolvente de las anteriores.

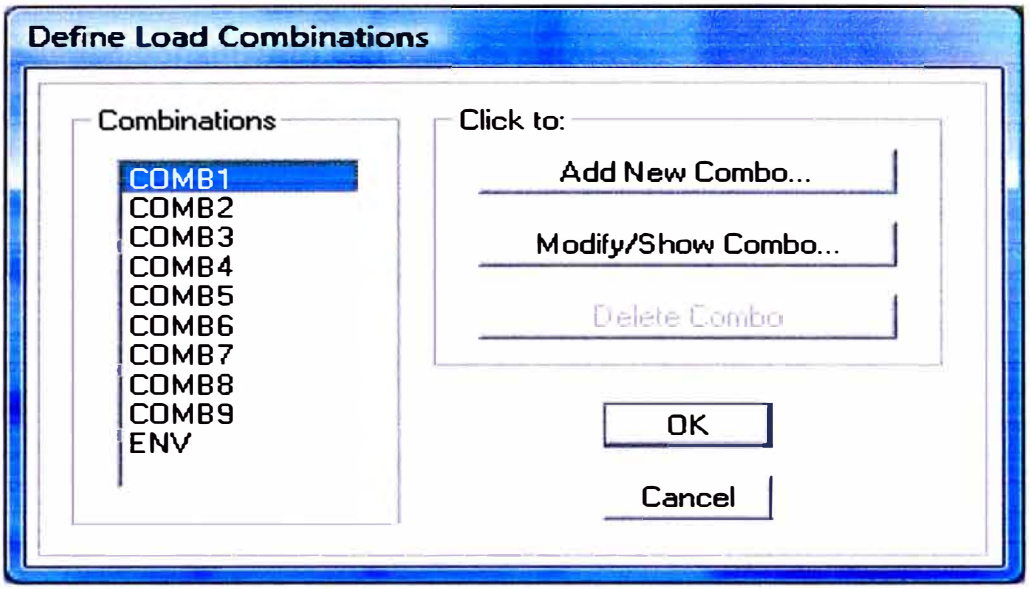


Figura Nro. 2.03: Combinación de cargas para diseño.

2.4 Predimensionamiento de Muros de Ductilidad Limitada

Para el predimensionamiento de la estructura, se utilizara la norma E060 según corresponda.

Según el apéndice 21.9.3.2 de la norma E060 el espesor del alma de los muros de corte no deberá ser menor de 1/25 de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral ni menor de 150 mm, salvo para los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada, para los cuales el espesor mínimo del alma no deberá ser menor de 100 mm.

$$E_{min} \geq 100mm$$, se plantea 100, 125 y 150 mm.

2.5 Predimensionamiento de losas de entrepiso

Según el apéndice 9.6.3.2 de la norma E060 los espesores mínimos de losas sin vigas interiores que se extiendan entre los apoyos y que tienen una relación entre lados no mayor que 2 (losa bidireccional), deben cumplir lo siguiente.

$$h \geq ln / 30 = 4.15 / 30 = 0.138 \text{ m}$$

» Escogemos h = 0.15 m

2.6 Parámetros para el análisis sísmico de la estructura

El análisis de las estructuras se realizara por métodos elásticos.

Los coeficientes sísmicos serán determinados en base al periodo de vibración de la estructura, a los coeficientes de zona y al tipo de estructuración que corresponde.

El análisis y diseño será realizado mediante el programa ETABS y SAFE desarrollados por Computers & Structures Inc. de Berkeley - California.

Se eligió el programa ETABS V9.5 por ser uno de los más versátiles y porque permite la exportación de las cargas de losa al programa SAFE V8.0.4, el cual representa una alternativa para diseño de las losas tanto de entrepiso como de cimentación.

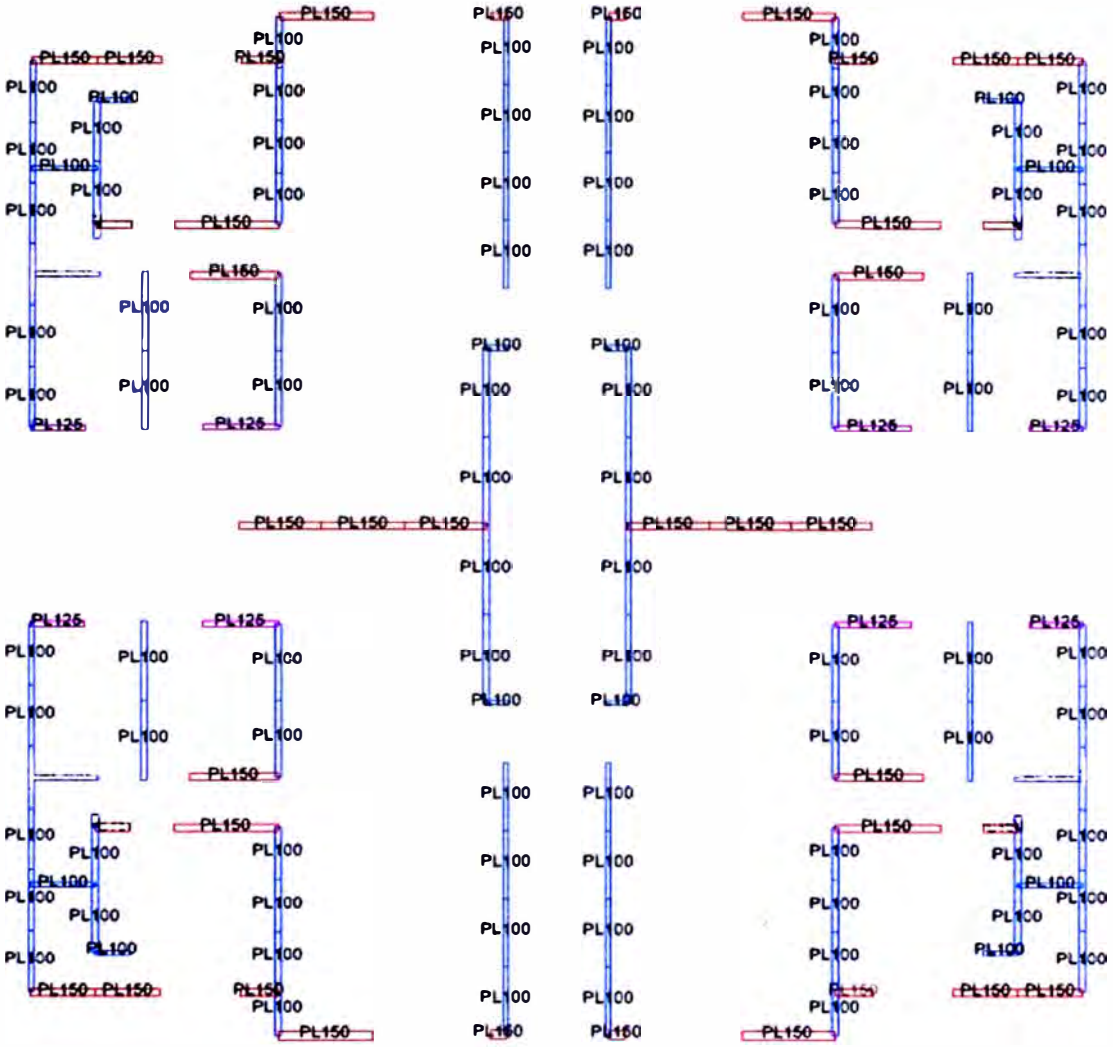


Figura Nro. 2.04: Distribución de muros de 100, 125 y 150 mm en planta

Parámetros Sísmicos	DIRECCION	
	X	Y
Z	0.4	0.4
U	1	1
S	1	1
R	4	4
Es Regular??	**si**	**si**
R - usar	4	4

Cuadro Nro. 2.03: Parámetros sísmicos, para Edificación regular en planta y altura

Donde: Z = Factor de zona

U = Factor de uso e importancia

S = Factor de Suelo

C = Coeficiente de amplificación sísmica

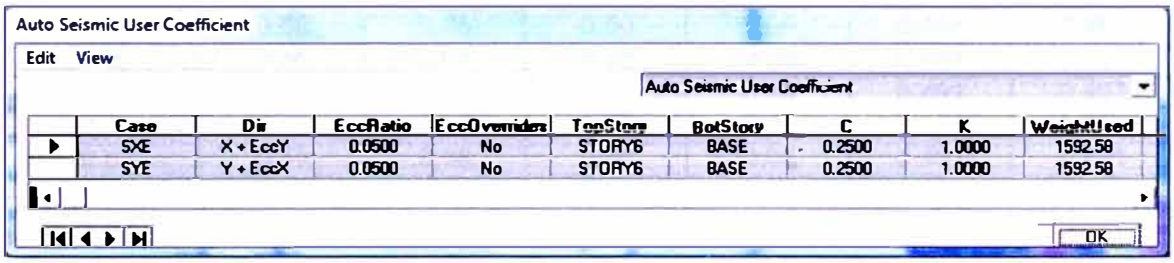
R = Coeficiente de reducción de solicitación sísmica

P = Peso total de la edificación

2.7 Espectro de diseño

Aceleración Espectral: $S_a = \frac{ZUSC}{R} * g$ $\quad T = \frac{h_n}{C_T}$

hn= 15.40 y Ts = 0.40 $\quad C/R \geq 0.125$ $\quad C = 2.5 * \left(\frac{Ts}{T}\right) \leq 2.5$



Cuadro Nro. 2.04: Cálculos de peso de Edificación P = 1592.58 Tn

DIRECCION	X	Y
C_T=	60	60
T (Norma)	0.2575	0.2575
C (Análisis Estático)	3.883	3.883
C USAR	2.5	2.5
C/R	0.625	0.625
Coef. Estático	0.2500	0.2500
V Estático	398.15	398.15
V Dinámico	**291.65**	**292.06**
80% V EST.	318.52	318.52
factor 80% Estatico	**1.1**	**1.1**

Cuadro Nro. 2.05: Cálculo estático y dinámico para espectro

T	X		Y		X	Y
(Seg.)	C_x	fa	C_y	fa	Sa	Sa
0	2.50	0.25	2.50	0.25	2.453	2.453
0.1	2.50	0.25	2.50	0.25	2.453	2.453
0.2	2.50	0.25	2.50	0.25	2.453	2.453
0.3	2.50	0.25	2.50	0.25	2.453	2.453
0.4	2.50	0.25	2.50	0.25	2.453	2.453
0.5	2.00	0.20	2.00	0.20	1.962	1.962
0.6	1.67	0.17	1.67	0.17	1.635	1.635
0.7	1.43	0.14	1.43	0.14	1.401	1.401
0.8	1.25	0.13	1.25	0.13	1.226	1.226
0.9	1.11	0.11	1.11	0.11	1.090	1.090
1	1.00	0.10	1.00	0.10	0.981	0.981
1.1	0.91	0.09	0.91	0.09	0.892	0.892
1.2	0.83	0.08	0.83	0.08	0.818	0.818
1.3	0.77	0.08	0.77	0.08	0.755	0.755
1.4	0.71	0.07	0.71	0.07	0.701	0.701
1.5	0.67	0.07	0.67	0.07	0.654	0.654
1.6	0.63	0.06	0.63	0.06	0.613	0.613
1.7	0.59	0.06	0.59	0.06	0.577	0.577
1.8	0.56	0.06	0.56	0.06	0.545	0.545
1.9	0.53	0.05	0.53	0.05	0.516	0.516
2	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.1	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.2	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.3	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.4	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.5	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.6	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.7	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491
2.8	0.50	0.05	0.50	0.05	0.491	0.491

Cuadro Nro. 2.06: Espectro de pseudoaceleraciones

Figura Nro. 2.05: Espectro de pseudoaceleraciones

CAPITULO III. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.1 Desplazamientos horizontales

El diseño de los muros se realizara tomando en cuenta la distribución de los mismos y corroborando que el concreto resista el cortante originado por el análisis dinámico de la estructura.

Dada la simetría de la estructura, el diseño está orientado solo a los muros típicos en las direcciones X e Y.

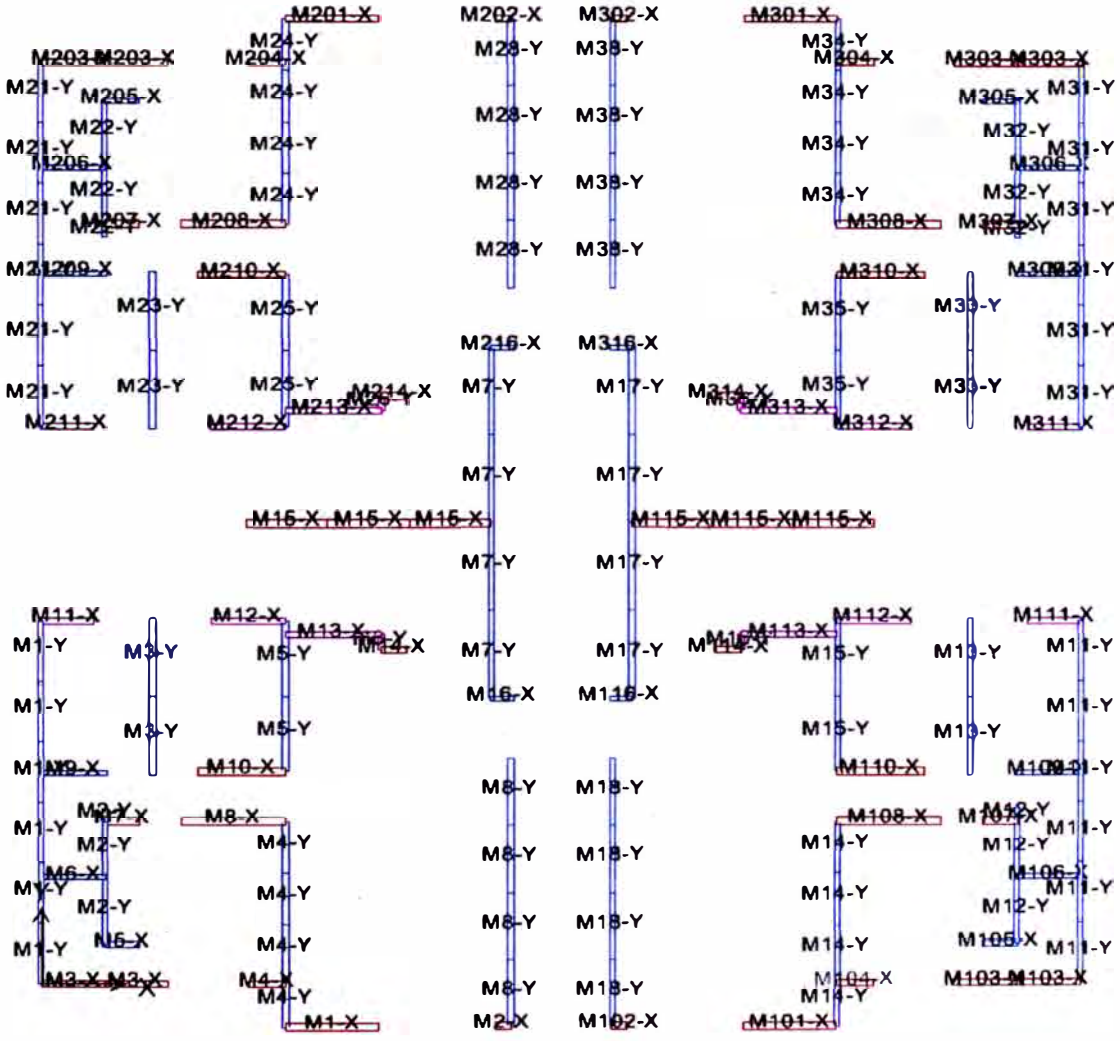


Figura Nro. 3.01: Muros a ser diseñados en dirección X e Y

➢ Irregularidad Torsional, según norma E 030

Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso (calculado multiplicando por 0.75R, según el artículo 16.4 de la norma E 030), dividido entre la altura de entrepiso exceda el 50% del máximo permisible Δ_i / he_i < 0.005, entonces 50% de 0.005 = 0.0025. Según el cuadro 3.01, se observa que ningún entrepiso el desplazamiento promedio, dividido entre la altura de entrepiso exceda el 50% del máximo permisible 50% Δ_i / he_i < 0.0025

Story	Load	Z	DriftX	DriftY	Δi (X)	Δi (Y)	hei	Δi (X)/hei	Δi (Y)/hei	0.75R*Δi (X)/hei	0.75R*Δi (Y)/hei	50% max Δi/hei
STORY6	SX	15.30	0.000351		0.00172		2.55	0.0006733		0.002020		Δi/hei < 0.0025
STORY6	SY	14.45		0.00011		0.00026	2.55		0.000103		0.000310	Δi/hei < 0.0025
STORY5	SX	11.90	0.000307		0.00099		2.55	0.0003877		0.001163		Δi/hei < 0.0025
STORY5	SY	12.75		0.000104		0.00034	2.55		0.000135		0.000405	Δi/hei < 0.0025
STORY4	SX	9.35	0.000285		0.00055		2.55	0.000217		0.000651		Δi/hei < 0.0025
STORY4	SY	9.35		0.000105		0.00019	2.55		0.000076		0.000228	Δi/hei < 0.0025
STORY3	SX	7.65	0.000276		0.00093		2.55	0.000364		0.001092		Δi/hei < 0.0025
STORY3	SY	7.65		0.000103		0.00034	2.55		0.000133		0.000399	Δi/hei < 0.0025
STORY2	SX	5.10	0.000232		0.00085		2.55	0.000334		0.001002		Δi/hei < 0.0025
STORY2	SY	5.10		0.000088		0.00031	2.55		0.00012		0.000360	Δi/hei < 0.0025
STORY1	SX	2.55	0.00013		0.00033		2.55	0.00013		0.000390		Δi/hei < 0.0025
STORY1	SY	2.55		0.000056		0.00014	2.55		0.000056		0.000168	Δi/hei < 0.0025

Cuadro Nro. 3.01: Distorsiones de entrepiso en X e Y debido al sismo (SX y SY)

➢ Verificación del tipo de estructura

Después de escalar el cortante dinámico con un factor de 1.1 en la dirección X e Y, se obtienen los siguientes cortantes en el primer piso de la edificación:

Cortante en X (VX, debido al sismo SX) = 327.16 t

Cortante en Y (VY, debido al sismo SY) = 326.15 t

De los cuadros 3.04 y 3.05, se obtiene el cortante resistido por los muros en X e Y

Cortante muros en X =304.44 t = 93.06% de 327.16 t > 60% V edificio

Cortante muros en Y =309.10 t = 94.77% de 326.15 t > 60% V edificio

Por tanto la edificación tiene una Estructura Tipo I (Estructura de Muros).

➢ Cálculo de distorsiones en la dirección X e Y.

Distorsiones en X, según el cuadro 3.02, la distorsión real = 0.75*4*0.000351 = 0.00105 < 0.005 (normado) ok.

Distorsiones en Y = 0.75*4*0.000110 = 0.00033 < 0.005 (normado) ok

Story Drifts

Edit View

Story Drifts

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
STORY6	Max Drift X	SX	1112	4.600	4.450	15.300	0.000351	
STORY6	Max Drift Y	SX	1109	14.990	14.850	15.300		0.000022
STORY6	Max Drift X	SY	1199	4.600	14.850	15.300	0.000063	
STORY6	Max Drift Y	SY	1349-4	6.937	9.650	14.450		0.000110
STORY5	Max Drift X	SX	1395-4	8.470	7.812	11.900	0.000307	
STORY5	Max Drift Y	SX	1174	19.590	7.612	12.750		0.000019
STORY5	Max Drift X	SY	1094-4	8.845	-0.900	11.900	0.000035	
STORY5	Max Drift Y	SY	1114	8.470	9.650	12.750		0.000104
STORY4	Max Drift X	SX	1145-4	6.407	7.000	9.350	0.000285	
STORY4	Max Drift Y	SX	1174	19.590	7.612	10.200		0.000015
STORY4	Max Drift X	SY	1139	6.350	-0.900	10.200	0.000032	
STORY4	Max Drift Y	SY	1402-4	10.745	1.912	9.350		0.000105

OK

Cuadro Nro. 3.02: Distorsiones en X e Y debido al sismo (SX y SY)

➢ Periodo de vibración por modo y participación de masa, del cuadro 3.03, la participación de masa es mayor al 90% y según norma E030 esto es correcto.

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	0.174372	73.7971	0.0003	0.0000	73.7971	0.0003	0.0000	0.0004
2	0.106403	0.0004	0.0021	0.0000	73.7975	0.0025	0.0000	0.0027
3	0.099230	0.0001	76.8159	0.0000	73.7976	76.8183	0.0000	98.7287
4	0.060103	0.0005	0.9003	0.0000	73.7981	77.7186	0.0000	0.8159
5	0.054751	0.0001	0.0006	0.0000	73.7982	77.7193	0.0000	0.0006
6	0.051619	8.4927	0.0000	0.0000	82.2909	77.7193	0.0000	0.0000
7	0.045841	8.1089	0.0000	0.0000	90.3998	77.7193	0.0000	0.0001
8	0.039517	0.0004	0.0001	0.0000	90.4002	77.7194	0.0000	0.0000
9	0.035818	0.0000	0.0002	0.0000	90.4002	77.7196	0.0000	0.0000
10	0.034441	0.0000	4.2870	0.0000	90.4002	82.0066	0.0000	0.1346
11	0.032382	0.0006	0.0741	0.0000	90.4008	82.0807	0.0000	0.0000
12	0.031891	0.0001	5.0635	0.0000	90.4009	87.1442	0.0000	0.0000
13	0.030173	0.0016	0.0057	0.0000	90.4025	87.1499	0.0000	0.0000
14	0.028756	2.8850	0.0000	0.0000	93.2875	87.1499	0.0000	0.0000
15	0.028123	0.0014	0.0000	0.0000	93.2889	87.1499	0.0000	0.0000
16	0.026615	0.0000	6.2726	0.0000	93.2889	93.4225	0.0000	0.0111
17	0.025098	0.0000	0.0000	0.0000	93.2889	93.4225	0.0000	0.0000
18	0.024169	0.0001	0.0000	0.0000	93.2890	93.4225	0.0000	0.0000
19	0.023256	0.0055	0.0001	0.0000	93.2944	93.4226	0.0000	0.0000
20	0.022435	1.6498	0.0003	0.0000	94.9442	93.4230	0.0000	0.0000

OK

Cuadro Nro. 3.03: Periodo de vibración y participación de masa

3.2 Diseño de Muros de Ductilidad Limitada

- Diseño por corte del muro M8-Y (análisis en primer piso, por mayor cortante)

  - ✓ e=0.15m
  - ✓ hm=12.75m (5 pisos)
  - ✓ lm=5.92m
  - ✓ Resistencia a la comprensión del concreto f´c =175 Kg/cm2

Del análisis dinámico se obtiene la fuerza cortante última (Vu): 13.61 t

Resistente al cortante aportada por el concreto Φ Vc: 41.64 t

Donde Φ Vn = Φ Vc + Φ Vs, para el cálculo de Φ Vc se utilizo Φ Vc = Φ(Ac α √f´c), donde α depende de la relación entre la altura del muro y el largo del mismo, dicho valor varía entre 0.53 y 0.80. Se observa que 0.5 Φ Vc > Vu entonces no es necesario hacer el cálculo de cortante soportada por el acero de refuerzo Φ Vs, debido a que el acero a emplear en los muros estará dado por cuantías mínimas.

Si Vu > 0.5 Φ Vc, entonces ρh≥0.0025 y ρv≥0.0025

Si Vu < 0.5 Φ Vc, entonces ρh≥0.0020 y ρv≥0.0015

Cuantías mínimas de refuerzo horizontal ≥0.0020 (2.0cm2 @1.0m)

Cuantías mínimas de refuerzo vertical ≥0.0015 (1.5cm2 @1.0m)

Si hm/lm ≤ 2, la cuantía vertical de refuerzo no deberá ser menor que la cuantía horizontal.

Por lo tanto:

Acero a usar en primer y segundo piso

Malla Horizontal: Φ8mm@0.20m y Malla Vertical: Φ8mm@0.20m

Acero a usar en tercero, cuarto y quinto piso:

Malla Horizontal: Φ8mm@0.25m y Malla Vertical: Φ8mm@0.25m

Plano	Nombre de Pierr - Etabs				e(cm)	H(cm)	L(cm)	H/L	#muros	Vu(t)	α	ϕVc	ϕ 0.5 Vc	Observación
D2	M 1-X	101-X	201-X	301-X	15	1275	175	7.29	4.00	5.83	0.53	15.64	7.82	Vu<ϕ0.5Vc
M2'	M 2-X	102-X	202-X	302-X	15	1275	29.5	43.22	4.00	0.15	0.53	2.64	1.32	Vu<ϕ0.5Vc
D1	M 3-X	103-X	203-X	303-X	15	1275	240	5.31	4.00	8.34	0.53	21.45	10.725	Vu<ϕ0.5Vc
D2	M 4-X	104-X	204-X	304-X	15	1275	70	18.21	4.00	1.10	0.53	6.26	3.13	Vu<ϕ0.5Vc
M3	M 5-X	105-X	205-X	305-X	10	1275	65	19.62	4.00	0.62	0.53	3.87	1.935	Vu<ϕ0.5Vc
D4	M 6-X	106-X	206-X	306-X	10	1275	120	10.63	4.00	4.72	0.53	7.15	3.575	ϕ0.5Vc<Vu<ϕVc
M3'	M 7-X	107-X	207-X	307-X	15	1275	65	19.62	4.00	1.68	0.53	5.81	2.905	Vu<ϕ0.5Vc
D10	M 8-X	108-X	208-X	308-X	15	1275	195	6.54	4.00	8.48	0.53	17.43	8.715	Vu<ϕ0.5Vc
D5	M 9-X	109-X	209-X	309-X	10	1275	125	10.20	4.00	2.67	0.53	7.45	3.725	Vu<ϕ0.5Vc
D9	M 10-X	110-X	210-X	310-X	15	1275	165	7.73	4.00	5.52	0.53	14.75	7.375	Vu<ϕ0.5Vc
D3	M 11-X	111-X	211-X	311-X	12.5	1275	100	12.75	4.00	1.20	0.53	7.45	3.725	Vu<ϕ0.5Vc
D8'	M 12-X	112-X	212-X	312-X	12.5	1275	140	9.11	4.00	4.77	0.53	10.43	5.215	Vu<ϕ0.5Vc
D8-1	M 13-X	113-X	213-X	313-X	12.5	1020	180.8	5.64	4.00	9.56	0.53	13.47	6.735	ϕ0.5Vc<Vu<ϕVc
D8-2	M 14-X	114-X	214-X	314-X	15	1020	46.3	22.03	4.00	1.07	0.53	4.14	2.07	Vu<ϕ0.5Vc
M1	M 15-X	115-X			15	1530	460	3.33	2.00	39.60	0.53	41.12	20.56	ϕ0.5Vc<Vu<ϕVc
D17	M 16-X	116-X	216-X	316-X	10	1275	42.5	30.00	4.00	0.60	0.53	2.53	1.265	Vu<ϕ0.5Vc

Cortante resistida por los muros en direccion X (#muros x Vu): 304.44 t

Cuadro Nro. 3.04: Verificación por cortante de muros en el eje X

Plano	Nombre de Pierr - Etabs				e(cm)	H(cm)	L(cm)	H/L	#muros	Vu(t)	α	ϕVc	ϕ 0.5 Vc	Observación
M2	M 1-Y	11-Y	21-Y	31-Y	10	1275	761.3	1.67	4.00	21.07	0.753	64.46	32.23	Vu<ϕ0.5Vc
M3	M 2-Y	12-Y	22-Y	32-Y	10	1275	285	4.47	4.00	5.21	0.53	16.98	8.49	Vu<ϕ0.5Vc
M3	M 3-Y	13-Y	23-Y	33-Y	10	1275	330	3.86	4.00	5	0.53	19.67	9.835	Vu<ϕ0.5Vc
M2	M 4-Y	14-Y	24-Y	34-Y	10	1275	430	2.97	4.00	12.31	0.53	25.63	12.815	Vu<ϕ0.5Vc
M2	M 5-Y	15-Y	25-Y	35-Y	10	1530	316.3	4.84	4.00	8.39	0.53	18.85	9.425	Vu<ϕ0.5Vc
D8-3	M 6-Y	16-Y	26-Y	36-Y	10	1020	31.3	32.59	4.00	0.84	0.53	1.87	0.935	Vu<ϕ0.5Vc
M4	M 7-Y	17-Y			10	1530	367.5	4.16	2.00	21.69	0.53	21.9	10.95	ϕ0.5Vc<Vu<ϕVc
M2	M 8-Y	18-Y	28-Y	38-Y	10	1275	592.5	2.15	4.00	13.61	0.625	41.64	20.82	Vu<ϕ0.5Vc

Cortante resistida por los muros en direccion Y (#muros x Vu): 309.10 t

Cuadro Nro. 3.05: Verificación por cortante de muros en el eje Y

Como Vn = Ac*(α √f´c + ph*fy) y el máximo valor para α es 0.8, entonces el máximo Vn = Ac(0.8*√175 + 0.0020*4200)=18.98*Ac < 2.7*Ac*√175=35.72*Ac

➢ Diseño por flexocompresión del muro M8-Y

Carga Y-Y	
P cm (t)	42.64
P cv (t)	10.65
P cs (t)	7.18
M cm (t-m)	1.30
M cv (t-m)	0.19
M cs (t-m)	71.79

Combinaciones Y-Y		
	Pu(t)	Mu(t-m)
1.5cm + 1.8cv	77.80	2.14
1.25(cm + cv + cs)	75.59	91.60
1.25(cm + cv - cs)	57.64	-87.88
0.9cm + cs	45.56	72.96
0.9cm - cs	31.20	-70.62

Cuadro Nro. 3.06: Cargas actuantes sobre el muro M8-Y

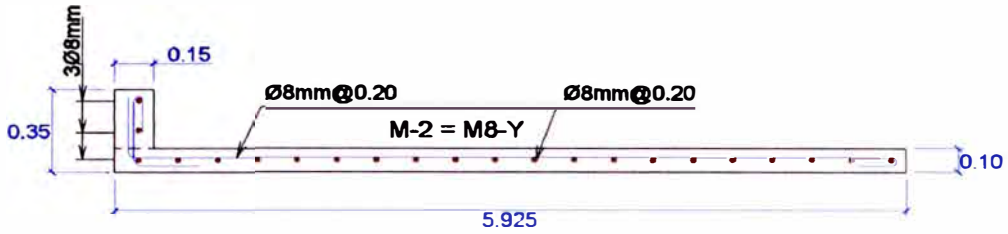


Figura Nro. 3.02: Distribución de acero en el muro M8-Y, en Plano M-2

Para esta distribución de acero, se realiza el siguiente diagrama de iteración, donde cualquier combinación de carga axial y de momento flector, que defina un punto que caiga dentro de la curva de interacción (o sobre la curva de interacción), indicará que la sección escogida es capaz de resistir las solicitaciones propuestas. Cualquier punto que quede por fuera de la curva determinará que la sección transversal es incapaz de resistir las solicitaciones especificadas.

El factor de reducción de capacidad para compresión pura en muros es 0.70 y para flexión pura es 0.90, lo que determina la existencia de una transición entre los dos factores para el caso combinado de flexocompresión.

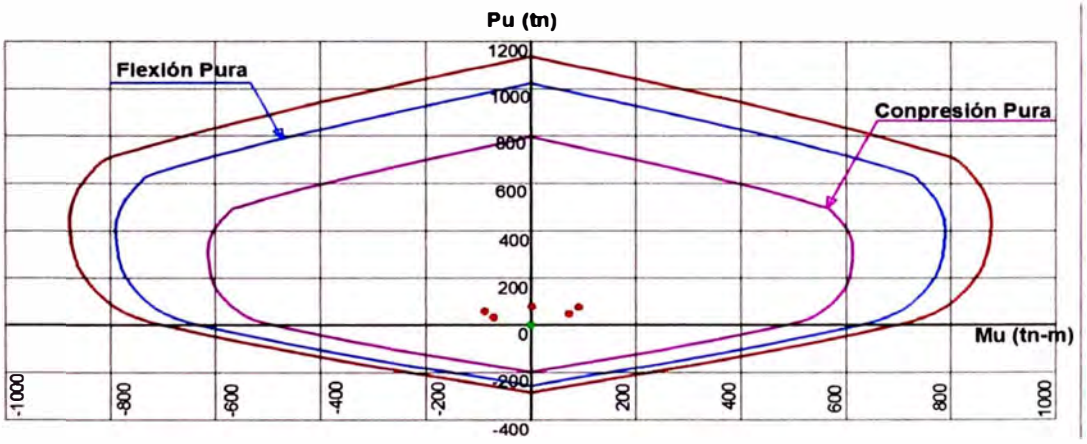


Figura Nro. 3.03: Diagrama de iteración, según distribución de acero muro M8-Y

Como se observa en la figura 3.03, los pares de carga axial y momento flector son, en todo, momento resistidos por la sección, es decir, se encuentran por debajo de la curva del diagrama de interacción obtenida del cuadro 3.07

Punto	Mn (T-m)	Pn (T)	Ubicación del Eje Neutro(paralelo a eje Y)
1	0.0	1,136.5	En Infinito
2	63.3	1,105.6	Coincide con borde inferior de sección transversal
3	798.3	711.3	Esta a 150cm por encima del borde inferior de sec. transv.
4	877.1	452.3	Esta a 300cm por encima del borde inferior de sec. transv.
5	691.2	-4.0	Esta a 490cm por encima del borde inferior de sec. transv.

Cuadro Nro. 3.07: Pares de solicitaciones nominales obtenidos (Mn, Pn)

- El refuerzo vertical distribuido debe garantizar una adecuada resistencia al corte fricción (ΦVn) en la base de todos los muros.

La resistencia a corte fricción deberá calcularse como: $\Phi Vn = \Phi * \mu * (Nu + Av * fy)$

Donde la fuerza normal última (Nu) se calcula en función de la carga muerta (NM= 42.64 t) como Nu=0.9*NM = 38.38 t, el coeficiente de fricción debe tomarse como $\mu = 0.6$ y $\Phi = 0.85$.

$$\Phi Vn = 0.85*0.6*(38.38 + 31*0.503*4.2) = 52.97\ t > Vu=13.61\ t$$

El acero a utilizar en los muros se detalla en los planos E I-04 y E I-05, además de mostrar el refuerzo adicional en esquinas, encuentros y empalmes.

3.3 Diseño de losas de entrepiso

Para el diseño de losas macizas de entrepiso, se establece los aceros mínimos de contracción, temperatura y flexión establecidos en la norma E060. Para diseñar por flexión, se obtiene los diagramas de momentos flectores, tanto para el eje X (figura 3.04), como para el eje Y (figura 3.05), además se obtiene los momentos máximos positivos y negativos, para diseño (figura 3.06).

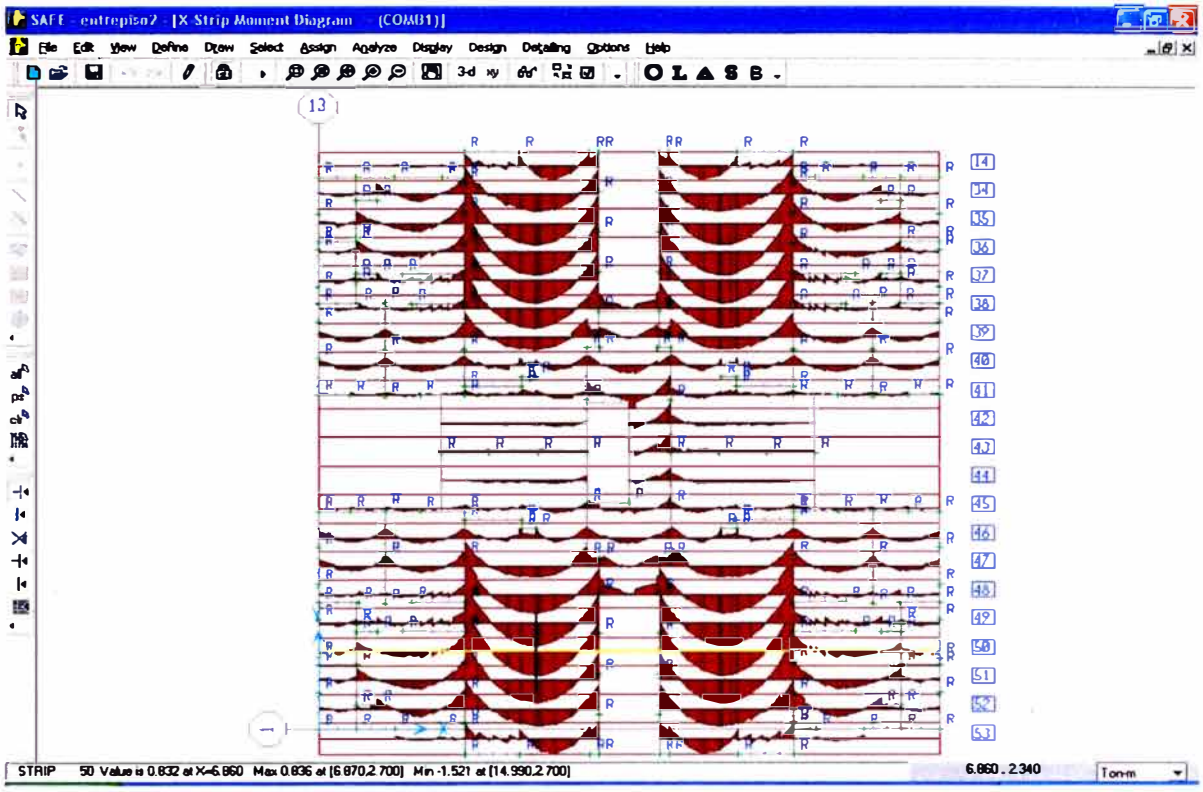


Figura Nro. 3.04: Diagrama de Momentos Flectores eje X, franjas de 1.0m

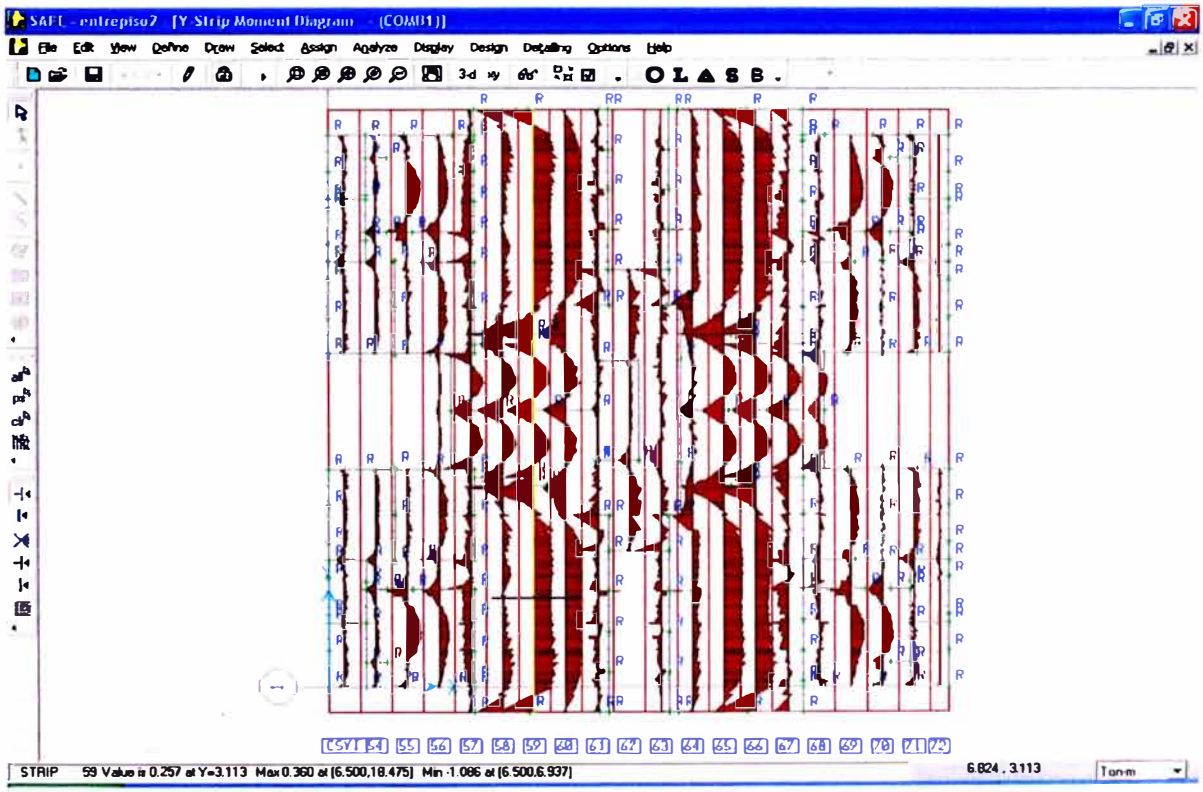


Figura Nro. 3.05: Diagrama de Momentos Flectores eje Y, franjas de 1.0m

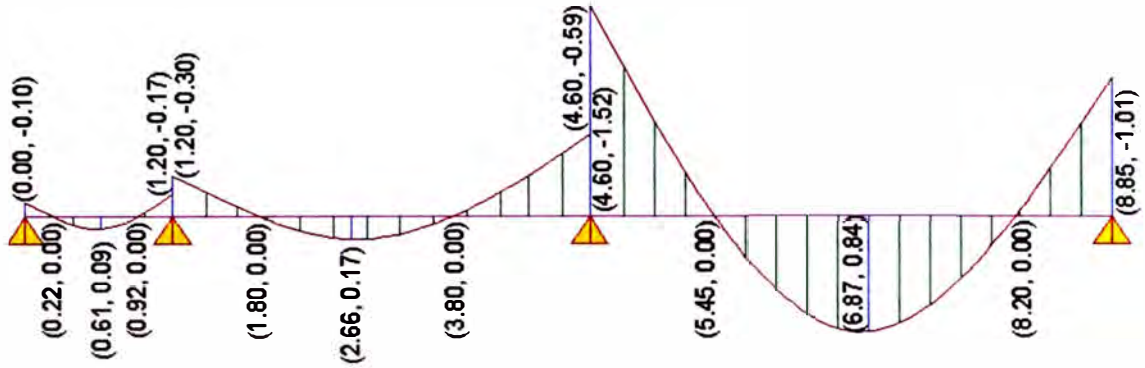


Figura Nro. 3.06: Diagrama de Momento Flector franja # 50 de 1m de ancho (Max (+)= 0.84 t-m, Max (-)=1.52 t-m)

Diseño de losa por flexión(acero positivo)

Mu =	0.84	(t-m)
f´c =	175	(kg/cm2)
fy =	4200	(kg/cm2)
φ =	0.9	(factor de reducción por flexión)
d =	8.5	(cm)
b =	100	(cm)
a =	0.77	(cm)
As =	2.738	(cm2)
a =	0.77	(cm)

área Ø3/8" =	0.71	(cm2)
espaciamiento (s) =	0.26	(m)

Diseño de acero negativo en losa

Mu =	1.52	(t-m)
f´c =	175	(kg/cm2)
fy =	4200	(kg/cm2)
φ =	0.9	(factor de reducción por flexión)
d =	12	(cm)
b =	100	(cm)
a =	0.99	(cm)
As =	3.495	(cm2)
a =	0.99	(cm)

área Ø3/8" =	0.71	(cm2)
espaciamiento (s) =	0.20	(m)

Según el cálculo por flexión de acero positivo y negativo, se muestra el refuerzo de acero de acuerdo al espesor de la losa y la malla básica correspondiente. Luego, de acuerdo a los requerimientos adicionales se colocan los bastones y balancines correspondientes, para el máximo momento negativo, se necesita balancines de Ø3/8" @0.20, con una longitud según figura 3.06 de 5.45-3.80+0.15*2 =1.95 m.

REFUERZOS MINIMOS DE CONTRACCION Y TEMPERATURA(L15)				
Refuerzo mínimo (cm2)		Malla Básica		
As/Le	As @ 1.0m		#inferior	As @ 1.0m
0.0018	2.70		Φ3/8"@0.25m	2.84 cm2

Cuadro Nro. 3.08: Refuerzo mínimo por contracción y temperatura

Análisis de losas mediante el programa SAFE

Para desarrollar un modelo más refinado de las losas, los modelos base que se desarrollaron en ETABS, fueron exportados a SAFE.

La discretización de los elementos de losa posibilita un análisis más refinado y en donde la gran ventaja está representada por la exportación de cargas del modelo inicial, lo que trae consigo que el análisis y el diseño se realice con cargas de sismo las cuales no son normalmente consideradas en el diseño de losas.

En la figura 3.07, se muestra la vista tridimensional del entrepiso típico (2do Piso), observándose la deformada debido a la carga muerta, donde las deformaciones máximas se encuentran en los cuatro paños con mayor luz (luz libre 4.15m).

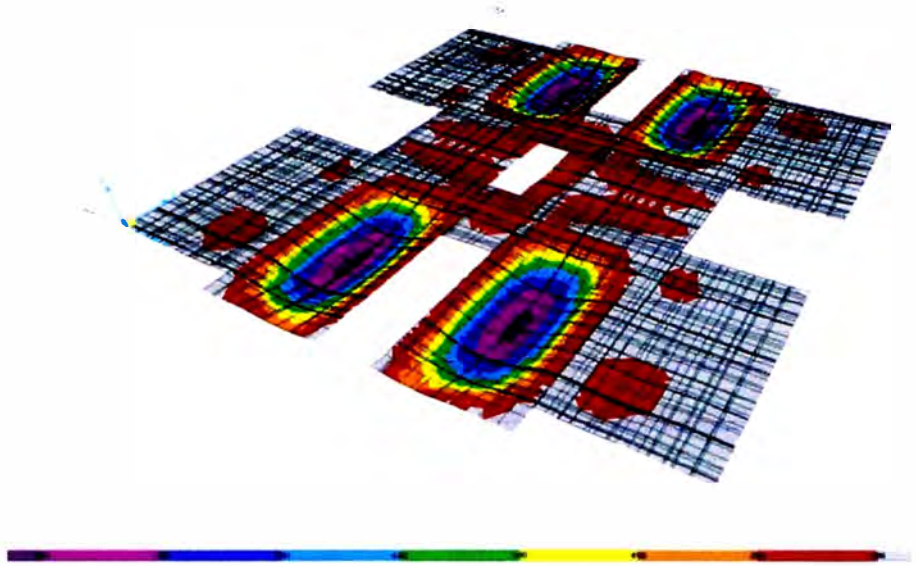


Figura Nro. 3.07 Deformada debido a la carga muerta en piso típico

Se ingresa programa la distribución de acero obtenido mediante el diseño por flexión, para el eje X (figura 3.08 y figura 3.09), y para el eje Y (figura 3.10).

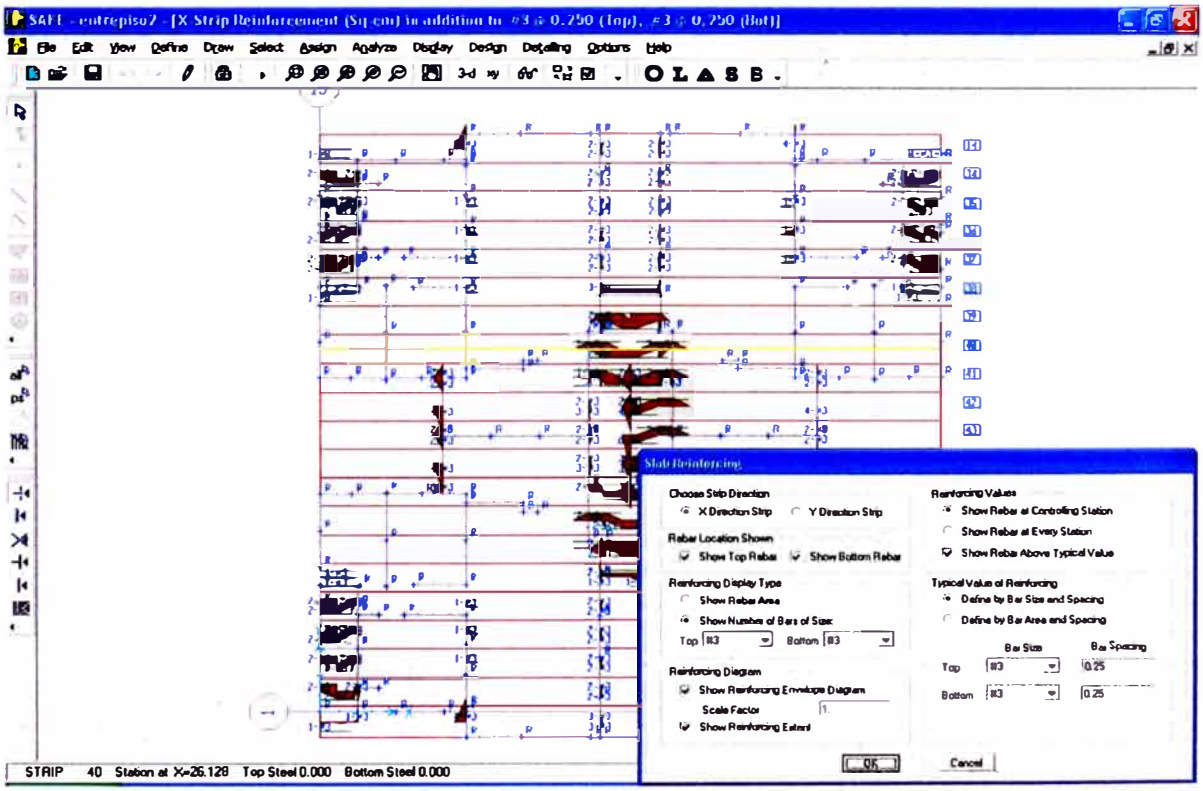


Figura Nro. 3.08: Se ingresa al programa la distribución de acero en el eje X

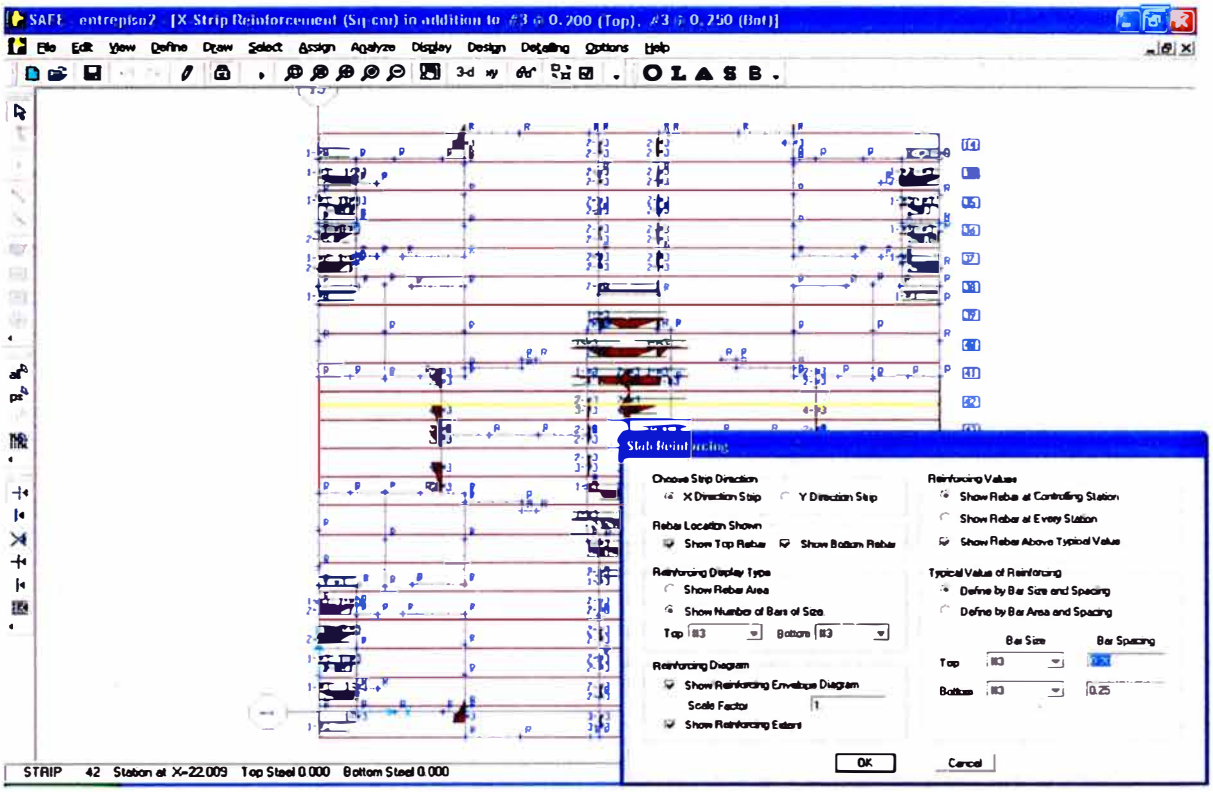


Figura Nro. 3.09: Se ingresa al programa acero negativo para balancines eje X

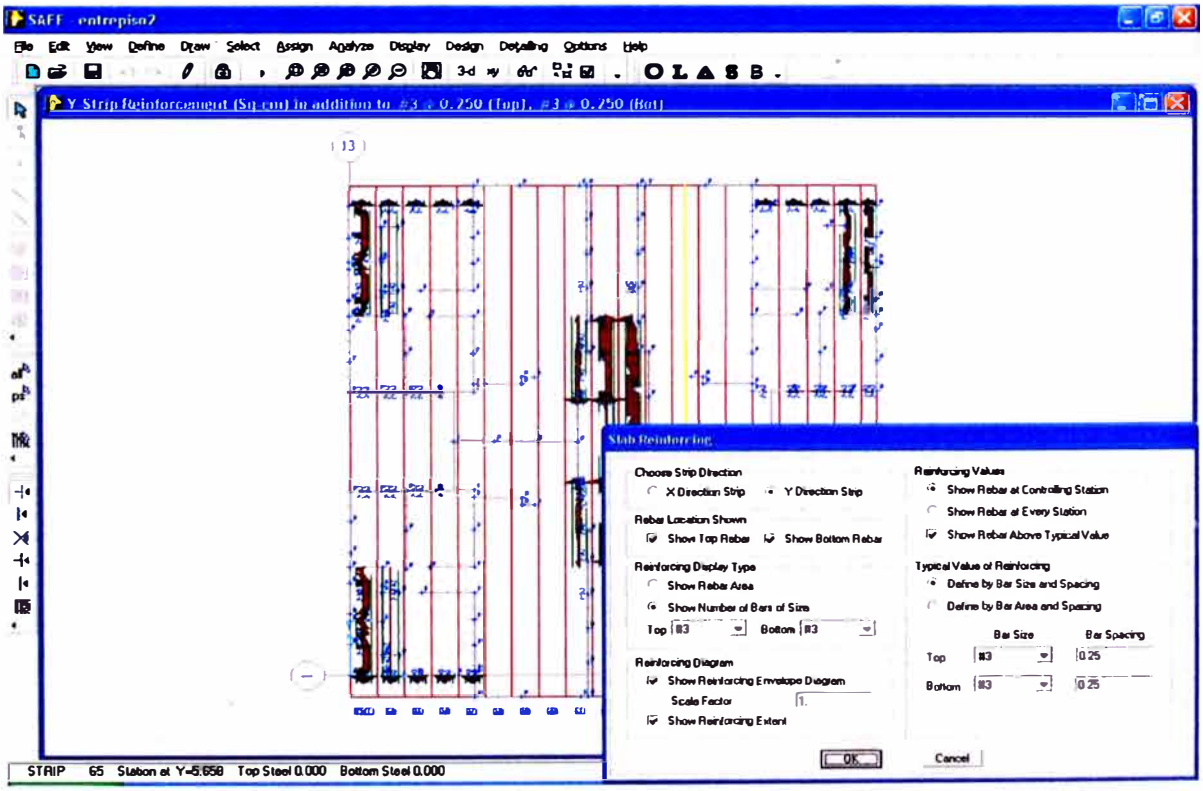


Figura Nro. 3.10: Se ingresa al programa la distribución de acero en el eje Y

El refuerzo ingresado en X, es Φ3/8"@0.25 abajo, indicándose en la figura 3.11 el refuerzo adicional que se necesita en este eje. El refuerzo ingresado en Y, es Φ3/8"@0.25 abajo, indicándose en la figura 3.12 el refuerzo adicional que se necesita en este eje.

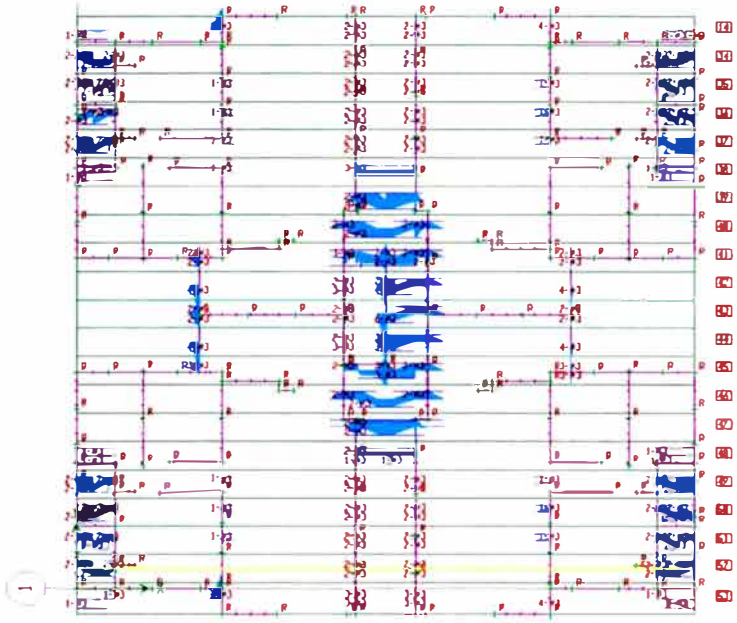


Figura Nro. 3.11: Refuerzo adicional necesario en el eje X

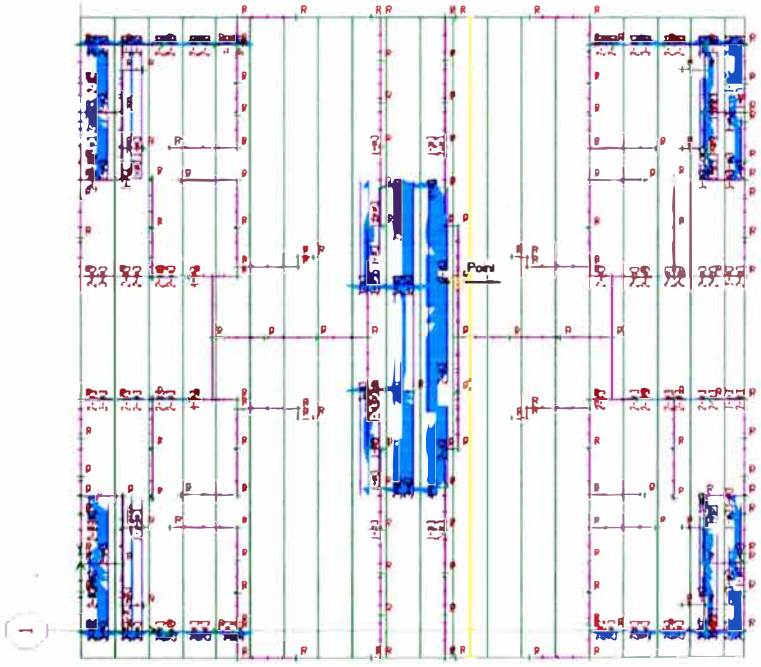


Figura Nro. 3.12: Refuerzo adicional necesario en el eje Y

Diseño de losa de entrepiso por corte.

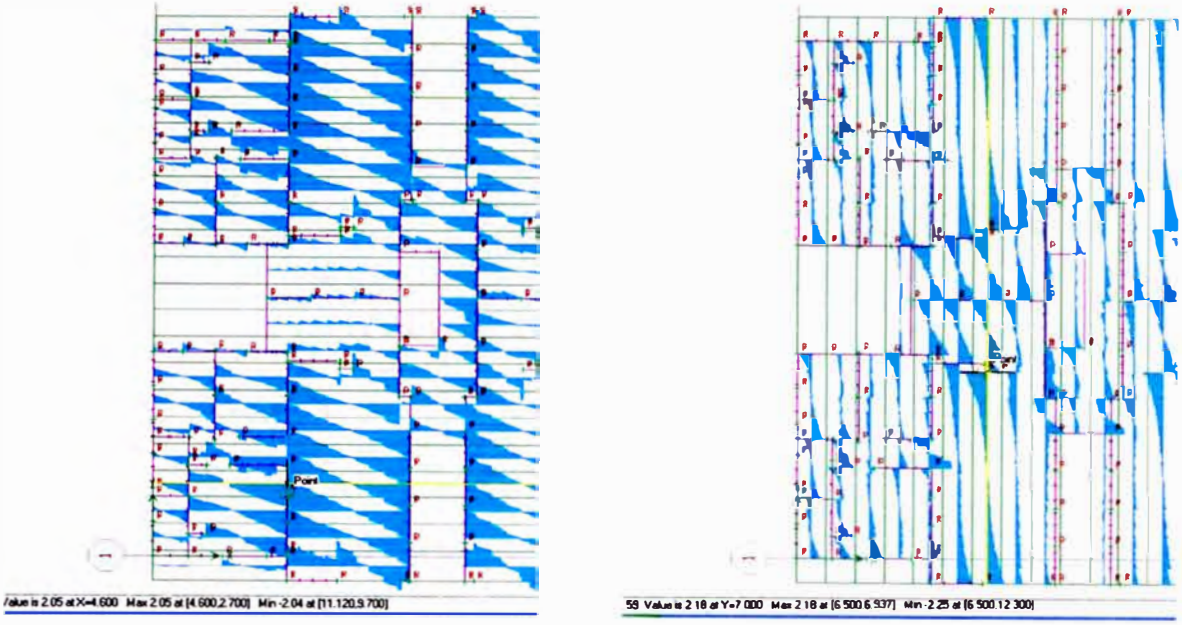


Figura Nro. 3.13: Diagrama de Fuerza Cortante (DFC) eje X e Y, franjas de 1.0m

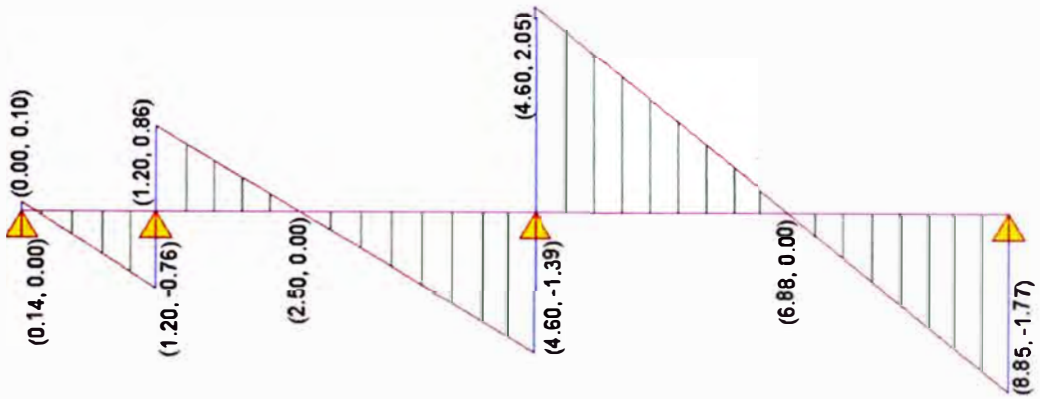


Figura Nro. 3.14: Diagrama Fuerza Cortante franja #50 de 1m ancho (Max=2.05t)

Del DFC en eje Y, las cortantes máximas son Max(+)=2.18ton y Max(-) = 2.25ton

Por lo tanto:

$$Ø\ Vc = 085*0.53*\sqrt{f'c}*b*d = 0.85*0.53*\sqrt{175}*100*8.5 = 5.07\ ton > 2.25t > 2.05\ t.$$

En ambas direcciones la resistencia a corte proporcionada por el concreto es mayor a la fuerza cortante última, concluyéndose que el peralte de losa maciza de entrepiso es el adecuado. En los planos E I - 02 y E I – 03 (anexos) se muestra la configuración del acero para las losas.

3.4 Diseño de escalera

La escalera a diseñar es de un solo tramo, con un ancho B = 1.20m, como se muestra en las figuras 3.15 y 3.16

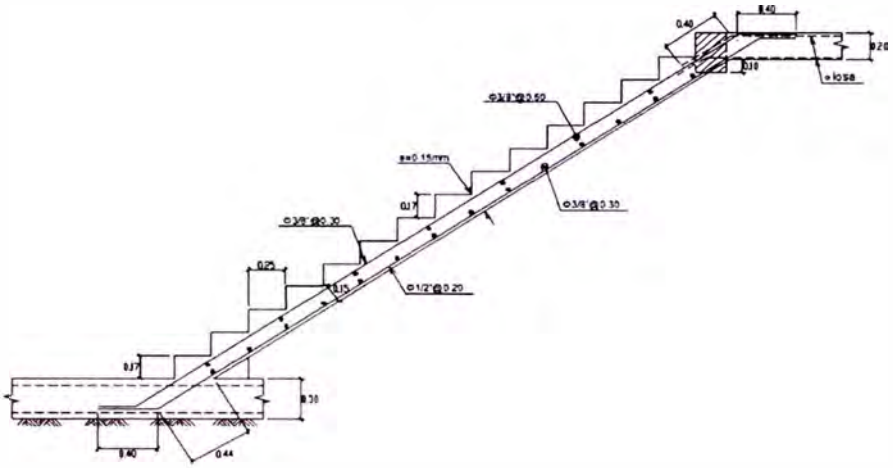


Figura Nro. 3.15: Arranque de escalera en primer piso

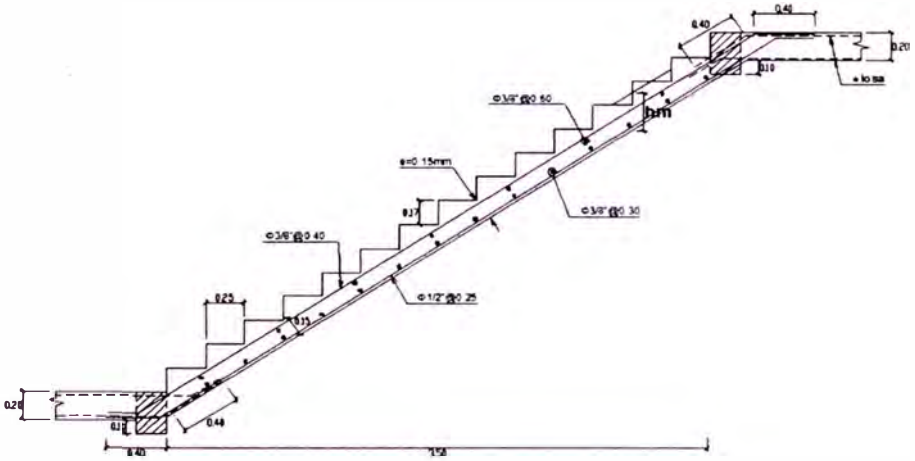


Figura Nro. 3.16: Tramo típico de escalera

Datos para el cálculo:

t(espesor de la escalera) = Ln/25 – Ln/20 = 3.50/25 – 3.50/20 = 0.15m

Paso = 0.25m

Contra Paso = 0.17m

hm = 0.266

B(ancho de tramo) = 1.20m

Cálculo de acero para escalera

- ✓ Peso propio : 1.073 t/m
- ✓ Acabados : 0.168 t/m
- ✓ S/C : 0.408 t/m

Mmax (+) : 2.52 t-m

Mdiseño (0.9*Mmax) : 2.27 t-m

Entonces:

d = 12.37 cm

a = 0.99 cm

As(+) = 5.06 cm2

As(-) = 1.69 cm2

Verificación de acero mínimo

As(min.): 0.0018x120x12.37 = 2.67 cm2

As(máx.): 0.0133 x120x12.37 = 19.74 cm2

Por lo tanto:

Usar:

As(+): Φ1/2"@0.25m ——————» As(+) = 6 x 1.27 = 7.62 cm2

As(-): Φ3/8"@0.40m ——————» As(-) = 4 x 0.71 = 2.84 cm2

As(transversal por temperatura): 0.0018x100x15 = 2.70 cm2 / m

Φ3/8" @ 0.71 / 2.70 = 26cm, por lo tanto usar:

As(temp. inferior): Φ3/8"@0.30m

As(temp. superior): Φ3/8"@0.60m

En plano E I - 01 se muestra la distribución del acero de refuerzo (acero positivo, negativo y de temperatura) en las escaleras.

3.5 Diseño de cimentación

Para el diseño de la platea de la cimentación se establece una malla básica compuesta por Φ 8mm @0.25cm tanto para el acero inferior como para el acero superior, esto de acuerdo al cuadro 3.09 , donde se verifica esta malla básica, con respecto a las cuantías mínimas establecidas por la norma E060.

REFUERZOS MÍNIMOS DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA				
Refuerzo mínimo (cm2)		Malla Básica		
As/Le	As @ 1.0m	#superior	#inferior	As @ 1.0m
0.0018	5.40 cm2	Φ3/8"@0.25m	Φ3/8"@0.25m	5.68 cm2

Cuadro Nro. 3.09: Refuerzo mínimo por contracción y temperatura (cimentación)

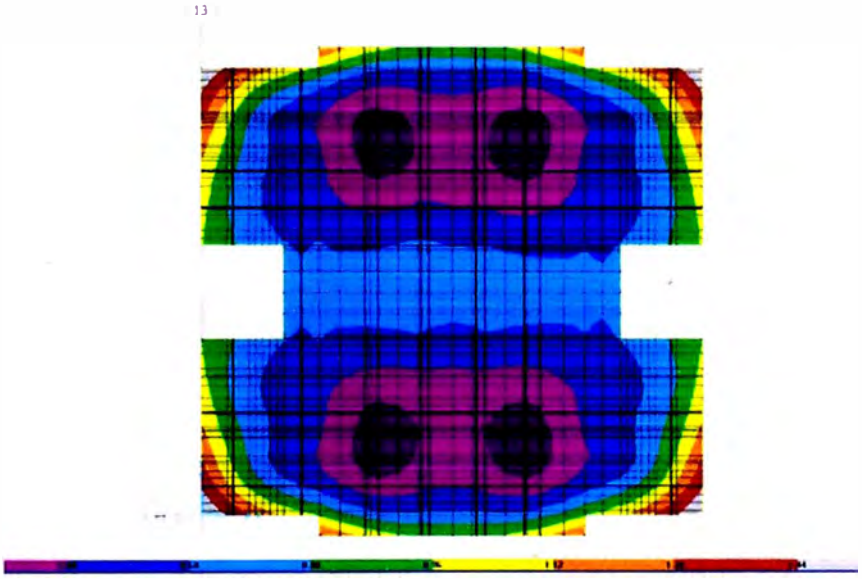


Figura Nro. 3.17: Esfuerzo en el terreno máximo = 1.60 kg/cm2

Para calcular el acero adicional a la malla base de las plateas se utilizo el programa SAFE. Pero como se tenía un exceso de requerimiento de acero adicional con la malla básica, según se observa en las figuras 3.18 y 3.19, se opto por modificar la distribución de acero básico mostrado en el cuadro 3.09, obteniendo una distribución de acero mostrado en el cuadro 3.10, donde no se observa necesidad de acero adicional, ver figuras 3.20 y 3.21. Para más detalle ver plano E I – 01(Planos Anexos).

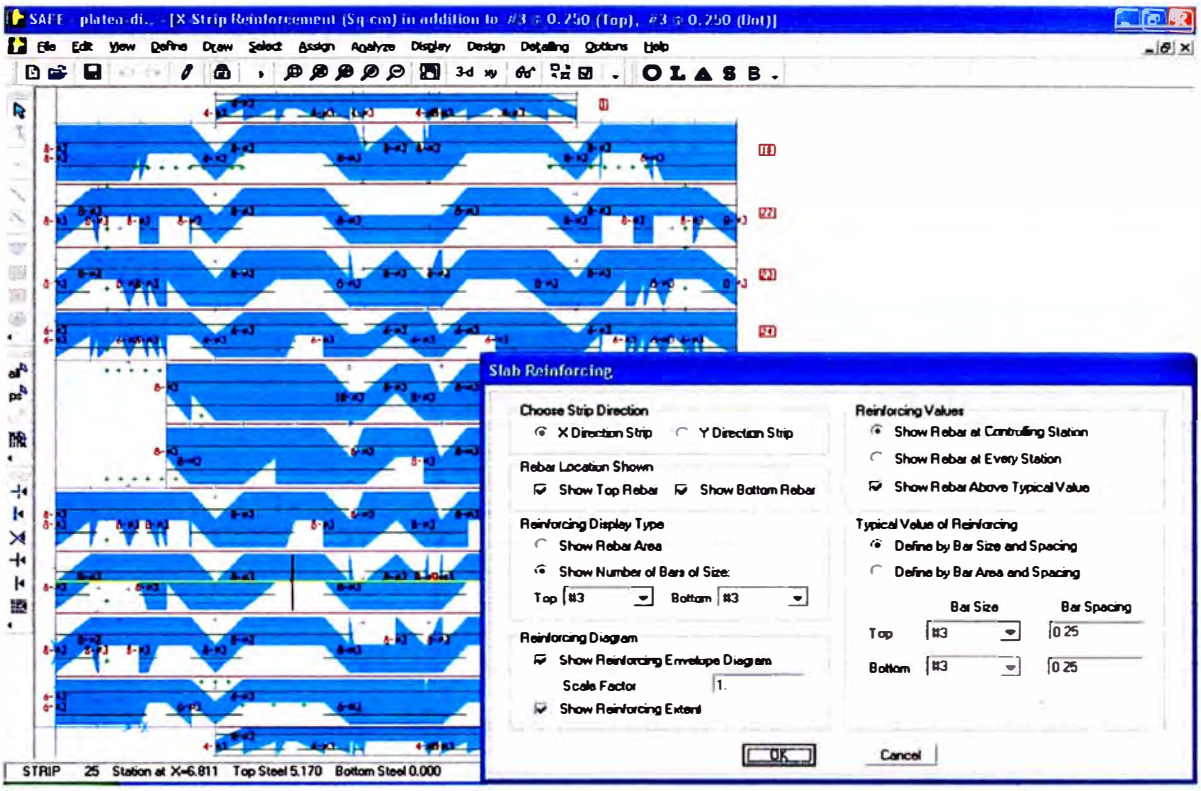


Figura Nro. 3.18: Diseño de losa de cimentación con refuerzo básico en el eje X

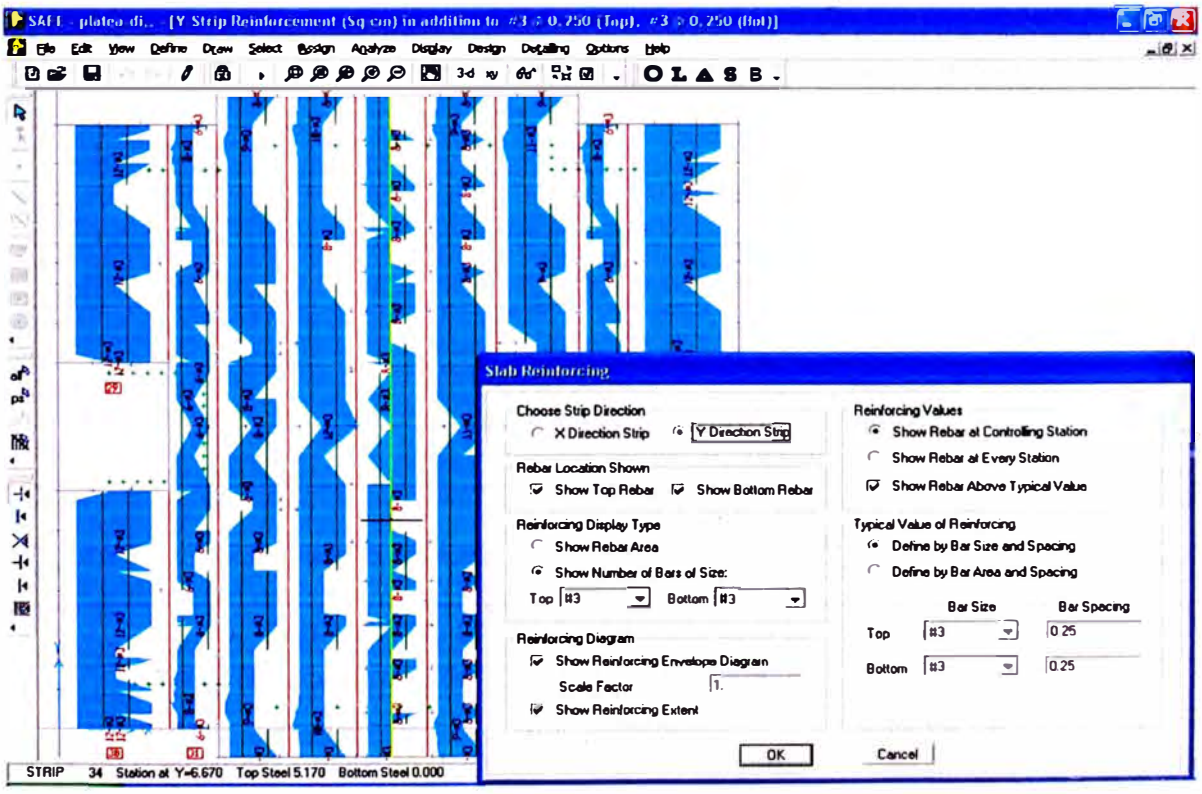


Figura Nro. 3.19: Diseño de losa de cimentación con refuerzo básico en el eje Y

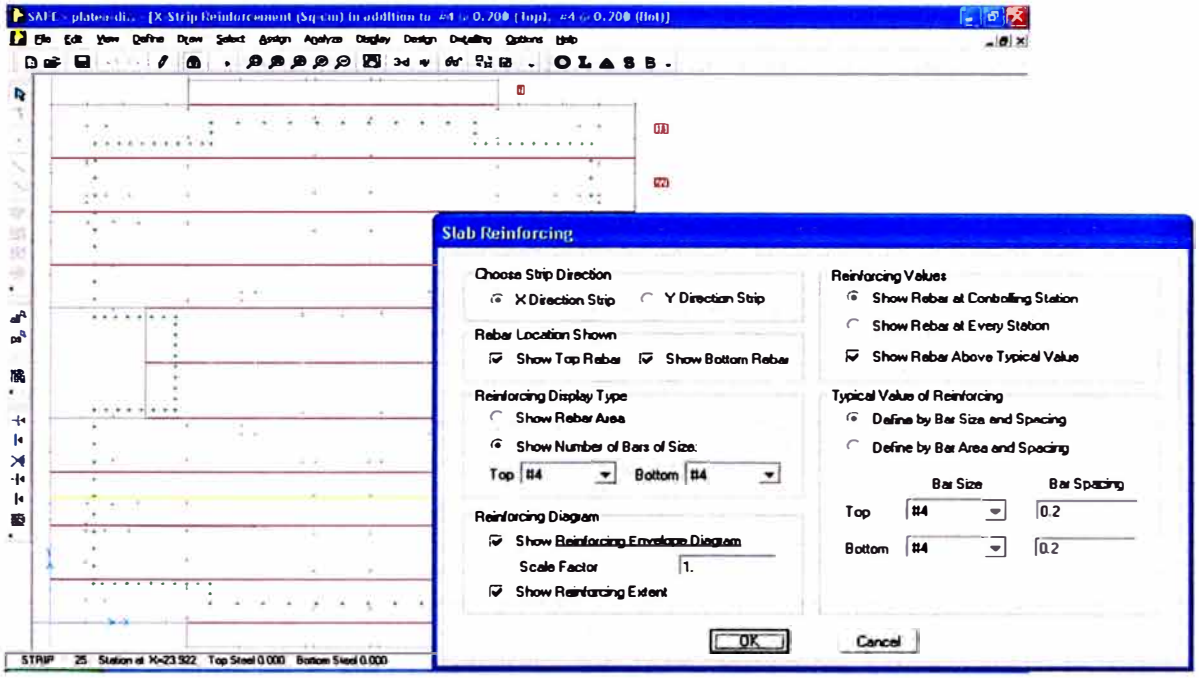


Figura Nro. 3.20: Diseño de losa de cimentación con Ø1/2"@0.20m en el eje X

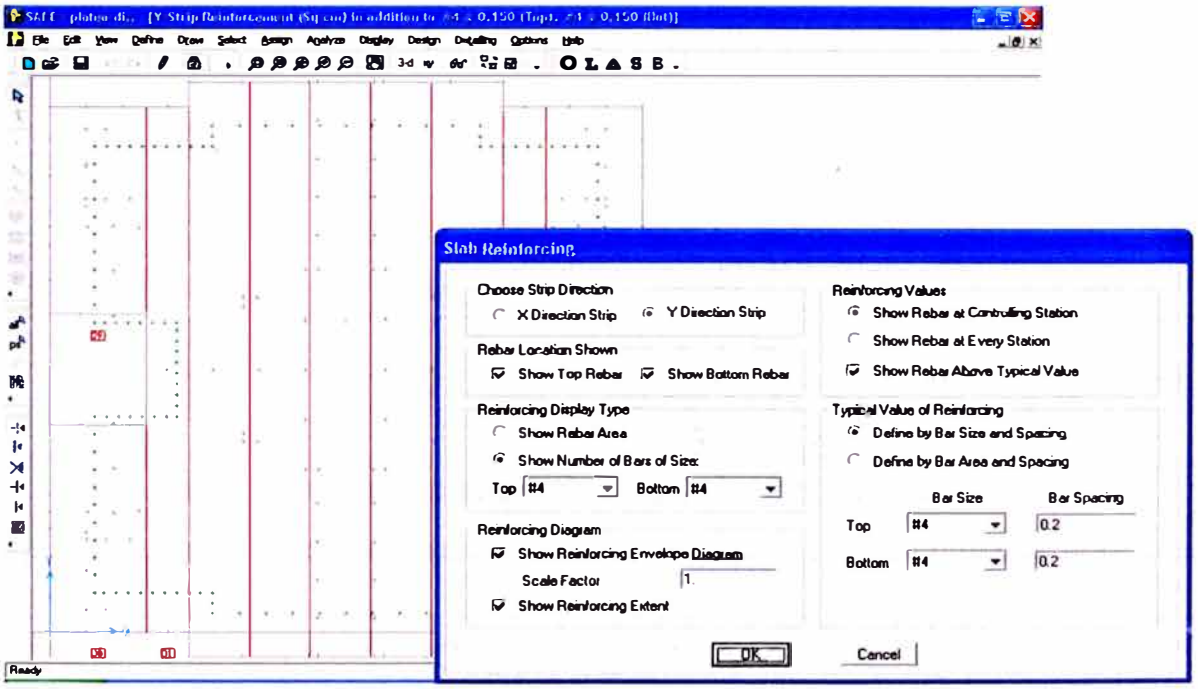


Figura Nro. 3.21: Diseño de losa de cimentación con Ø1/2"@0.20m en el eje Y

REFUERZO EN PLATEA DE CIMENTACIÓN			
Malla Básica dirección X		Malla Básica dirección Y	
#superior	#inferior	#superior	#inferior
Φ1/2"@0.20m	Φ1/2"@0.20m	Φ1/2"@0.20m	Φ1/2"@0.20m

Cuadro Nro. 3.10: refuerzo en platea de cimentación

Diseño de losa de cimentación por corte.

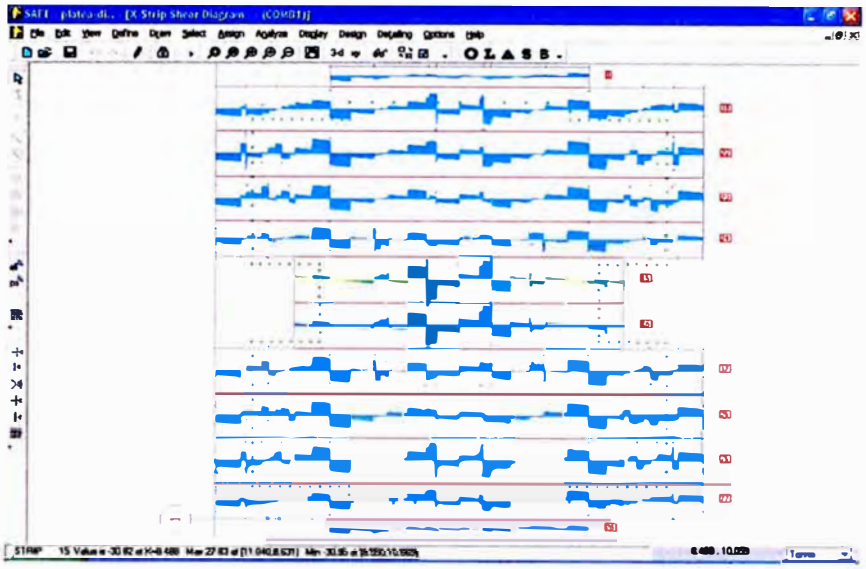


Figura Nro. 3.22: DFC eje X en franjas de 2.0m, Max(+)=27.83 t y Max(-)=30.95 t

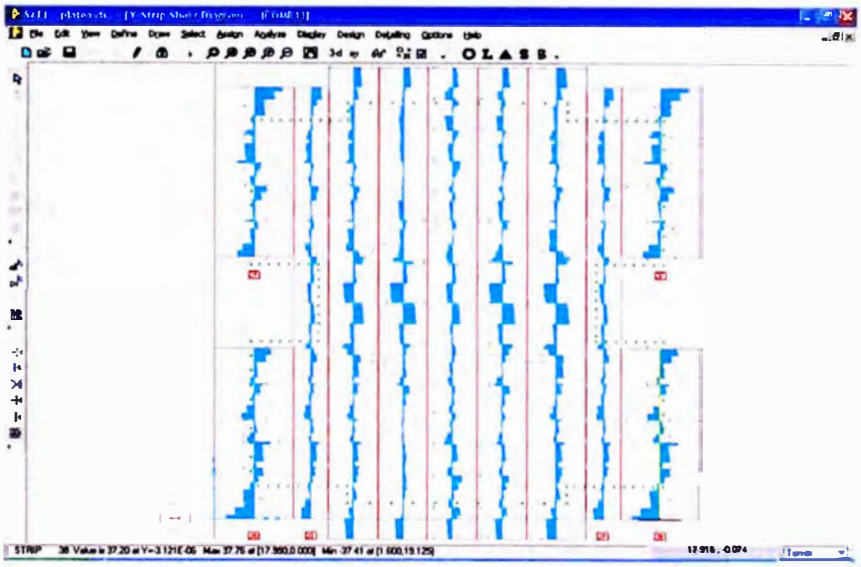


Figura Nro. 3.23: DFC eje Y en franjas de 3.2m, Max(+)=37.76 t y Max(-)=37.41 t

En eje X: Ø Vc =085*0.53*√f´c*b*d =0.85*0.53*√175*200*26 =30.99 t > 30.95 t

En eje Y: Ø Vc =085*0.53*√f´c*b*d =0.85*0.53*√175*320*26 =49.58 t > 37.76 t

En ambas direcciones la resistencia a corte proporcionada por el concreto es mayor a la fuerza cortante última, concluyéndose que el peralte de losa maciza para cimentación es el adecuado.

CAPITULO IV. APROXIMACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMORESISTENTE

4.1 Estimación de pérdidas por sismos

Para la estimación, la intensidad sísmica se expresó mediante la intensidad de Mercalli Modificada (MM) y por la aceleración pico del suelo (APS).

Intensidad (MM)	Aceleración Pico del Suelo (APS)	Descripción
V	<0.05	Percibido por la mayoría de personas.
VI	0.05 - 0.10	Sentido por todos. Daño leve.
VII	0.10 - 0.20	Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción.
VIII	0.20 - 0.35	Daño leve en estructuras diseñadas adecuadamente.
IX	0.35 - 0.50	Daño considerable en estructuras de diseño especial.
X	> 0,50	Gran destrucción de edificaciones.
XI		Pocas edificaciones quedan en pie.
XII		Destrucción total y cambios en el paisaje.

Cuadro Nro. 4.01: Correlación Intensidad-Aceleración Pico del suelo

(Sauter, 1978)

Para cuantificar el daño por terremotos se usó el cociente entre el valor de la pérdida y el valor de reemplazo completo, cociente al que se denomina Factor de Daño (FD).

$$\text{Factor de Daño (FD)} = \frac{\text{Valor de pérdida(VP)}}{\text{Valor de reemplazo completo(VR)}}$$

Para el factor de daño, se utiliza los rangos de valores establecidos por Alejandro Muñoz, Raúl Delgado, y Catalina Peña en el trabajo denominado "DESEMPEÑO SISMORESISTENTE DE EDIFICIOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA", además los siete estados de daño(ED) que definieron. (Cuadro 4.02).

Estados de Daño (ED)	Rangos del Factor de Daño	Descripción
1. Ninguno	0	Sin daño.
2. Muy Leve	0 - 0.01	Daño menor, limitado y localizado, no requiere reparación.
3. Leve	0.01 - 0.1	Daño significativo localizado (algunos elementos), no requiere reparación.
4. Moderado	0.1 - 0.3	Daño significativo localizado (varios elementos), requiere reparación.
5. Alto	0.3 - 0.6	Daño extensivo que requiere mayor reparación.
6. Severo	0.6 – 0.99	Daño mayor extensivo, requiere demoler y reparar la estructura.
7. Colapso	1	Total destrucción de la mayor parte de la estructura.

Cuadro Nro. 4.02: Estados de daño utilizados

La relación Intensidad – Daño se manejara por distribuciones de probabilidades en base a las cuales se obtuvieron las herramientas para cuantificar pérdidas en forma de curvas de fragilidad y matrices de daño.

Como no existe información acerca del comportamiento sísmico de los EMDL en sismos pasados, recurrieron a la opinión de expertos con el fin de obtener los parámetros básicos para construir las funciones de distribución.

4.2 El método Delphi

Para la recolección y síntesis de la opinión de los expertos, se empleo el método Delphi. Describiendo las características estructurales de los EMDL de 6 pisos y diseñando una encuesta con el fin de obtener una estimación del daño en diferentes valores de severidad. Para cada rango de intensidad sísmica, la encuesta preguntó por el estado de daño (ED) que alcanzaría el sistema estructural y por los valores del daño medio probable (VMP), mínimo (Vmin) y máximo (Vmax).

4.3 Curvas de Fragilidad y Matrices de Daño

Para la distribución de daños, se usó la función Beta por su sencillez y adaptabilidad a la información obtenida del grupo de expertos. Se asumió que la estimación del daño medio probable (VMP) corresponde al valor medio de la distribución Beta y que el 90% de probabilidad de ocurrencia del daño está entre los valores extremos Vmáx y Vmin (Figura 4.01).

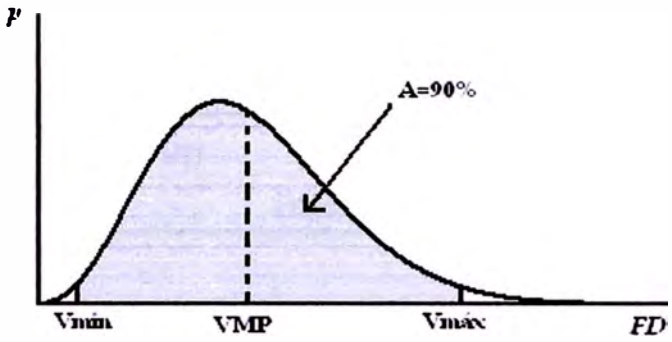


Figura Nro. 4.01: Suposiciones para estimaciones asumidas

Las curvas de fragilidad se determinaron calculando las probabilidades de excedencia (P.E) correspondientes al valor extremo de cada rango de daño en cada intensidad sísmica. Para las matrices de daño fue necesario determinar las probabilidades de ocurrencia (q) de cada uno de los estados de daño en cada intensidad. (Figura 7)

$$P.E = 1 - P = 1 - \int_0^{d_i} p\, dFD \qquad q = \int_{d\min}^{d\max} p\, dFD$$

Figura Nro. 4.02: P.E y q

Como resultado de este trabajo se obtuvo la curva de fragilidad (Figura 4.03) y las matrices de probabilidad de daño (Cuadro 4.03) correspondiente al EMDL de 6 pisos.

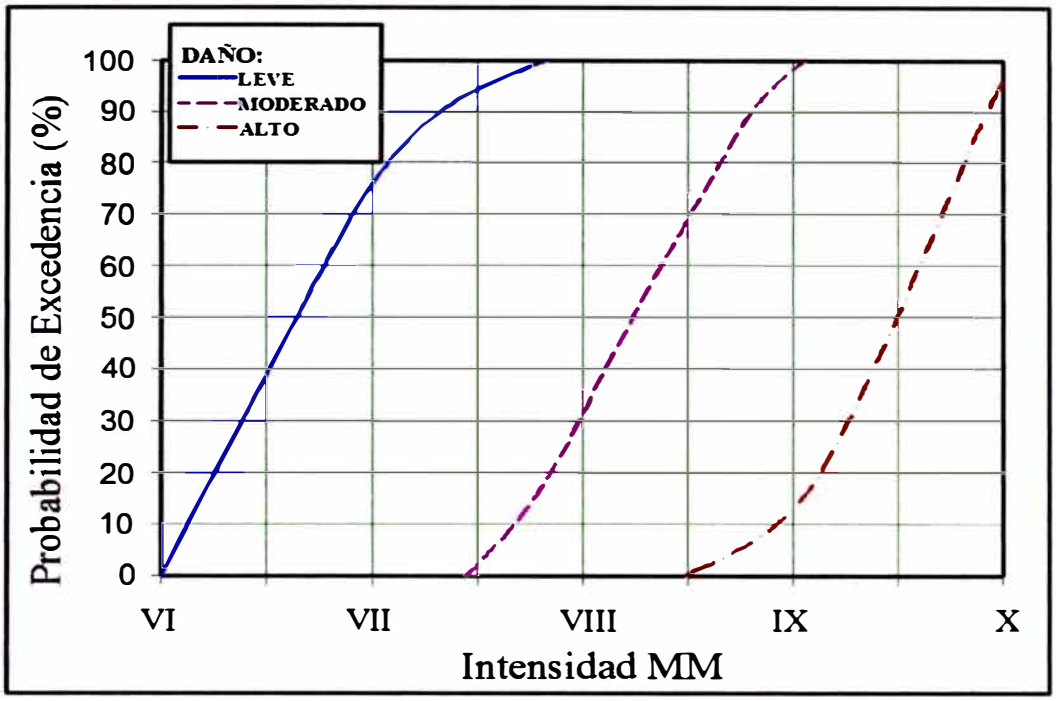


Figura Nro. 4.03: Curva de Fragilidad para EMDL de 6 pisos

Estado de daño	Factor de daño central (FDC)	Probabilidad de daño (q) en % EMDL de 6 Pisos				
		VI	VII	VIII	IX	X
Ninguno	0					
Muy leve	0.005					
Leve	0.050	100.00	23.10			
Moderado	0.200		76.95	73.65		
Alto	0.450			26.35	89.20	4.30
Severo	0.800				10.60	95.75
Colapso	1					
Factor de daño medio (FDM)		5.00	16.55	26.59	48.66	78.51
Valor medio probable (VMP)		3.57	12.96	26.17	49.88	70.96

Cuadro Nro. 4.03: Matriz de daño para EMDL de 6 pisos

4.4 Desempeño esperado

Usando la curva y matriz de daño se obtuvo una relación directa entre la intensidad y el valor medio probable del daño (Figura 4.04). Se suele considerar que una edificación es irreparable cuando el daño excede el 60% (ATC21, 2001).

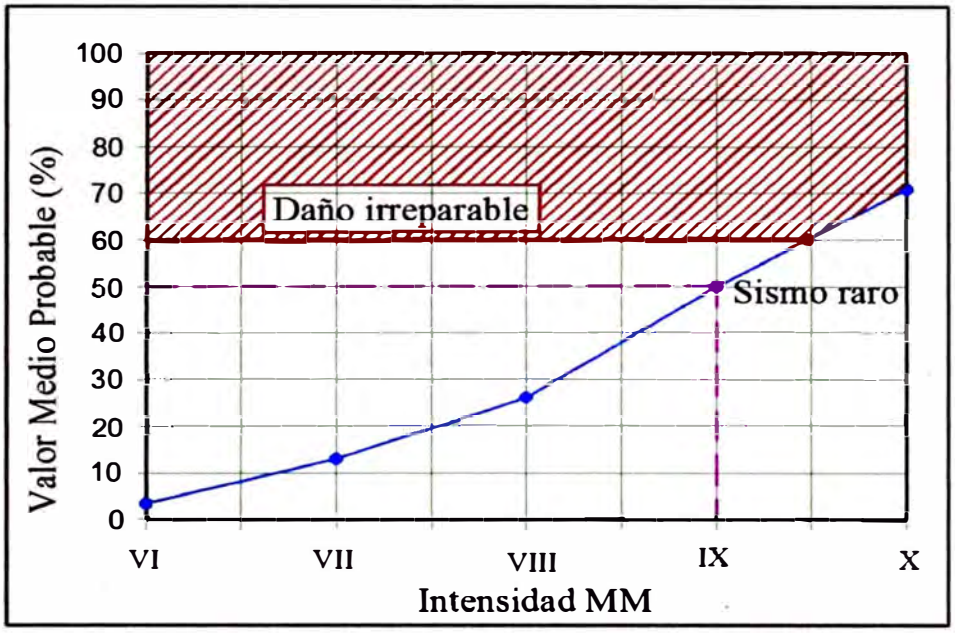


Figura Nro. 4.04: Relación IMM-VMP del daño para EMDL de 6 pisos

En la costa peruana los sismos raros (500 años de periodo de retorno) tienen asociada una aceleración pico de 0.4g y una intensidad de IX MM. (Alva, 1993) Usando la matriz de daño se obtiene el valor del daño medio que sufriría el EMDL de 6 pisos, ante sismos raros. Como se observa (Figura 4.04), los resultados sugieren que el daño medio sería menor al 60%, y por tanto, los EMDL podrían ser reparados en estos eventos severos.

En la costa peruana los sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno) tienen asociada una aceleración pico de 0.25g y una intensidad de VII MM. (Alva, 1993). Los resultados (Figura 4.03) muestran que ante un evento frecuente el EMDL tendría un daño moderado.

CONCLUSIONES

- El EMDL se encuentra apoyado sobre una platea de cimentación de 30 cm de espesor, construida sobre un relleno de ingeniería. El sistema estructural es de muros portantes delgados de concreto armado (10, 12.5 y 15 cm) con una malla electrosoldada central y en los extremos varillas de refuerzo adicional sin confinar de acero de grado 60. Para el sistema de techos se utilizan losas macizas de concreto con espesores de 15 y 20 cm, reforzadas con mallas electrosoldadas y bastones.
- Los resultados de fuerza cortante obtenidos en la estructura analizada son relativamente bajos comparados con la resistencia al corte que ofrece el concreto en los muros, por ende se trabajo con cuantías mínimas.
- Resulta necesario el uso de Software de ingeniería como Etabs y Safe para poder analizar este tipo de estructuras, por lo complicado del análisis por otro medio, haciéndose a su vez menos exacto el resultado obtenido.
- En base a la opinión de expertos peruanos se obtuvo curva de fragilidad y matriz de daño para edificios de ductilidad limitada de 6 pisos. Los resultados indican que los EMDL típicos de 6 pisos, quedarían con daño irreparable (FDM>60%) para intensidades mayores a IX MM.
- En el caso de sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno), los resultados muestran que el daño sería reparable, con un Factor de Daño Medio (FDM) del orden de 13%. En el caso de sismos raros (500 años de periodo de retorno), los resultados indican que estos edificios presentarían un daño reparable con un FDM de alrededor de 50%.

RECOMENDACIONES

- El uso de aditivos y adiciones sería beneficioso para evitar formaciones de grietas o rajaduras en el concreto a edades tempranas, puede usarse tanto en muros como en losas, recomendando el uso de fibras de polipropileno entre otras.

- Debe considerarse estructuras de gran densidad de muros, para que las fuerzas perpendiculares al plano de los muros sea absorbida por la resistencia que ofrece el concreto, haciendo esto que el acero a ser utilizado sea el mínimo, según la norma E060.

- Para la preparación de concreto en obra o la compra del mismo, es recomendable usar aditivos plastificantes reductores de agua de medio rango, para con esto lograr un concreto fluido con asentamientos entre 8 a 10 pulgadas, ya que los concretos normales están en el orden de asentamiento de 4 a 6 pulgadas, ocasionan cangrejeras en los muros, siendo esto perjudicial para el comportamiento celular de la estructura.

- Teniendo en cuenta que ante un sismo severo los EMDL sufrirán daños reparables pero costosos, debería promoverse el pago de seguros de inmueble contra terremoto, costando desde 120.00 dólares anuales para una vivienda valorizada en 50,000.00 dólares, cubriendo además contra siniestros como incendios, robo, vandalismo, entre otros (propuesta del Abogado Julián Palacín Gutiérrez – seguro municipal de inmuebles contra terremoto).

BIBLIOGRAFIA

Alva, J., Distribución de Isoaceleraciones, UNI – CISMID, Perú, 1993

ATC 13, Applied Technology Council, Earthquake Damage Evaluation Data For California, California - USA.,1985

ATC 21, Applied Technology Council. Rapid Visual Screening of Seismically Hazardous Buildings, California - USA, 2001

Díaz Romero, Cesar Augusto, Análisis y Diseño de un Edificio Multifamiliar con Muros de Ductilidad Limitada, tesis Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil, Perú, 2009

Sauter, F., Estudio de Seguro Contra Terremoto Instituto Nacional de Seguros, San José - Costa Rica, 1978

http://blog.pucp.edu.pe/blog/concretoarmado, Ángel San Bartolomé, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070427-Placas-Deslizamiento.pdf, Ángel San Bartolomé, Alejandro Muñoz, Georgina Madueño y Rolando Cavero, 2005

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-1)%20Construccion%20-%20Ductilidad%20limitada.pdf, Ángel San Bartolomé, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-2)%20Defectos.pdf, Ángel San Bartolomé, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-3)%20Placas%20con%20malla%20electrosoldada.pdf, Ángel San Bartolomé, Alejandro Muñoz, Mariela Villagarcía y Claudia Acuña, 2003

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070718-5)%20Adenda%20en%20norma%20E030.pdf, Ángel San Bartolomé, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-6)%20Adenda%20en%20norma%20E060.pdf, Ángel San Bartolomé, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-7)%20Placa%20Malla%20ES%20vs%20ductil%20PRODAC-2006.pdf, Ángel San Bartolomé, 2006

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-8)%20Confinamiento%20en%20placas.pdf, Ángel San Bartolomé, Luis Ángel Rojas Ishikawa y José Ivan Koo, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070716-9)%20Muretes%20de%20concreto.pdf, Ángel San Bartolomé, Alejandro Muñoz y Fernando Madalengoitia, 2006.

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20070718-Programa%20de%20investigacion%20EMDL.pdf, Ángel San Bartolomé, Alejandro Muñoz y Gianfranco Ottazzi, 2007

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20090709-GyM%20Construccion%20MDL.pdf, Arq. Juan Pablo Herrera e Ing. Fernando Llosa, 2009

http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20090923-Z-TESIS%20MDL%20vs%20AC.pdf, Luis Alfredo Zavaleta Chumbiauca, 2009

http://waltermelendez.blogspot.com/, Walter G. Meléndez Bernardo, 2009

http://waltermelendez.blogspot.com/2009/05/metodos-de-prospeccion-el-metodo-delphi.html, Walter G. Meléndez Bernardo, 2009

http://www.adgavi.net/downloads/documento25.pdf, Alejandro Muñoz, Raúl Delgado Ehni y Catalina Peña Rodríguez - Larraín, 2006

http://www.aeronoticias.com.pe/noticiero/index.php?Itemid=47&catid=1:1&id=10095:plantean-estudiar-seguro-obligatorio-de-inmuebles-contra-terremoto&option=com_content&view=article, Julián Palacín Gutiérrez, 2010

http://www.scribd.com/doc/20023802/El-Metodo-Delphi, Walter G. Meléndez Bernardo, 2009

ANEXOS