

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS  
ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y LOSAS MACIZAS EN  
EDIFICACIONES DE 5 PISOS - DISTRITO DE CHILCA, 2017**

**Áreas de Investigación :** Estructuras y Construcción

**Líneas de Investigación:** Estructuras y Construcción

**PRESENTADO POR:**

**BACH. SOLANO REYES, ALFREDO**

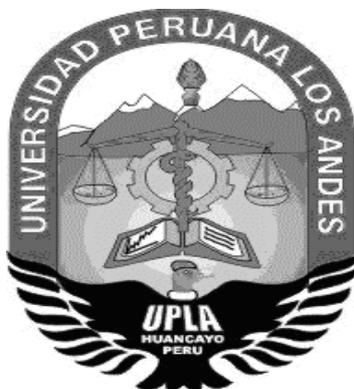
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

Huancayo - Perú

2017

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS  
ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y LOSAS MACIZAS EN  
EDIFICACIONES DE 5 PISOS - DISTRITO DE CHILCA, 2017**

**Áreas de Investigación :** Estructuras y Construcción

**Líneas de Investigación:** Estructuras y Construcción

**PRESENTADO POR:**

**BACH. SOLANO REYES, ALFREDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

Huancayo - Perú

2017

**ASESOR TEMÁTICO**

ING. MARIA LUISA MUERAS GUTIERREZ

**ASESOR METODOLÓGICO**

DR. DEYBE EVYN VIERA PERALTA

**Dedicatoria:**

Este trabajo de investigación va dedicado al todo poderoso, mi madrecita y muchos familiares que hicieron que este trabajo sea haga realidad, y que siempre me seguirán impulsando en mi vida profesional

**Agradecimiento:**

Al padre todo poderoso, porque en el camino de mi formación profesional y social a guiado cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para seguir con las metas que me he trazado para alcanzar el éxito.

A mi madrecita Gladys, que con mucho esfuerzo y fortaleza me entrego todo su apoyo incondicional en la formación de mi vida profesional.

A mis familiares, hermanos y mi pareja que con sus alientos y palabras de motivación hicieron que me levante de cada tropiezo en mi formación profesional me ayudaron a levantarme una y otra vez.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**ING. FABIAN BRAÑEZ ALCIDES LUIS**  
**JURADO**

---

**DR. MALLMA CAPCHA TITO**  
**JURADO**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**  
**JURADO**

---

**MG. CARLOS CANALES MIGUEL ANGEL**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## ÍNDICE

Caratula	i
Falsa Portada	ii
Asesor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Hoja de aprobación de los jurados	vi
Índice	vii
Índice de Tablas	x
Índice de figuras	xiii
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Introducción	xviii
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b>	<b>20</b>
1.1 Planteamiento del problema	20
1.2 Formulación y sistematización del problema	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3 Delimitación de la investigación	23
1.3.1. Delimitación espacial	23
1.3.2. Delimitación temporal	23
1.4 Justificación	23
1.4.1. Justificación practica o social	23
1.4.2. Justificación metodológica	24
1.4.3. Justificación teórica	24

	8
1.5 Limitaciones	24
1.6 Objetivos	25
1.6.1. Objetivo general	25
1.6.2. Objetivos específicos	25
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	26
2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)	26
2.2 Marco conceptual	33
2.3 Marco normativo	65
2.4 Definición de términos	67
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	73
3.1 Hipótesis	73
3.1.1. Hipótesis general	73
3.1.2. Hipótesis específicos	73
3.2 Diagrama de variables	74
3.3 Indicadores de las variables	74
3.4 Operacionalización de las variables (Matriz de consistencia)	74
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA</b>	76
4.1 Método de la investigación	76
4.2 Tipo de investigación	76
4.3 Nivel de investigación	76
4.4 Diseño de investigación	77
4.5 Población y muestra	77
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	78
4.7 Técnicas y análisis de datos	78
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	79

<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	144
<b>CONCLUSIONES</b>	152
<b>RECOMENDACIONES</b>	154
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	155
<b>ANEXOS</b>	157

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Factores de zona “Z”	40
Tabla N° 2: Perfiles de suelo	41
Tabla N° 3: Factor de suelo	41
Tabla N° 4: Periodos de vibración.	41
Tabla N° 5: Factor de amplificación sísmica	42
Tabla N° 6: Sistemas estructurales y coeficientes de reducción	43
Tabla N° 7: Límites de distorsión de entrepisos	45
Tabla N° 8: Espesores mínimos de losas armadas en dos direcciones sin vigas interiores – ACI-318-05 – NTE E.060	53
Tabla N° 9: Deflexiones máximas permisibles	54
Tabla N° 10: Predimensionamiento de columnas	90
Tabla N° 11: Resultados franjas centrales - Panel tipo 1, 1er y 2do piso	97
Tabla N° 12: Resultados franjas de columna - Panel tipo 1, 1er y 2do piso	98
Tabla N° 13: Resultados franjas centrales - Panel tipo 2, 1er y 2do piso	98
Tabla N° 14: Resultados franjas de columna - Panel tipo 2, 1er y 2do piso	98
Tabla N° 15: Resultados franjas centrales - Panel tipo 3, 1er y 2do piso	99
Tabla N° 16: Resultados franjas de columna - Panel tipo 3, 1er y 2do piso	99
Tabla N° 17: Resultados franjas centrales - Panel tipo 4, 1er y 2do piso	99
Tabla N° 18: Resultados franjas de columna - Panel tipo 4, 1er y 2do piso	100
Tabla N° 19: Verificación por corte – Panel tipo 1	100
Tabla N° 20: Verificación por corte – Panel tipo 2	100
Tabla N° 21: Verificación por corte – Panel tipo 3	101
Tabla N° 22: Verificación por corte – Panel tipo 4	101
Tabla N° 23: Resultados franjas centrales - Panel tipo 1, 1er y 2do piso	102

	11
Tabla N° 24: Resultados franjas de columna - Panel tipo 1, 1er y 2do piso	103
Tabla N° 25: Resultados franjas centrales - Panel tipo 2, 1er y 2do piso	103
Tabla N° 26: Resultados franjas de columna - Panel tipo 2, 1er y 2do piso	103
Tabla N° 27: Resultados franjas centrales - Panel tipo 3, 1er y 2do piso	104
Tabla N° 28: Resultados franjas de columna - Panel tipo 3, 1er y 2do piso	104
Tabla N° 29: Resultados franjas centrales - Panel tipo 4, 1er y 2do piso	104
Tabla N° 30: Resultados franjas de columna - Panel tipo 4, 1er y 2do piso	105
Tabla N° 31: Verificación por corte – Panel tipo 1	105
Tabla N° 32: Verificación por corte – Panel tipo 2	105
Tabla N° 33: Verificación por corte – Panel tipo 3	106
Tabla N° 34: Verificación por corte – Panel tipo 4	106
Tabla N° 35: Factor de amplificación sísmica por cada dirección	113
Tabla N° 36: Fuerzas cortantes que toman los muros y columnas en la estructura con losas macizas	115
Tabla N° 37: Fuerzas cortantes que toman los muros y columnas en la estructura con losa aligerada en dos direcciones	115
Tabla N° 38: Resumen de peso de la estructura con losas macizas	116
Tabla N° 39: Resumen de peso de la estructura con losa aligerada en dos direcciones	116
Tabla N° 40: Modos de vibración con sus respectivos periodos y porcentajes de masa participante	118
Tabla N° 41: Modos de vibración con sus respectivos periodos y porcentajes de masa participante	119
Tabla N° 42: Fuerza cortantes en la base de la estructura	120
Tabla N° 43: Resumen del cálculo de deriva de entrepiso en la dirección X-X' e Y-Y'	121
Tabla N° 44: Resumen comparativo de fuerzas en X-X' e Y-Y'	123
Tabla N° 45: Resumen comparativo de cálculo de factor K	128
Tabla N° 46: Resumen comparativo de Fuerzas sísmicas de distribución y momentos de volteo.	129

	12
Tabla N° 47: Resumen comparativo Factores de seguridad	130
Tabla N° 48: Análisis de costos unitarios – losa aligerada en dos direcciones	134
Tabla N° 49: Análisis de costos unitarios – losa maciza en dos direcciones	138
Tabla N° 50: Resumen del cálculo de deriva de entepiso en la dirección X-X' e Y-Y'	149
Tabla N° 51: Cuadro comparativo de costos por m2	150
Tabla N° 52: Cuadro comparativo de costos	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona urbana del Distrito de Chilca	21
Figura 2: Esquemas de planta de losas aligeradas y macizas en dos direcciones	22
Figura 3: Esquema del análisis estructural	33
Figura 4: Diseño estructural con el software ETABS	34
Figura 5: Esquema de la tectónica de placas de Nazca y la Sudamericana	34
Figura 6: Zonificación sísmica para el Perú	40
Figura 7: Losa en una dirección	47
Figura 8: Losa en dos direcciones	47
Figura 9: Losa en una dirección	48
Figura 10: Losa de placa plana	48
Figura 11: Losa plana	48
Figura 12: Losa nervada	49
Figura 13: Losas en dos direcciones	49
Figura 14: Franja de columna para $L2 \leq L1$	50
Figura 15: Franja de columna para $L2 > L1$	50
Figura 16: Secciones efectivas de una viga	51
Figura 17: Secciones de vigas exterior a ser consideradas para el cálculo de $\alpha_f$	52
Figura 18: Secciones de vigas interior a ser consideradas para el cálculo de $\alpha_f$	52
Figura 19: Esquemas de losas con y sin vigas	54
Figura 20: Longitudes mínimas de refuerzo en losas sin vigas	56
Figura 21: Esquema de refuerzos en esquinas de losas	57
Figura 22: Aberturas en losas sin vigas	58
Figura 23: Esquema de momentos en los apoyos	60
Figura 24: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados	62

Figura 25: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados	62
Figura 26: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados	63
Figura 27: Distribución de la carga equivalente para el cálculo de la fuerza cortante	63
Figura 28: Distribución de la carga sobre la viga	64
Figura 29: Curva esfuerzo – deformación y módulo de elasticidad del acero	70
Figura 30: Región Junín, Mapa político del Perú	79
Figura 31: Localización del terreno	80
Figura 32: Arquitectura típica de los niveles 1 y 2	81
Figura 33: Arquitectura típica de los niveles 3, 4 y 5	82
Figura 34: Esquema de los elementos estructurales	85
Figura 35: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde	87
Figura 36: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde	87
Figura 37: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde	88
Figura 38: Condiciones de apoyo para los paneles	88
Figura 39: Esquema de momentos en losa maciza, panel tipo 1, 1er y 2do piso	97
Figura 40: Esquema de momentos en losa aligerada en dos direcciones, panel tipo 1, 1er y 2do piso	102
Figura 41: Modelo estructural de losa maciza – SAFE2016	107
Figura 42: Modelo estructural de losa aligerada en dos direcciones – SAFE2016	108
Figura 43: Planta típica del modelo con losas macizas	110
Figura 44: Modelo en 3D con losas macizas	111
Figura 45: Planta típica del modelo con losas aligeradas en dos direcciones	111
Figura 46: Modelo en 3D con losas aligeradas en dos direcciones	112
Figura 47: Espectro de Pseudo aceleraciones	120
Figura 48: Derivas inelásticas para estructura con Losas aligeradas en dos direcciones	122

Figura 49: Derivas inelásticas para estructura con Losas macizas	122
Figura 50: Factores de escala aplicadas a los casos de Sismo para estructura con Losas macizas	124
Figura 51: Factores de escala aplicadas a los casos de Sismo para estructura con Losas aligeradas en dos direcciones	124
Figura 52: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje 1 por sismo en X-Losa aligerada en 2 direcciones	125
Figura 53: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje 1 por sismo en X-Losa aligerada en 2 direcciones	125
Figura 54: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje B por sismo en Y-Losa aligerada en 2 direcciones	125
Figura 55: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje B por sismo en Y-Losa aligerada en 2 direcciones	126
Figura 56: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje 1 por sismo en X-Losa maciza	126
Figura 57: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje 1 por sismo en X-Losa maciza	126
Figura 58: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje B por sismo en Y-Losa maciza	127
Figura 59: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje B por sismo en Y-Losa maciza	127
Figura 60: Ecuación para obtener el factor de seguridad de la estructura	128
Figura 61: Comparación de fuerzas laterales sísmicas	129
Figura 62: Esquema de retiro de los límites de propiedad adyacente	131
Figura 63: Cantidad de ladrillo hueco en losas	140
Figura 64: Cantidad de acero positivo en losas	140
Figura 65: Cantidad de acero negativo en losas	141
Figura 66: Cantidad de concreto en losas	141
Figura 67: Peso propio en losas	142
Figura 68: Costo de mano de obra en losas	142
Figura 69: Costo de materiales en losas	143
Figura 70: Costo de losas por m <sup>2</sup>	143
Figura 71: Deflexiones por carga de servicio en ambos sistemas	145
Figura 72: Deflexiones por carga viva en ambos sistemas	145
Figura 73: Deflexiones por carga muerta en ambos sistemas	145

## RESUMEN

En la presente investigación titulada comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca-2017, se formuló como problema general ¿Cuáles son la ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?, el objetivo general; Establecer las ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca – 2017 y la hipótesis general es que Las losas aligeradas bidireccionales presentan mayores ventajas del tipo estructural y económico en edificaciones de 5 pisos - Distrito de Chilca, 2017, es adecuada, por la naturaleza del estudio el tipo de investigación fue aplicada – de nivel descriptivo – comparativo - explicativo. Las técnicas utilizadas fueron, las guías de procedimientos. Así mismo se tuvo como muestra poblacional a la Edificación Castilla, se llegó a la conclusión Es posible establecer que, para las mismas sobrecargas en el panel tipo 1 en ambos sistemas, el sistema estructural de losa maciza tiene una mayor resistencia a flexión que lo que resiste una losa aligerada en dos direcciones:  $6720.84 \text{ Kg-m} > 2332.71 \text{ Kg-m}$ . y una mayor resistencia a esfuerzos de corte que los que resiste una losa aligerada en dos direcciones:  $3581.40 \text{ Kg} > 942.21 \text{ Kg}$ . Utilizando el modelamiento estructural, para realizar el análisis de deflexiones de las losas se utilizó el software SAFE2016, para las mismas sobrecargas vivas, es posible observar un valor menor de deformación comprando la losa maciza con la losa aligerada en dos direcciones:  $0.476 \text{ cm} < 0.738 \text{ cm}$ , El costo por m<sup>2</sup> de la losa maciza es de S/. 299.16 y el de la losa aligerada en dos direcciones es de S/. 200.59, donde es posible visualizar una disminución en el costo/m<sup>2</sup> de S/. 98.57 que representa un 32.95% entre ambos sistemas.

**Palabras claves:** Sistema Estructural, Losas aligeradas bidireccionales, losas macizas

## ABSTRACT

In the present investigation entitled comparison of the analysis and design of lightened bidirectional slabs and solid slabs in buildings of 5 floors, District of Chilca-2017, was formulated as a general problem What are the advantages and disadvantages of the comparison of the analysis and design of slabs lightened bidirectional and solid slabs in buildings of 5 floors, District of Chilca - 2017 ?, the general objective; To establish the advantages and disadvantages of the comparison of the analysis and design of lightened bidirectional slabs and solid slabs in buildings of 5 floors, District of Chilca - 2017 and the general hypothesis is that the lightened bidirectional slabs have greater advantages of the structural and economic type in buildings of 5 floors - District of Chilca, 2017, is appropriate, due to the nature of the study, the type of research was applied - descriptive level - comparative - explanatory. The techniques used were the procedure guides. Likewise, the Castilla Building was considered as a demographic sample, it was concluded that it is possible to establish that, for the same overloads in the type 1 panel in both systems, the solid slab structural system has a greater resistance to bending than resists a slab lightened in two directions:  $6720.84 \text{ Kg-m} > 2332.71 \text{ Kg-m}$ . and a greater resistance to shear stresses than those that resist a slab lightened in two directions:  $3581.40 \text{ Kg} > 942.21 \text{ Kg}$ . Using structural modeling, to perform the analysis of deflections of the slabs SAFE2016 software was used, for the same live overloads , it is possible to observe a lower value of deformation by buying the solid slab with the slab lightened in two directions:  $0.476 \text{ cm} < 0.738 \text{ cm}$ , The cost per m<sup>2</sup> of the solid slab is S /. 299.16 and that of the slab lightened in two directions is S /. 200.59, where it is possible to visualize a decrease in cost / m<sup>2</sup> of S /. 98.57 which represents 32.95% between both systems.

**Keywords:** Structural System, bidirectional lightened slabs, solid slabs

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se ubica geográficamente en el Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín, por su ubicación geográfica, en el Perú se encuentra en una zona de actividad sísmica considerable. Por lo que, en el Reglamento Nacional de Edificaciones, E-030 Diseño Sismo resistente actualizado, se disponen normas sismo resistentes muy exigentes para el análisis y diseño estructural para segura un adecuado comportamiento de la estructura bajo los efectos de un evento sísmico, considerando la filosofía diseño sismo resistente donde consiste en asegurar la continuidad de los servicios de toda la edificación minimizando los daños de las estructuras y sobre todo evitando pérdida de vidas.

Por lo expuesto, nace la necesidad de realizar la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos - distrito de chilca, 2017, para satisfacer las luces mayores a 8 metros, con la finalidad de tener los espaciamientos internos de una edificación mucho mayores sin la presencia de columnas que interfieren la armonía arquitectónica, siguiendo los procedimientos, normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones, control, ejecución y tiempo en la construcción de losas, con la finalidad de conocer las ventajas y desventajas del elemento estructural quien absorberá las cargas de gravedad y como actuara frente a un evento sísmico.

El estudio se estructura en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema de la investigación, se analiza la realidad problemática, exponiendo la formulación del problema general, objetivo, la justificación de la investigación, así mismo las limitaciones y la viabilidad del estudio.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico donde se exponen las bases teóricas y se explica detalladamente todos los conceptos básicos de análisis y diseño de estructuras de losas.

En el tercer capítulo se presenta la formulación de la hipótesis, variables y operacionalización de variables.

En el cuarto capítulo se presenta la metodología de investigación, considerando el diseño, tipo y nivel de investigación, también la población y muestra poblacional, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procedimiento y análisis de la información y los aspectos éticos.

En el quinto capítulo se presenta el análisis e interpretación de resultados de las variables cada variable donde las correlaciones se hacen en relación a las dimensiones propuestas y se determina las ventajas y desventajas de los mismos.

En el sexto capítulo se presenta la discusión de resultados, se presenta los fundamentos teóricos a partir de los antecedentes y los resultados empíricos para entender la correlación entre la calidad del servicio educativo y la lealtad del cliente.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

El autor

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.7 Planteamiento del problema**

##### **1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

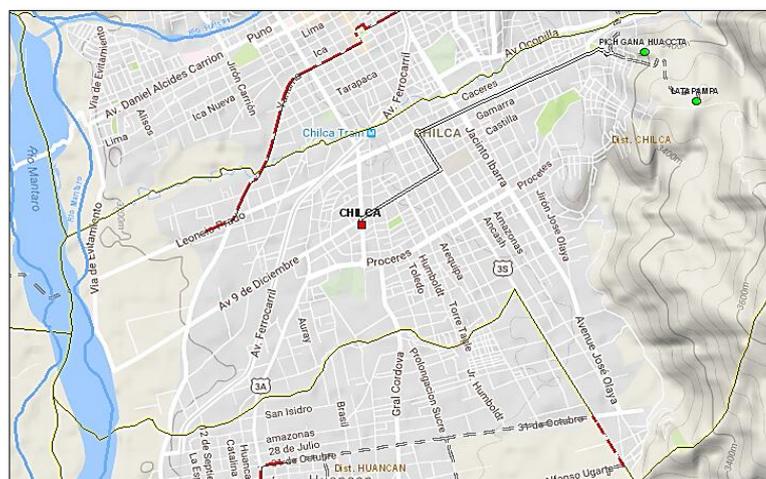
Las losas aligeradas bidireccionales en muchas de las construcciones del mundo van dirigidas a la reducción del peso propio en tramos largos pasado los 7 metros de luces. Varios métodos se han introducido en los últimos 10 años, pero con un éxito muy limitado, debido a los problemas principales con capacidad a punzonamiento, cortante y la resistencia a los ataques del fuego. Una de estas variantes son losas nervadas, que han ido ganando aceptación en el mundo de la construcción. En un inicio estuvo limitado su uso debido a reducidas resistencias a punzonamiento local y cortante, lo que ha de compararse con las losas macizas. Según Parker, (2009).

Según Minor, (2014). Sostiene que la comparación se hizo por medio del momento flexionante, el resultado de ambos análisis en los ejes de columnas y se utilizó un parámetro que fue el cociente entre el momento de las Normas Técnicas y del modelo analítico para efectuar dicha comparativa.

Según Rodríguez, (2015). Sostiene el concreto armado es uno de los materiales estructurales más usados en la construcción hoy en día. Sin embargo,

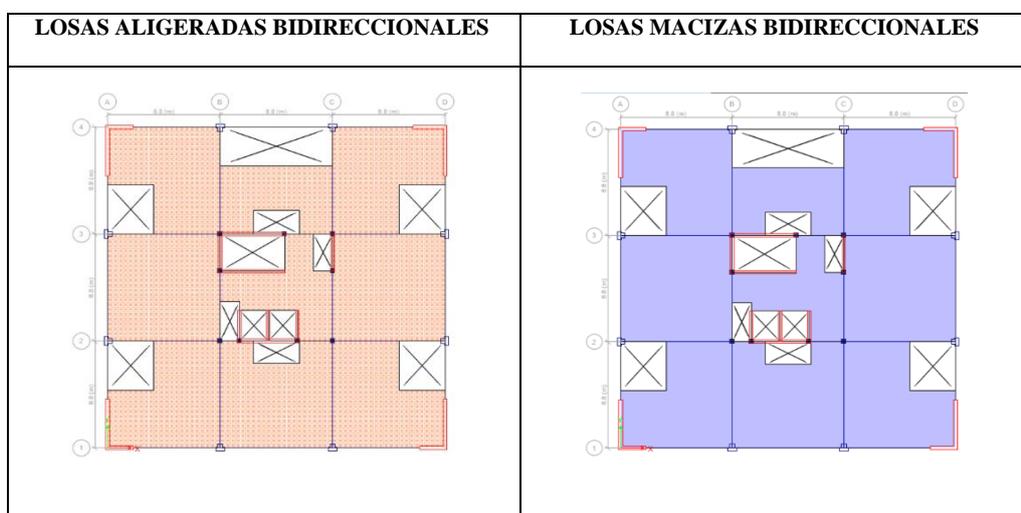
la construcción compuesta ha representado en los últimos años una gran ventaja con respecto al concreto armado, ya que aliviana el peso y el costo de las estructuras. En las estructuras compuestas podemos encontrar el sistema de losa colaborante, el cual está conformado por láminas de acero que trabajan como encofrado y constituyen el refuerzo positivo cuando el concreto fragua. Así mismo podemos encontrar las losas aligeradas el cual está conformada por ladrillos huecos y las viguetas en dos direcciones.

La presente investigación se ubica geográficamente en el Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín, por su ubicación geográfica, en el Perú se encuentra en una zona de actividad sísmica considerable. Por lo que, en el Reglamento Nacional de Edificaciones; E.030 Diseño Sismorresistente actualizado, se disponen normas sismorresistentes muy exigentes para el análisis y diseño estructural para asegurar un adecuado comportamiento de la estructura bajo los efectos de un evento sísmico, considerando la filosofía diseño sismorresistente donde consiste en asegurar la continuidad de los servicios de toda la edificación minimizando los daños de las estructuras y sobre todo evitando pérdida de vidas.



**Figura 1: Zona urbana del Distrito de Chilca**  
**Fuente: Sistema de consultas de centros poblados - INEI**

Por lo expuesto, nace la necesidad de realizar la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos - Distrito de Chilca, 2017, para satisfacer las luces mayores a 8 metros, con la finalidad de tener los espaciamientos internos de una edificación mucho mayores sin la presencia de columnas que interfieren la armonía arquitectónica, siguiendo los procedimientos, normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones, control, ejecución y tiempo en la construcción de losas, con la finalidad de conocer las ventajas y desventajas del elemento estructural quien absorberá las cargas de gravedad y como actuara frente a un evento sísmico.



**Figura 2: Esquemas de planta de losas aligeradas y macizas en dos direcciones**  
Fuente: Elaboración propia

## 1.8 Formulación y sistematización del problema

### 1.8.1 Problema general

¿Cuáles son la ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?

### **1.8.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo es el para el análisis y diseño estructural de losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?
- b) ¿Cuál es el comportamiento frente a cargas sísmicas, con losas aligeradas bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?
- c) ¿Cuánto es el costo económico de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?

## **1.9 Delimitación de la investigación**

### **1.9.1 Delimitación espacial**

El estudio delimita espacialmente en la Región Junín, Provincia de Huancayo, Distrito de Chilca, Centro Urbano de Chilca, Jr. Castilla.

### **1.9.2 Delimitación temporal**

El estudio se delimita temporalmente al año 2107, en los meses de octubre a noviembre se realizará la elaboración del proyecto de tesis, en los meses de octubre a diciembre se realizará el análisis y diseño estructural y los análisis de costo según los rendimientos, para demostrar los resultados del estudio.

## **1.10Justificación**

### **1.10.1 Justificación practica o social**

Constituirá un aporte para realizar edificaciones del tipo Vivienda – Comercio con espaciamiento entre columnas mayores a 7 metros, de tal manera ganar mayor espaciamiento y la disminución de columnas, con la finalidad que se pueda usar como gimnasios, almacenes entre otros que requiere dimensiones

adecuadas. Se aportarán criterios de análisis y diseño de edificaciones de concreto armado con niveles de 5 pisos a más en el Distrito de Chilca.

### **1.10.2 Justificación metodológica**

La metodología empleada fue el diseño por Resistencia a la Rotura, el cual es un diseño por estados límites últimos desarrollado para los elementos de concreto armado buscando que la resistencia última de un elemento sometido a Flexión, Corte y/o Compresión sea mayor o igual a la fuerza última que se obtiene mediante las combinaciones de cargas amplificadas. Éste método consiste en amplificar las cargas actuantes o de servicio mediante factores y en reducir la resistencia nominal de los elementos con factores de reducción.

### **1.10.3 Justificación teórica**

La presente investigación a partir de los resultados aportará de manera conceptual conocer las ventajas y desventajas de las losas aligeradas bidireccionales con respecto a las losas macizas, así mismo conocer los costos económicos de las losas aligeradas y macizas en dos direcciones.

### **1.11 Limitaciones**

El presente estudio no presenta limitaciones económicas, además existe información bibliografía, sin embargo, hay carencias de trabajos de investigación sobre losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas en dos direcciones, o cuadros comparativos sobre dichos elementos estructurales que satisfagan luces mayores a 7 metros.

## **1.12Objetivos**

### **1.12.1 Objetivo general**

Establecer las ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017.

### **1.12.2 Objetivos específicos**

- a) Describir el proceso de análisis y diseño estructural de las losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de chilca - 2017.
- b) Establecer las ventajas y desventajas del comportamiento frente a cargas sísmicas, con losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de chilca - 2017.
- c) Establecer los costos económicos de las losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)**

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

**Galván y Noriega (2013)**, en su trabajo de investigación titulado “Diseño de las aulas de la facultad de arquitectura de la PUCP”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las siguientes conclusiones:

1. Usando los criterios de pre dimensionamiento y estructuración, mencionados en el ítem 2, se obtienen secciones suficientes para soportar cargas de gravedad y cargas sísmicas. La arquitectura plantea un aula libre amplia por lo que se colocaron elementos robustos en el borde. Dado que se trata de un aula taller, la arquitectura no plantea gran cantidad de detalles, ni cambios en altura influyente en la estructuración.
2. Se determinó mediante un análisis de los efectos de torsión en las vigas de borde, que las 3 vigas interiores trabajan prácticamente como simplemente apoyadas, para dichas vigas que trabajan a gravedad, se evaluaron dos opciones. Una opción fue usar vigas de concreto y analizarlas como secciones “T”, y la otra alternativa plateaba vigas

metálicas trabajando a sección compuesta con la losa maciza. Se evaluó la factibilidad constructiva y el impacto económico que implica elegir una u otra opción. Se puede concluir que la opción más conveniente es usar vigas de concreto armado.

Las conclusiones de la presente investigación, apor to a mi investigación desarrollar el diseño estructural de una edificación de 4 niveles con grandes luces, para el uso de aulas de taller.

**Rodríguez (2015)**, en su investigación titulado “Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las conclusiones:

1. Es posible establecer que, para la misma sobrecarga, el sistema estructural de losa colaborante con AD-600 tiene una mayor resistencia a flexión que lo que resiste una losa aligerada:  $2145.89 \text{ Kg-m} > 735.18 \text{ Kg-m}$ .
2. Para la misma sobrecarga, el sistema estructural de losa colaborante con AD-600 tiene una mayor resistencia a esfuerzos de corte que los que resiste una losa aligerada:  $5299.41 \text{ Kg} > 913.97 \text{ Kg}$ .
3. Utilizando la teoría convencional de losas y vigas, se puede denotar que la losa colaborante presenta menores deflexiones comparándolas con la losa aligerada:  $1.16 \text{ cm} < 2.70 \text{ cm}$ .

Las conclusiones de la presente investigación, apor to a mi investigación a generar un análisis comparativo ante el esfuerzo de sobrecargas en las losas aligeradas bidireccionales y losas macizas y determinar cuál es más conveniente para su aplicación.

**Retamozo (2011)**, en su investigación titulado “Diseño estructural de un edificio de viviendas de dos sótanos y 5 pisos, ubicado en San Isidro – Lima”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las siguientes conclusiones:

1. El edificio está estructurado predominantemente por placas de corte de concreto armado y pórticos, así como por losas aligeradas y losas macizas que actúan como diafragmas rígidos horizontales. En la estructura las placas de corte aportan casi el total de resistencia lateral en ambos sentidos.
2. En el análisis y diseño de la losa aligerada en dos direcciones, se comprobó que las cortantes y momentos de la losa influye y son los que determinan el diseño de los aligerados adyacentes, se hizo la prueba de colocar el 50% de la carga viva en el paño de dos sentidos y el 100% de su carga en los paños de sus extremos, dando como resultados cortantes y momentos similares en los extremos de los paños cargados al 100% y cuando se considera solo el paño de dos sentidos solo.

Las conclusiones de la presente investigación, apporto a mi investigación en la estructuración y pre dimensionamiento de los elementos estructurales de mi edificación en estudio de acuerdo a la arquitectura planteada y la actividad a realizarse.

**Pómez (2012)**, en su investigación titulado “Estudio de alternancia estructurales para el techado de un edificio de oficinas”, para optar el grado de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

1. La alternativa de techado con menor costo directo de entre los cuatro evaluados es la losa aligerada de 20cm de espesor con vigas intermedias.

2. El segundo de menor costo directo corresponde a la alternativa de techado con la losa maciza de 15cm de espesor con vigas intermedias.
3. Las dos alternativas de mayor costo directo son la losa aligerada de 25cm de espesor y la losa maciza de 20cm de espesor, siendo la segunda significativamente más costosa.

**Schwartzmann (2013)**, en su investigación titulado “Diseño de un edificio de oficinas de concreto armado en once pisos”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las siguientes conclusiones:

1. La estructura se ha diseñado de acuerdo a las disposiciones de la Norma Técnica de Edificaciones, en sus versiones vigentes, que componen el Reglamento Nacional de Edificaciones.
2. Las alternativas de techado con losa aligerada son aproximadamente 10% más económicas que las opciones con losa maciza, teniendo en cuenta los precios actuales de materiales y mano de obra. Las vigas intermedias aumentan el encofrado y la dificultad en el proceso constructivo de la obra, por lo que se ha optado por utilizar, como sistema de techado en el proyecto, la losa aligerada sin vigas intermedias.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

**Minor (2014)**, en su tesina titulado “Consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas”, para optar el grado de Especialista en Estructuras; llega a las siguientes conclusiones:

1. En este trabajo se hicieron dos ejemplos con los que se intentó observar las diferencias que tiene aplicar el método aproximado para el cálculo de estructuras de losas aligeradas propuesto en el Reglamento vigente y el análisis de un modelo tridimensional. La comparación se hizo por medio del momento flexionante resultado de ambos análisis en los ejes de columnas y se utilizó un parámetro que fue el cociente entre el momento de la Norma Técnica y del método analítico para efectuar dicha comparativa.

La conclusión de la tesina, apporto a mi investigación hacer una comparación entre la metodología descrita por el RNE para el análisis y diseño de losas aligeradas y losas macizas y el análisis realizado por un sistema de cómputo como el Etabs o el sistema Cypecad.

**López (2008)**, en su investigación titulado “Análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua”, para optar el grado de Maestro; llega a las conclusiones:

1. En las comparaciones hechas anteriormente se puede observar que el incremento del precio de los materiales de construcción aumenta el porcentaje de diferencia entre los costos unitarios de los dos sistemas en las dos fechas distintas. En teoría para poder hacer estos análisis de costos se asumió la mano de obra constante, la razón es por no tener aumentos significativos, por tratarse de trabajos a destajo.
2. Entonces resulta que en el año 1998 la diferencia en porcentaje relacionando el costo directo más alto con el más bajo resulto ser el 10.97% mientras que en la actualidad nos dio el 15.38%. Por lo consiguiente y con mayor razón es un porcentaje considerable que se

puede ahorrar modificando la forma de reforzar una losa obteniendo una mayor eficiencia estructural.

Las conclusiones de la presente investigación, apporto a mi investigación demostrar con la integración de costos unitarios tanto de mano de obra y materiales, de ambas losas de entrepiso conocer cuál es el más conveniente en tiempo de ejecución y costo.

**San Juan (2016)**, en su investigación titulada “Análisis y diseño estructural de edificio para un laboratorio farmacéutico”, para optar el grado de Ingeniero Civil llega a las conclusiones:

1. En cuanto al diseño estructural de las nervaduras las cuales se revisaron manualmente con el criterio del Dr. Oscar Gonzales Cuevas conjugando con las N.T.C. - concreto 2004. Se aplicó el método de ACI y por lo tanto se realizó una comparación de resultados diseño arrojado del Etabs 2015 fueron muy similares existen en el proyecto errores de modulación y áreas de acero baja en comparación con el cálculo estructural revisado de forma detallada.

La conclusión de la presente investigación, apporto a mi investigación una comparación de resultados de diseño arrojados por el software de análisis y diseño de elementos estructurales, como es el Etabs 2015.

**Ballesteros (2016)**, en su investigación titulada “Diseño estructural de un edificio de concreto de cinco niveles ubicado en López Cotilla”, para optar el grado de Ingeniero Civil llega a las conclusiones:

1. Se concluye con este trabajo que el análisis y diseño estructural asistido por Etabs tiene que ser de mucho criterio y mucho sentido común ya

que al ingresar datos, elementos, cargas y acciones se pueden cometer errores, así como en el momento de interpretar los resultados.

2. Se debe siempre de conocer bajo que hipótesis y método se basa el programa de análisis, así como sus alcances y limitaciones, el análisis estructural es un proceso iterativo y si no se conocen los métodos de análisis y procesos de diseño fácilmente se puede incurrir en errores que pueden poner en peligro la seguridad estructural.

Las conclusiones de la presente investigación, apporto a mi investigación utilizar con mucho criterio los parámetros de las normas para el diseño de las losas aligeradas bidireccionales y losas macizas al momento de ingresar los datos en software Etabs.

**Córdova y Aguilera (2007)**, en su investigación titulada “Losas bidireccionales con vigas, otra alternativa de cálculo” para obtener el grado de Ingeniero Civil llega a las conclusiones:

1. El estudio de esta alternativa de diseño, ha permitido determinar el Método de Distribución de Momentos para Losas Bidireccionales con Vigas, el mismo que es aplicado en losas con vigas descolgadas y losas con vigas banda, de una manera sencilla y fácil de aplicar en las estructuras, no solo para trabajos de escritorio, sino que permite la solución de problemas en obra en lo referente a la distribución de momentos y armadura en las losas.
2. Para comprobar este método de distribución de momentos se ha realizado el estudio en 20 estructuras de hormigón armado, realizando una comparación de los resultados entre el modelo del Pórtico Equivalente descrito en el ACI y CEC2001, el programa Etabs V9.0

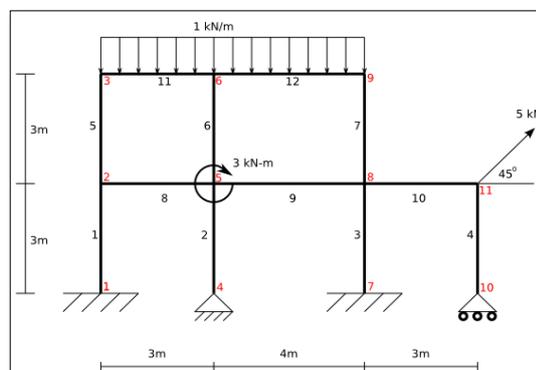
que usa la teoría de elementos finitos y la propuesta de investigación, y se ha llegado a los resultados ya expuestos.

La conclusión de la presente investigación, apporto a mi investigación en obtener un nuevo método sencillo y eficaz, para el diseño de losas en dos direcciones.

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Análisis Estructural

El análisis estructural, es una ciencia que estudia la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad en las obras. Por lo general, los textos base de análisis estructural, son muy voluminosos y, generalmente, se centran en la descripción teórica, lo cual dificulta el proceso de aprendizaje a través de trabajos domiciliarios e investigación, conducentes a un mejor dominio de la materia. Según (Villarreal 2009).

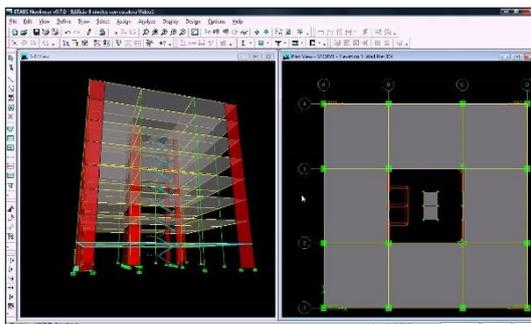


**Figura 3: Esquema del análisis estructural**  
Fuente: Wikispaces

### 2.2.2 Diseño Estructural

El diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse. El costo de la estructura siempre debe ser el menor, pero obteniendo el mejor resultado a partir de un análisis estructural previo.

El diseño estructural debe siempre de obtener un rendimiento balanceado entre la parte rígida y plástica de los elementos, ya que, en muchas ocasiones, un exceso en alguno de éstos dos aspectos puede conducir al fallo de la estructura. Según (Morrison 2012).



**Figura 4: Diseño estructural con el software ETABS**  
Fuente: Morrison ingenieros

### 2.2.3 Tectónica de Placas y la Sismicidad en el Perú

El Perú es uno de los países de mayor actividad sísmica en el mundo siendo esta principalmente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca), bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos, en tanto esto ha motivado a muchos investigadores a realizar estudios a fin de conocer la geometría de la subducción, así como zonificar las zonas de mayor deformación superficial en el interior del continente. Según (Pomachagua, 2000).



**Figura 5: Esquema de la tectónica de placas de Nazca y la Sudamericana**  
Fuente: Wikipedia

Una constante investigación acerca de los fenómenos de liberación de energía a causa de los terremotos se ha visto orientada a conocer la geometría de la subducción, así como zonificar las zonas de mayor deformación superficial a lo largo de la franja continental.

Las características tectónicas de Perú, pueden ser descritas o evaluadas en función de su Zonificación Morfológica y Tectónica.

### 2.2.3.1 Zonificación Morfológica

Según esta clasificación se pueden distinguir cinco zonas morfológicas que a continuación se describen (Tavera y Bufon 1998):

- ✓ **Zona Costera (ZC):** Esta zona está formada por una estrecha franja de terreno la cual se limita por el oeste con el océano Pacífico y por el este por una estructura maciza de roca ígnea llamada Batolito Costero. Esta zona tiene un ancho promedio de 150km en la región Norte y de 40km en la región Sur esta zona se extiende en promedio hasta una cota de 300 y 100 msnm.
- ✓ **La Cordillera Occidental (COC):** En esta zonificación se conforma el mayor volumen y está formada en su gran mayoría por Batolito Granítico cuyas crestas tienen una altura de 5000m en la Región Norte y Centro de nuestro país. Viéndose en la Región Sur una disminución de altura.
- ✓ **El Altiplano:** En esta zonificación el Altiplano se encuentra localizada entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, nítidamente muy diferente en las Regiones Centro y Sur. Estas regiones se encuentran en las altas mesetas del Altiplano a unos 3000m de altitud. El Altiplano prácticamente desaparece hacia el

Norte. En la parte Central el Altiplano tiene un ancho de 10 a 50km y en el Sur de 120km a nivel del lago Titicaca.

- ✓ **La Cordillera Oriental (COR):** En esta zonificación está bien definida de Norte a Sur la Cordillera Oriental alcanza una altura de 3700-4000m, localizada entre el Altiplano y la Zona Sub Andina y está compuesta por una zona muy extensa de plegamientos donde las estructuras buzan en un sentido contrario a la dirección de la formación de los pliegues.
- ✓ **La Zona Subandina:** Corresponde a las faldas o laderas de los andes limitadas por el oeste por la Cordillera Oriental y por el Este con el Escudo Brasileño. Esta zona es de una Anchura variable y es aquí donde se amortiguan as estructuras andinas formando plegamientos de grandes longitudes de onda, es en esta zona donde se localizan los principales sistemas de fallas inversas orientadas en la dirección NW-SE.

### 2.2.3.2 Clasificación Tectónica

En este tipo de clasificación nos permite mostrar los diferentes tipos de relieves que existen en el Perú por el efecto de la tectónica de placas. Es decir, por el choque de las Placas de Nazca y la Sudamericana. Este contacto de Placas es también llamado como subducción. Causante de todos los efectos Orogénicos que se presentan en el continente. Entre ellos tenemos.

- ✓ **Fosa Marina:** Indica de Norte a Sur y en paralelo al litoral costero, es el límite de contacto entre la Placa Oceánica y

Continental. Este límite tiene la forma de una Fosa de gran extensión la misma que alcanza la profundidad de hasta 8000m.

- ✓ **La Cordillera Andina:** Formada como consecuencia del proceso de compresión entre la Placa Oceánica y la Placa Continental en diferentes procesos Orogénicos. Se distribuye en el país de Norte a Sur alcanzado un ancho aproximadamente de 50km y en las regiones de Norte y Centro, y hasta 300km en la región Sur, se orienta en promedio en la dirección NW-SE, aunque a la altura de la latitud 13°S, está orientada en la dirección E-W. Estudios de sismicidad muestran que la Cordillera Andina tiene espesores entre 51km en la región Central. Según (Tavera 1993). Mientras que en la región Sur el espesor es de 75km aproximadamente. Según (James 1978).
- ✓ **Los Sistemas de Falla:** Se distribuyen en el continente donde han sido formadas por efecto secundario de la colisión de las Placas Oceánica y Continental. Este proceso generó la presencia de pliegues y fracturas en la corteza terrestre. Según (James 1978).
- ✓ **La Cadena Volcánica:** Su formación se debe a la colisión de los márgenes de la placa Sudamericana y de Nazca.

En el Perú esta cadena se localiza al sur de la Cordillera Occidental con conos Volcánicos activos como Coropuna, Ampato, Pucarani, Misti, Ubinas, Sarasara, entre otros.

Los volcanes e la región Sur del Perú deben su origen al proceso de subducción particular de esta parte del país, es decir una subducción del tipo normal de mayor pendiente mediante el cual

el material del manto participa en los diferentes procesos que producen ascenso del magma. En la Región Norte y centro del Perú hay ausencia de volcanes debido a que el proceso de subducción en estas regiones tiende a ser horizontal. Según (Udias y Mezcua, 1997).

- ✓ **Dorsal de Nazca:** Esta cadena montañosa o cordillera se localiza en el Océano Pacífico entre 15°S y 19°S. La Dorsal de Nazca está formada por rocas volcánicas con capas de minerales en las cuales predomina el hierro, magnesio, potasio y sodio cálcicos (Marocco, 1980), siendo estos minerales más comunes en la corteza terrestre. La estructura de la dorsal de Nazca es producto de un proceso de distensión de la corteza oceánica y se estima que su formación tiene una edad de entre 5 y 10 millones de años. Según (Marocco, 1980).

#### 2.2.4 Principios del diseño sismorresistente

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N.º 5 del RNE, E.030-2016, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

- d. “Los sismos no matan a la gente. Los edificios pueden matar a la gente si no se diseñan para soportar daños (Dr. Javier Piqué)”.
- e. Es decir, según la filosofía y principios del diseño sismorresistente en nuestras estructuras se acepta el daño, para evitar la vida de pérdidas humanas que es el fin primordial de diseño de edificaciones sismorresistentes.

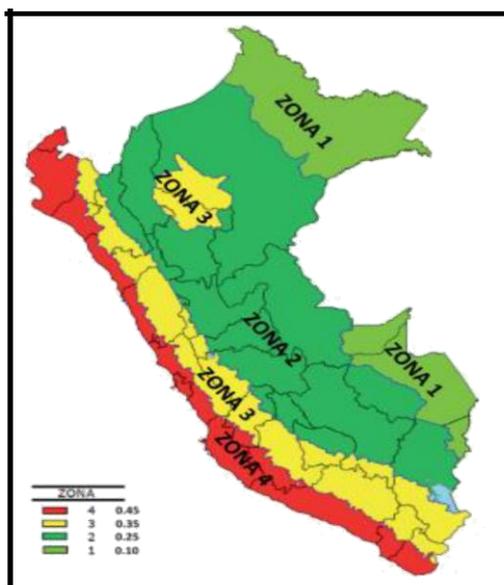
Basándonos entonces en los principios de la norma sismorresistente peruana y de muchas normativas en el mundo las edificaciones deberían de sufrir daño para evitar que se transmita esta energía hacia los ocupantes o equipamiento que tiene esta edificación para de esta manera salvaguardar todo lo que este dentro de la estructura que se diseñe o proteja. Según (Reglamento Nacional de Edificación, E.030, Diseño Sismorresistente).

## **2.2.5 Aspectos importantes en el RNE, E.030-2016**

### **2.2.5.1 Zonificación sísmica del territorio peruano.**

La zonificación propuesta para la última versión de esta norma difiere de la norma antecesora a esta puesto que esta última norma (2016) propone 4 regiones sísmicas claramente diferenciadas, a diferencia de su antecesora que presentaba 3 regiones sísmicas.

Las 4 zonas que se presentan están basadas en factores como la distribución espacial de la actividad sísmica observada, la atenuación de estos debido a la distancia Epicentral, así como la información Neotectónica.



**Figura 6: Zonificación sísmica para el Perú**  
Fuente: RNE (E.030 - 2016)

**Tabla N° 1: Factores de Zona “Z”**

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

### 2.2.5.2 Perfiles de Suelo

Este es un parámetro importante para la determinación de los efectos sísmicos sobre las estructuras la normativa vigente propone 4 tipos de suelos los cuales han sido clasificados tomando en cuenta parámetros características geotécnicas como lo son: la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), o alternativamente para suelos granulares, el promedio de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para lo que son los suelos cohesivos.

Tenemos los siguientes tipos de suelos según la actual norma que vendrían a ser:

- Perfil tipo S0: Roca Dura.
- Perfil tipo S1: Roca o Suelo muy Rígidos.
- Perfil tipo S2: Suelos Intermedios.
- Perfil tipo S3: Suelos Blandos.
- Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales.

**Tabla N° 2: Perfiles de suelo**

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELOS			
PERFIL	VS	N60	Su
S0	>1500 m/s		
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kpa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kpa a 100 kpa
S3	<180 m/s	< 15	25 kpa a 50 kpa
S4	CLASIFICACIÓN BASADA EN EMS		

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

### 2.2.5.3 Parámetros de Sitio.

Con los 2 parámetros antes mencionados se definen periodos de vibración que son utilizados para la determinación del factor “C”, en función de los periodos “TP” y “TL” estos definidos por las características de zona y suelo y el periodo “T”, que es la aproximación del periodo de vibración de la estructura, que depende de características como lo son el material y su altura total.

**Tabla N° 3: Factor de suelo**

FACTOR DE USO				
SUELO \ USO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1	1.05	1.1
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z1	0.8	1	1.6	2

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

**Tabla N° 4: Periodos de Vibración.**

PERIODOS “Tp” Y “TL”				
	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
Tp(S)	0.3	0.4	0.6	1
Tl(S)	3	2.5	2	1.6

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

#### 2.2.5.4 Factor de amplificación sísmica(c)

Este coeficiente “C” es interpretado como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo.

**Tabla N° 5: Factor de amplificación sísmica**

PERIODOS “Tp” Y “TL”	
CONDICIÓN	VALOR DE C
$T < T_P$	$C = 2.5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 * (T_P/t)$
$T > T_L$	$C = 2.5 * (T_P * T_L/t^2)$

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

#### 2.2.5.5 Periodo fundamental de vibración “T”

El periodo fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

Dónde:

*hn*: es la altura total del edificio

**CT = 35** Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a. Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b. Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

**CT = 45** Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a. Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b. Pórticos de acero arriostrados.

$CT = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

#### 2.2.5.6 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de fuerzas sísmicas ( $R_o$ )

Cuando en la dirección de análisis de la edificación se presenten más de un sistema estructural se tomará el menor coeficiente “ $R_o$ ” que se presente.

**Tabla N° 6: Sistemas estructurales y coeficientes de Reducción**

SISTEMA ESTRUCTURAL	COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION “ $R_o$ ”
<b>ACERO:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes A Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>CONCRETO ARMADO</b>	
Pórtico	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
Albañilería Armada O Confinada	3
Madera (Por Esfuerzos Admisibles)	7

**Fuente: RNE (E.030 - 2016)**

Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

#### 2.2.5.7 Coeficientes de reducción de fuerzas sísmicas “ $R$ ”

Se determinará como el producto del coeficiente “ $R_o$ ” determinado a partir de la tabla N° 6.

### **2.2.5.8 Estimación del peso sísmico “p”:**

Se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la Carga Viva o Sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

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

### **2.2.5.9 Determinación de desplazamientos laterales:**

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por “0.75R”, los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por “R” los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para brindar un parámetro de control que demanda la norma se convinieron tomar límites permisibles para los desplazamientos de los entresijos tal como se detallara en el cuadro siguiente.

**Tabla N° 7: Límites de distorsión de entrepisos**

<b>LIMITES PARA DISTORSION DE ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: RNE (E.030 - 2016)

### 2.2.6 Losas de concreto

Es la superficie plana de una construcción, preferentemente en entrepisos y azoteas, se dice que es armada porque está compuesto de concreto y una especie de red o malla llamada parrilla, compuesta de varillas amarradas entre sí por alambres recocido, las varillas que se colocan en ambos sentidos van desde los 3/8" hacia varillas de mayor diámetro, según las características de peso y claro que quieras salvar, también pueden tener dobleces a 45° para lograr mayor resistencia y la distancia entre varillas, es entre los 5 o 10cm, mientras que el ancho de la losa o mejor llamado como espesor generalmente es de 10cm hasta los 15cm, dependiendo nuevamente la distancia que quiera cubrir, todo esto en su perímetro o intermedio reforzado por vigas o cadenas de concreto armado que son tipo castillos horizontales y van armados igualmente de varillas y estribos y que sus dimensiones dependerán del cálculo previo a las características del espacio que necesitas. Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión. Según (Morales).

Las losas son elementos del tipo estructural cuya dimensión en planta son específicamente grandes en comparación con su peralte. Los efectos principales

sobre las losas son cargas normales a su plano ya que se usan para disponer de superficies útiles horizontales como los pisos de edificios y las cubiertas de los puentes. En ocasiones además de las cargas de gravedad actúan cargas contenidas en su plano, como en el caso de losas inclinadas, en las que la carga vertical tiene una componente paralela a la losa. Según (Ing. Serrano).

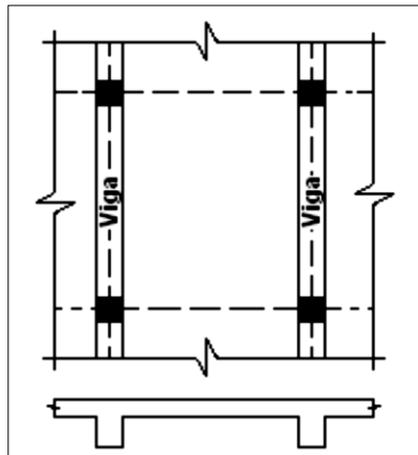
### **2.2.7 Tipos de losas**

Las losas se pueden apoyar en dos lados opuestos, como en la figura 7, caso en que la acción estructural de la losa es fundamentalmente en una dirección, transmite las cargas en la dirección perpendicular a las vigas de apoyo. También es posible que haya vigas en los cuatro lados, como en la figura 8, de modo que se obtiene una acción de losa en dos direcciones. Asimismo, pueden suministrarse vigas intermedias, como aparece en la figura 9, si la relación entre la longitud y el ancho de un panel de losa es mayor de dos, la mayor parte de la carga se transmite en la dirección corta hacia las vigas de apoyo y se obtiene, en efecto, acción en una dirección, aunque se proporcionen apoyos en todos los lados.

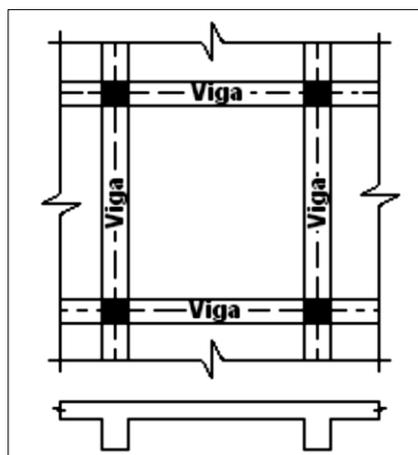
Cuando las losas de concreto se apoyan directamente sobre columnas, como en la figura 10 son llamadas placas planas y se utilizan a menudo cuando las luces no son muy largas y las cargas no son particularmente altas. La construcción del tipo de losa plana mostrada en la figura 11, no incluye vigas, pero se apoya en columnas con ábacos o capiteles. En relación con la placa plana está la losa con viguetas en dos direcciones o losa reticular que ilustra la figura 12. Con el fin de reducir la carga muerta de la construcción con losas macizas, se forman vacíos en un patrón rectilíneo mediante elementos de aligeramiento

construidos en metal o en fibra de vidrio. Se obtiene así una construcción nervada en dos direcciones.

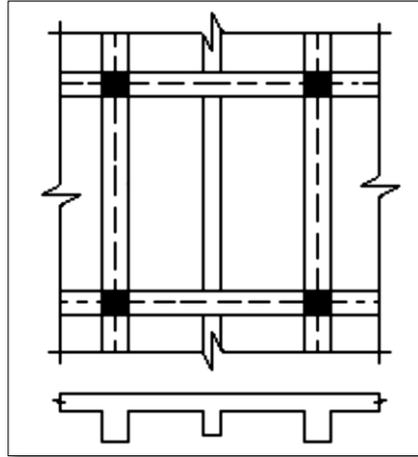
Las losas de concreto reforzado expuestas en todas las figuras son diseñadas casi siempre para cargas distribuidas de manera uniforme sobre la totalidad de uno de los paneles de la losa, limitadas por las vigas de apoyo o por los ejes entre centros de columnas. Las pequeñas cargas concentradas pueden absorberse mediante la acción en dos direcciones del refuerzo, (acero a flexión en dos direcciones para sistemas de losa en dos direcciones o acero a flexión en una dirección más acero de repartición lateral para sistemas en una dirección). Por lo general, las grandes cargas concentradas requieren vigas de apoyo.



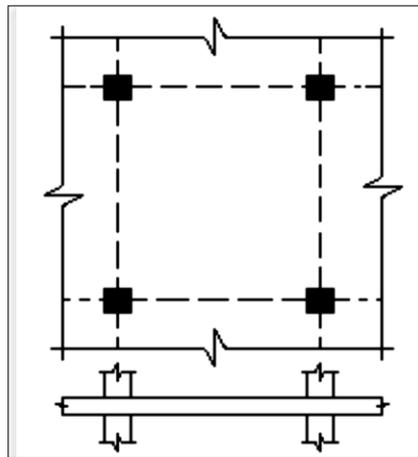
**Figura 7: Losa en una dirección**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



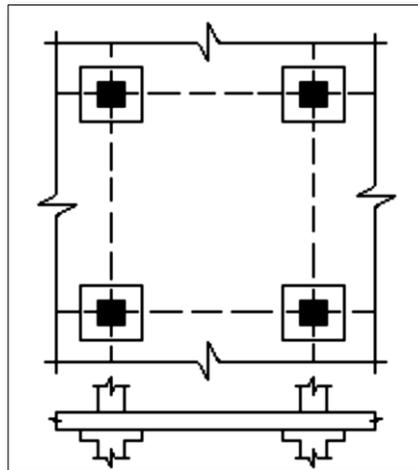
**Figura 8: Losa en dos direcciones**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



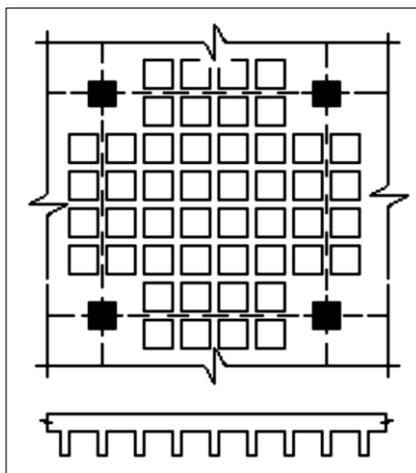
**Figura 9: Losa en una dirección**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



**Figura 10: Losa de placa plana**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



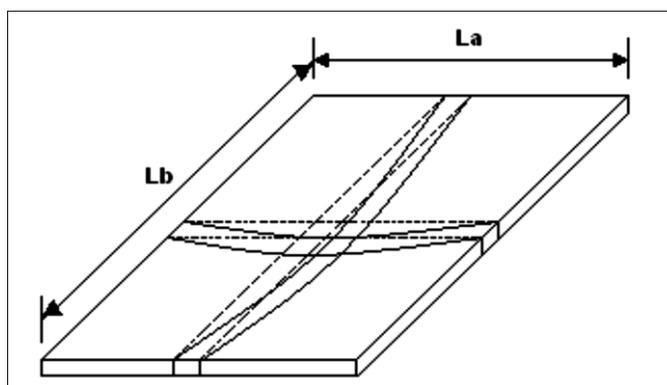
**Figura 11: Losa plana**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



**Figura 12: Losa nervada**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio

### 2.2.8 Losas armadas en dos direcciones

Son losas que distribuyen, transmiten las cargas aplicadas a través de flexión en dos sentidos, figura 13. Este tipo de comportamiento se aprecia en losas en las cuales la relación entre su mayor y menor dimensión es menor que dos.



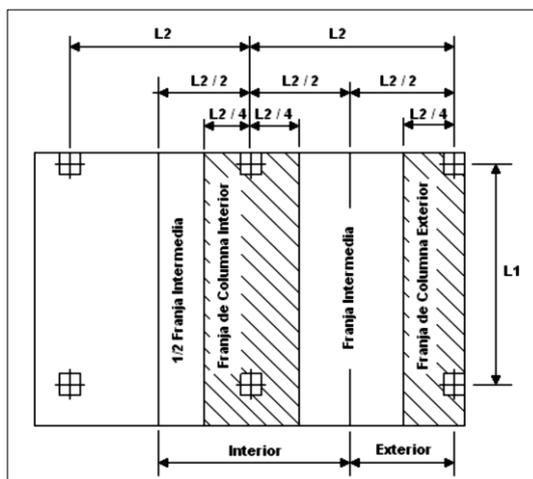
**Figura 13: Losas en dos direcciones**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio

#### 2.2.8.1 Criterios para el dimensionamiento de losas armadas en dos sentidos

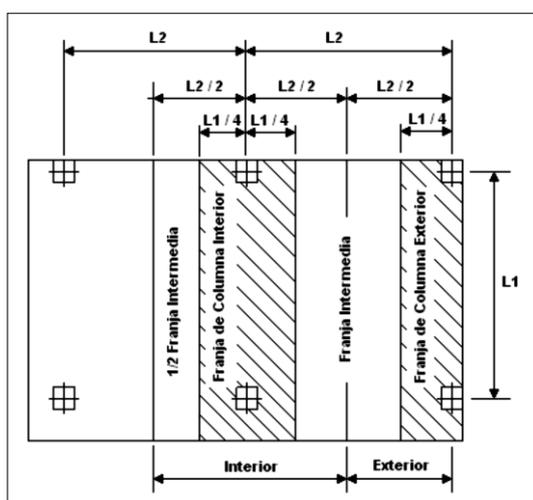
##### A. Franja de Diseño

Para realizar el análisis de un sistema de losa en dos direcciones ya sea mediante el Método de Diseño Directo o mediante el Método del

Pórtico Equivalente, el sistema de losa se divide en franjas de diseño que consisten en una franja de columna y la mitad de una o dos franjas intermedias, como se aprecia en la Figura 14 y 15.



**Figura 14: Franja de columna para  $L2 \leq L1$**   
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio



**Figura 15: Franja de columna para  $L2 > L1$**   
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio

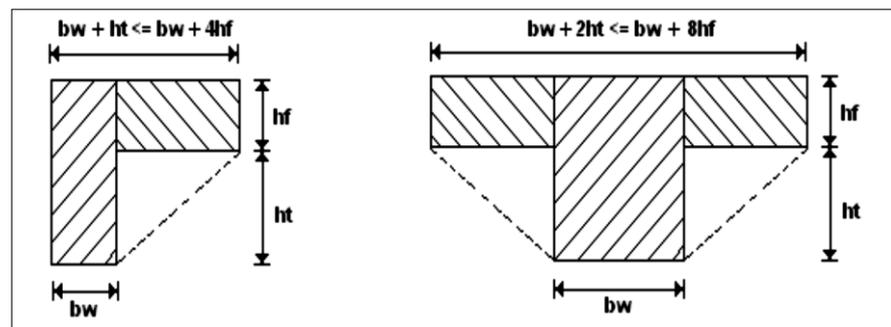
## B. Definición de las Franjas de Diseño

La franja de columna se define como una franja que tiene un ancho igual a la mitad de la luz transversal o longitudinal, cualquiera sea el valor que resulta menor. La franja intermedia es una franja limitada por dos franjas de columna. Sin embargo, para aplicar las

definiciones dadas por el código del ACI para franjas de columna en las cuales la luz es variable a lo largo de la franja de diseño, el diseñador debe aplicar su juicio profesional.

### C. Sección efectiva de una viga

Para los sistemas de losa con vigas entre sus apoyos, las vigas deben cumplir partes de la losa a modo de alas, como se ilustra en la Figura 16. Las constantes de diseño y los parámetros de rigidez utilizados con el Método de Diseño Directo y el Método del Pórtico equivalente se basan en las secciones de viga efectivas ilustradas.



**Figura 16: Secciones efectivas de una viga**  
Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio

El código del ACI propone espesores mínimos de losa que garantizan que sus deflexiones no sean excesivas. Si los esfuerzos de corte son elevados, dicho espesor debe ser incrementado. Esta situación se suele presentar en los sistemas de losa si vigas.

El espesor mínimo de losas con vigas entre apoyos, en función de  $\alpha_m$  el cual es igual al promedio de los valores de  $\alpha_f$  correspondiente a las vigas que limitan el paño. El parámetro se determina a través de la siguiente expresión:

$$\alpha f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \quad (1.1)$$

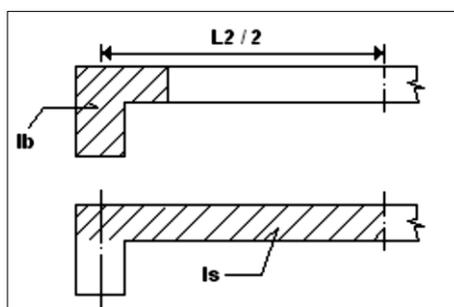
**Donde:**

*E<sub>cb</sub>*: Modulo de elasticidad del concreto de las vigas.

*E<sub>cs</sub>*: Modulo de elasticidad del concreto de la losa.

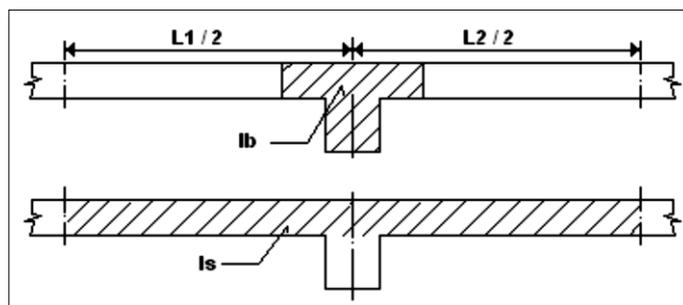
*I<sub>b</sub>*: Momento de Inercia de la sección bruta de la viga respecto a su eje centroidal.

*I<sub>s</sub>*: Momento de Inercia de la sección bruta de la losa respecto a su eje centroidal.



**Figura 17:** Secciones de vigas exterior a ser consideradas para el cálculo de  $\alpha f$

Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio.



**Figura 18:** Secciones de vigas interior a ser consideradas para el cálculo de  $\alpha f$

Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio.

#### **D. Secciones de losa y vigas a ser consideradas para el cálculo de $\alpha f$**

Si  $\alpha m$  es menor que 0.2, la rigidez de las vigas es prácticamente nula y, por lo tanto, su presencia no se considera. En este caso los espesores de losa se determinan haciendo uso de la Tabla N° 8.

**Tabla N° 8: Espesores mínimos de losas armadas en dos direcciones sin vigas interiores – ACI-318-05 – NTE E.060**

Esfuerzo de fluencia del acero $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Sin Ábacos			Con Ábacos		
	Paño exterior		Paño interior	Paño exterior		Paño interior
	Sin viga de borde	Con viga de borde		Sin viga de borde	Con viga de borde	
2800	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
4200	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
5250	$L_n/28$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/34$	$L_n/34$

**Fuente: RNE (E.060), ACI-318-05**

$L_n$ , es la luz libre en la dirección de la luz mayor entre apoyos para losas sin vigas o entre caras de vigas para losas con vigas.

El espesor mínimo  $h$  para losas con vigas que se extienden entre los apoyos en todos los lados debe ser.

✚ Para  $\alpha_m \leq 0.2$ , se consideran los espesores de la Tabla N° 8.

✚ Para  $0.2 < \alpha_m < 2.0$ ,  $h$  no debe ser menor que:

$$h = \frac{L_n(0.8 + \frac{F_y}{14000})}{36 + 5 * \beta(\alpha_m - 0.2)} \quad (1.2)$$

pero no menor que 125mm.

✚ Para  $\alpha_m > 2.0$ ,  $h$  no debe ser menor que:

$$h = \frac{L_n(0.8 + \frac{F_y}{14000})}{36 + 9 * \beta} \quad (1.3)$$

pero no menor que 90mm.

**Donde:**

$L_n$  = Luz libre del paño en la dirección larga medida de cara a cara de vigas.

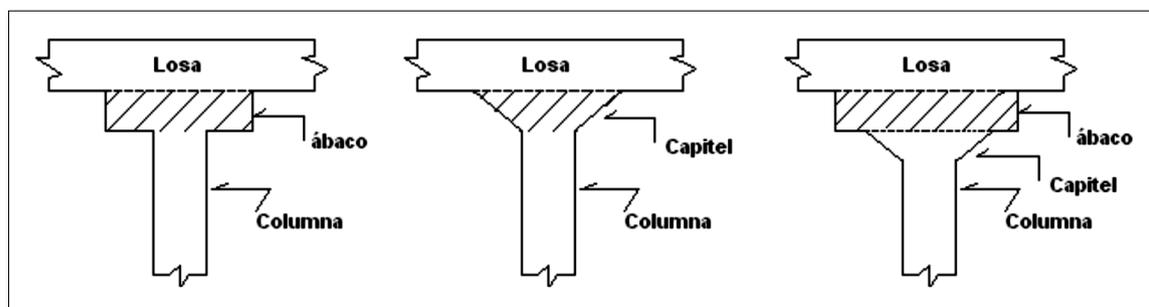
$\beta$  = Relación de luz libre mayor a luz libre menor.

$\alpha_f$  = Relación de rigidez a flexión de la sección de la viga a rigidez a flexión de un ancho de losa limitada lateralmente por las líneas centrales de paños adyacentes a cada lado de la viga.

$\alpha_m$  = Promedio de los valores  $\alpha_f$  en todo el perímetro del paño. Para losas sin vigas tomar  $\alpha_m=0$ .

Adicionalmente deben cumplirse los siguientes mínimos:

- ✚ Losas sin vigas ni ábacos,  $h \geq 12.5$  cm.
- ✚ Losas sin vigas con ábacos,  $h \geq 10.0$  cm.
- ✚ Losas con vigas en los cuatro bordes (con  $\alpha_m \geq 2.0$ ),  $h \geq 9.0$  cm.



**Figura 19: Esquemas de losas con y sin vigas**  
**Fuente: Análisis y diseño de losas, Ing. Ovidio**

Pueden utilizarse espesores de losas menores que los mínimos requeridos cuando las deflexiones calculadas no exceden los límites de la Tabla 9.

**Tabla N° 9: Deflexiones máximas permisibles**

Tipo de Elemento	Deflexión Considerada	Deflexión Límite
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas	Deflexión instantánea debida a la carga viva.	$L / 180 (**)$
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas.	Deflexión instantánea debida a la carga viva.	$L / 360$
Piso o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión diferida debida a todas las cargas sostenidas y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional). (*)	$L / 480 (***)$
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas.		$L / 240 (***)$

**Fuente: RNE (E.060), ACI-318-05**

Dónde:  $L$  = Luz de cálculo

(\*) Las deflexiones diferidas se podrán reducir según la cantidad de la deflexión que ocurra antes de unir los elementos no estructurales. Esta cantidad se determina basándose en los datos de ingeniería aceptables con relación a las características tiempo – deformación de elementos similares a los que se están considerando.

(\*\*) Este límite no tiene por objeto constituirse en un resguardo contra el estacionamiento de aguas, lo que se debe verificar mediante cálculos de deflexiones adecuadas, incluyendo las deflexiones adicionales debidas al peso del agua estancada y considerando los efectos a largo

plazo de todas las cargas sostenidas, la contraflecha, las tolerancias de construcción y la confiabilidad en las previsiones para el drenaje.

(\*\*\*) Este límite se podrá exceder si se toman medidas adecuadas para prevenir daños en elementos de apoyados o unidos.

(\*\*\*\*) Pero no mayor que la tolerancia establecida para los elementos no estructurales. Este límite se podrá exceder si se proporciona una contraflecha de modo que la deflexión total menos la contraflecha no exceda dicho límite.

## **E. Refuerzo de la Losa**

- ✚ El área mínima de armadura en cada dirección para los sistemas de losas que trabajan en ambas direcciones será igual a  $0.018*bh$ , donde (b=ancho de losa, h=altura total), para barras de acero; Grado 60, tanto para la armadura superior como para la armadura inferior.
- ✚ El espaciamiento del refuerzo de acero en las secciones críticas no deberá exceder de dos veces el espesor de la losa, excepto en el caso de losas nervadas o aligeradas.
- ✚ Por lo menos 1/3 del refuerzo de acero por momento positivo perpendicular a un borde discontinuo, deberá de prolongarse hasta el borde de la losa y tener una longitud de anclaje de por los menos 150mm en las vigas o muros perimetrales.
- ✚ El refuerzo de acero por momento negativo, perpendicular a un borde discontinuo, deberá anclarse en las vigas o muros perimetrales para que desarrolle su esfuerzo de tracción.
- ✚ Cuando la losa no este apoyada en una viga o muro perimetral (tramos exteriores) el anclaje del refuerzo se hará dentro de la propia losa.

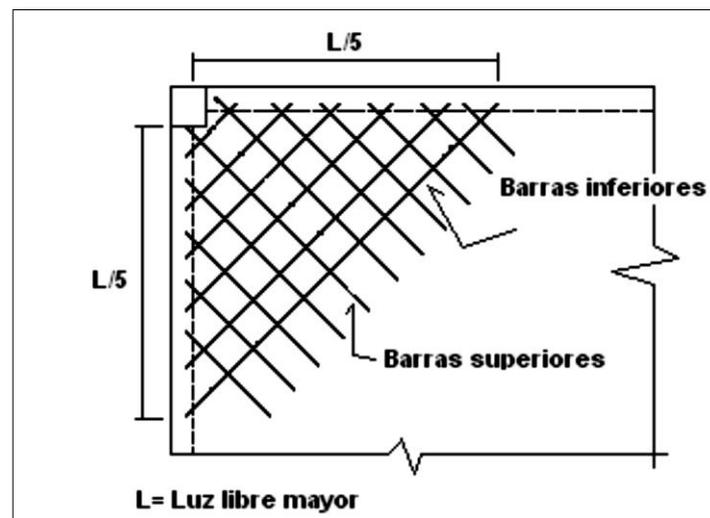
FRANJA	LOCALIZACION	PORCENTAJE MINIMO DE $A_s$ EN LA SECCION	SIN ABACOS (SIN SOBRE ESPEORES)	CON ABACOS (CON SOBRE ESPEORES)
FRANJA DE COLUMNAS	ARRIBA	50% restante		
	ABAJO	100%		
FRANJA CENTRAL	ARRIBA	100%		
	ABAJO	50% restante		

Figura 20: Longitudes mínimas de refuerzo en losas sin vigas  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio

## F. Refuerzo en las esquinas

Los momentos torsionales que se generan, tienen importancia únicamente en las esquinas exteriores en el sistema de losa en dos direcciones, donde tienden a fisurar la losa en la parte inferior a lo largo de la diagonal del panel, y en la parte superior en dirección perpendicular a la diagonal del panel. Se debe proporcionar un refuerzo especial tanto en la parte superior como en la inferior de las esquinas exteriores de la losa, a lo largo de una distancia en cada dirección igual a un quinto de la luz larga del panel, medida desde la esquina como aparece en la Figura 21. El refuerzo de acero en la parte superior de la losa debe ser paralelo a la diagonal desde la esquina como aparece en la Figura 21. El refuerzo de acero en la parte superior de la losa debe ser paralelo a la diagonal desde la esquina mientras que el de la parte

inferior debe ubicarse en forma perpendicular a la diagonal. Como alternativa, las dos filas de refuerzo de acero pueden colocarse en dos bandas paralelas de la losa. En cualquier caso, de acuerdo con el código ACI, los refuerzos de acero positivo y negativo deben tener un tamaño y un espaciamiento equivalente a los exigidos para el máximo momento positivo en el panel.



**Figura 21:** Esquema de refuerzos en esquinas de losas  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

### G. Aberturas en la Losa

La losa puede tener aberturas de cualquier dimensión siempre que se demuestre que su presencia no afecta ni a la resistencia del elemento horizontal, ni su comportamiento bajo cargas de servicio.

El código ACI, sugiere dimensiones máximas de aberturas según la ubicación dentro de la losa, las cuales han demostrado no ser perjudiciales para el comportamiento del elemento horizontal. Se podrá omitir el análisis indicado en el párrafo anterior siempre que una abertura en la losa pueda cumplir los siguientes requisitos:

- Si están localizadas en la zona común de dos franjas centrales, se mantendrá la cantidad total de refuerzo requerido por el paño sin considerar la abertura.
- La zona común de dos franjas de columna que se intersectan no deberá interrumpirse por abertura no será mayor de  $1/8$  del ancho de la franja de columna más angosta. El equivalente del refuerzo interrumpido por la abertura deberá añadirse en los lados de esta.
- En la zona común de una franja de columna y una franja central, no deberá interrumpirse por las aberturas más de  $1/4$  del refuerzo en cada franja. El equivalente del refuerzo interrumpido por una abertura deberá añadirse en los lados de esta.

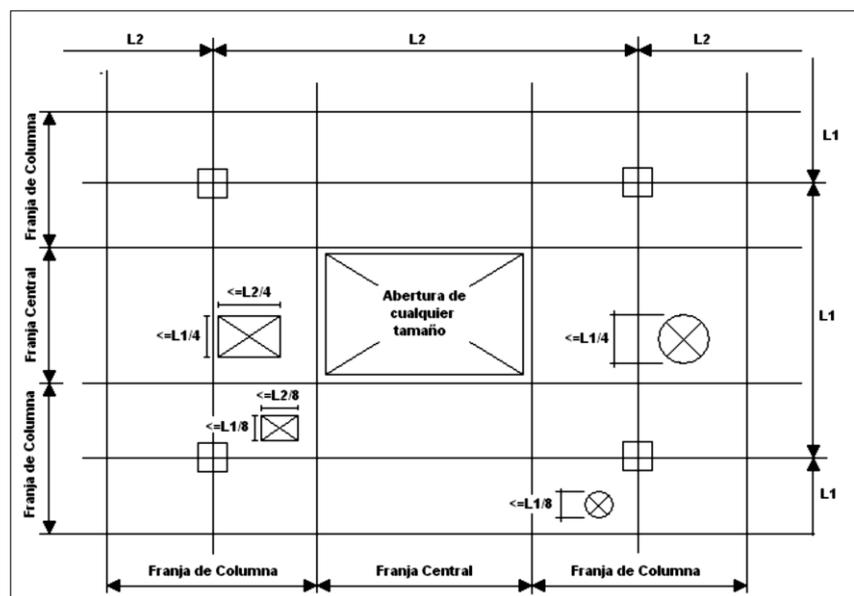


Figura 22: Aberturas en losas sin vigas

Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

### 2.2.9 Diseño de losas

Las losas de entrepisos son elementos estructurales muy importantes en el comportamiento estructural de las edificaciones por tal motivo que su modelado,

análisis y diseño son parte importantísima, en base a esto se procederá al análisis y diseño de las losas de entrepiso en la edificación.

Las losas bidireccionales se pueden analizar por varios métodos, como lo son por citar algunos.

- El método directo
- El método del pórtico equivalente
- Tablas de Bares
- Tablas de Kalmanok
- Métodos de los coeficientes de nuestra normativa E.060
- Método de los elementos finitos

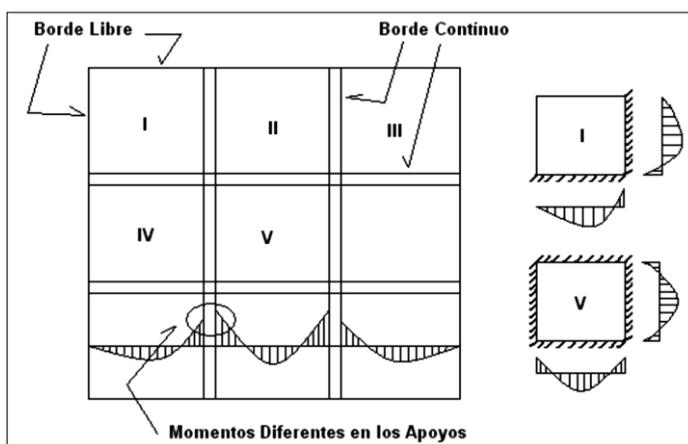
#### **2.2.10 Método de los coeficientes del ACI y E.060 para losas en dos direcciones**

La determinación exacta de momentos en las losas en dos direcciones, con varias condiciones de continuidad en los bordes soportados, es matemáticamente muy compleja y no es adecuada en la práctica de diseño. Por tal motivo se han adoptado varios métodos simplificados para calcular momentos, cortantes y reacciones para este tipo de losa.

Con respecto al código ACI de 1995, todos los sistemas de losas de concreto reforzado en dos direcciones que incluyen losas apoyadas en los bordes, losas y placas planas, deben analizarse y poder diseñarse de acuerdo con un método unificado.

Sin embargo, la complejidad de este método es muy generalizado, en particular para sistemas que no cumplen los requisitos que permiten realizar el análisis mediante el “Método de Diseño Directo”, código ACI de 1963, para el caso especial de losas en dos direcciones, apoyadas en vigas de borde relativamente altas y rígidas, en los cuatro lados de cada uno de los paneles de

la losa. Desde 1963 este método se utiliza en forma amplia para losas apoyadas en los bordes por muros, vigas de acero o vigas monolíticas de concreto, cuya altura total no sea menor que aproximadamente tres veces el espesor de la losa. Aunque no formo parte del código ACI de 1977 o de versiones posteriores, se permite su uso continuo bajo los lineamientos del código ACI actual, con relación a que un sistema de losa puede diseñarse utilizando cualquier procedimiento que satisfaga las condiciones de equilibrio y de compatibilidad geométrica, siempre y cuando se demuestre que la resistencia de diseño en cada sección es por lo menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplen los requisitos de funcionalidad.



**Figura 23: Esquema de momentos en los apoyos**  
**Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.**

En el caso de los momentos negativos se modificarán y no los momentos positivos.



$$m = A/B \quad (1.4)$$

- ✓ Cuando la división de  $A/B < 0.5$ , se tiene que analizar la losa como losa armada en una sola dirección.

- ✓ Cuando la división de  $A/B > 1$ , se debe realizar lo siguiente: invertir las condiciones de borde para poder uso de las tablas.
- ✓ En el caso de los bordes discontinuos, el momento adecuado a tomar será de  $1/3$  del momento en la franja central, igualmente. Para la franja de columna se tomará  $1/3$  del momento en la franja central.

### 2.2.10.1 Determinación de los momentos de flexión

Habiendo analizado las franjas, se determina las secciones críticas para el momento de flexión son:

- a) En el caso de los momentos positivos a lo largo de la línea media de los tableros se presentan los momentos positivos máximos.
- b) En el caso de los momentos negativos, se presenta en el borde del tablero y que corresponden a la carga de la viga de apoyo.

Si en el caso de los momentos en el apoyo varían en el orden por debajo del 80%, la diferencia será repartida proporcionalmente a las rigideces relativas de la losa.

#### A. Para la Franja Central

##### ✚ Momentos Negativos

$$M_A = C_a * W_u * A^2 \quad (1.5)$$

$$M_B = C_b * W_u * B^2$$

##### ✚ Momentos Positivos

$$M_A = C_{a,cm} * W_{ucm} * A^2 + C_{a,cv} * W_{ucv} * A^2 \quad (1.6)$$

$$M_B = C_{b,cm} * W_{ucm} * B^2 + C_{b,cv} * W_{ucv} * B^2$$

**Donde:**

*MA: Momento de flexión en la dirección A.*

*MB: Momento de flexión en la dirección B.*

$C_a, C_b$ : Coeficiente de momentos.

$W_u$ : Carga ultima uniformemente repartida.

$A$ : Luz libre de tramo corto.

$B$ : Luz libre de tramo largo.

### B. Para la Franja de Columna

Los momentos serán reducidos gradualmente desde el valor total en la franja central hasta  $1/3$  de los valores en el borde del tablero.

Cuando los momentos negativos en un apoyo varían en el orden del 20% a mas, el resto será repartida proporcionalmente a las rigideces relativas de las losas.

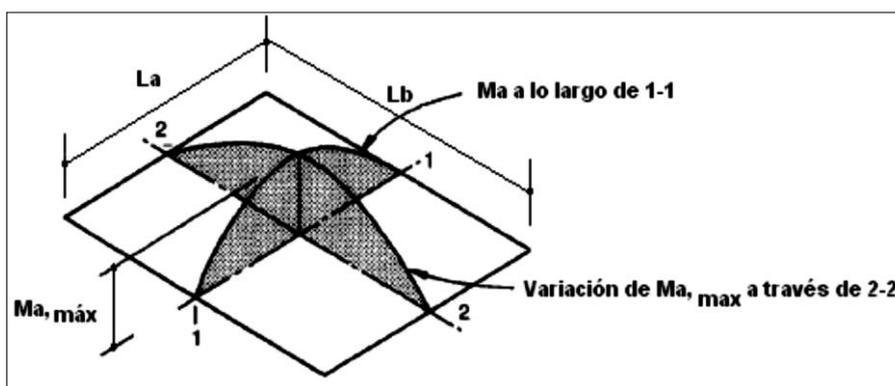


Figura 24: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

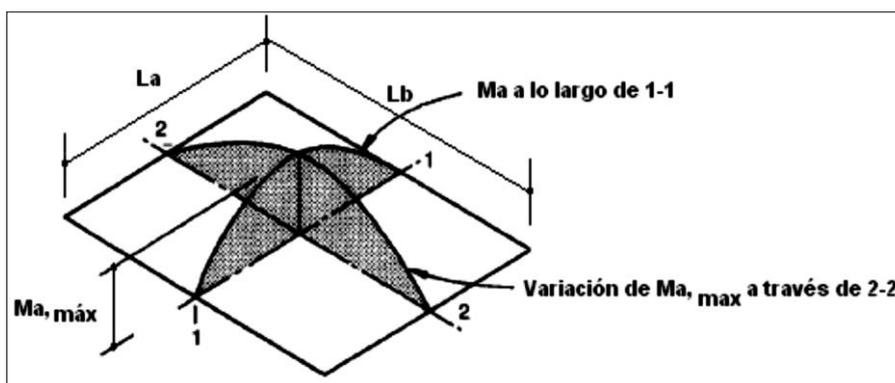


Figura 25: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

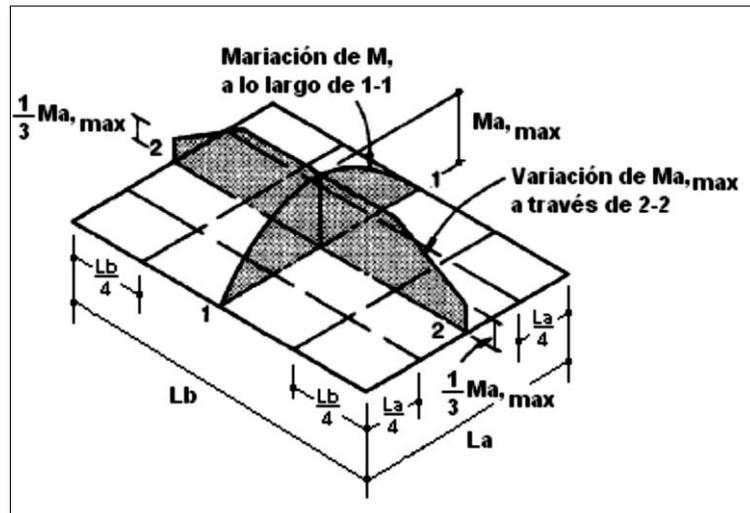


Figura 26: Momentos y variaciones de los momentos en una losa cargada uniformemente con apoyos simples en los cuatro lados  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

### 2.2.10.2 Diseño por fuerza cortante

La sección crítica se presenta a una distancia “d” de la cara de la viga de apoyo.

El cortante en la sección crítica de los tableros se determina mediante los coeficientes del ACI.

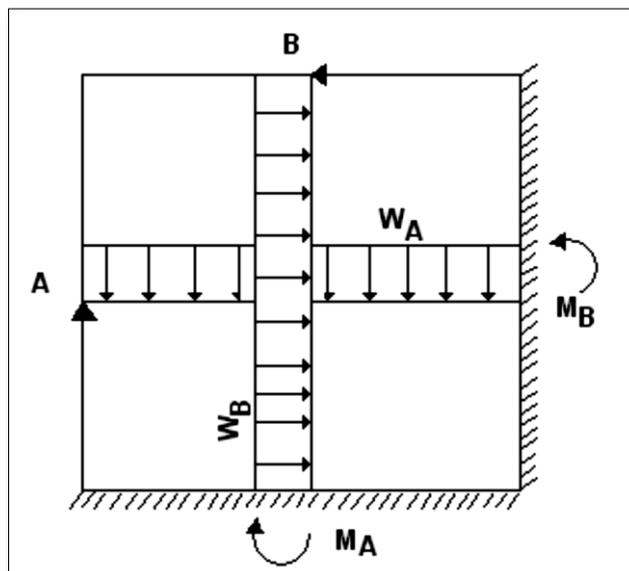


Figura 27: Distribución de la carga equivalente para el cálculo de la fuerza cortante  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

$$W_A = C_1 * W_u \quad (1.7)$$

$$W_B = C_2 * W_u$$

$$V = V_{isos} \pm M_u/L \quad (1.8)$$

✚ Verificación por cortante

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad (1.9)$$

$$V_u \leq \phi * V_c$$

Toda la cortante lo debe absorber el concreto.

✚ Verificación por punzonamiento

$$V_{cp} = (0.53 + \frac{1.1}{\beta}) \sqrt{f'c} * b_o * d \quad (1.10)$$

$$V_{cp} = 1.1 * \sqrt{f'c} * b_o * d \quad (1.11)$$

$$V_{up} \leq \phi * V_{cp}$$

### 2.2.10.3 Cargas sobre las vigas de apoyo

- En el caso de las cargas sobre las vigas de apoyo se determinan con los coeficientes del ACI.
- En ningún caso la carga sobre la viga a lo largo del tramo corto será menor que aquella que corresponda a un área limitada por la intersección de líneas a 45° trazadas desde las esquinas.

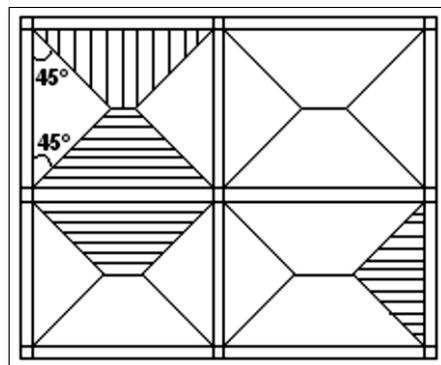


Figura 28: Distribución de la carga sobre la viga  
Fuente: Análisis y diseño de losas. Ing. Ovidio.

## **2.3 Marco normativo**

La presente investigación se basa en la siguiente normatividad, de acuerdo a los parámetros, términos y factores utilizados dentro del análisis y diseño de las losas aligeradas y macizas en dos direcciones.

### **2.3.1 Reglamento Nacional de Edificaciones**

#### **E.020: Cargas**

Las edificaciones y en la totalidad de sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas de gravedad como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos, ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas utilizadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Las cargas mínimas establecidas en este Reglamento están dadas en condiciones de servicio.

Esta norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

#### **E.030: Diseño Sismorresistente**

En el capítulo E.030 del RNE, establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el numeral 1.3.

Se aplica al diseño en todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las edificaciones existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los eventos sísmicos.

**E.060: Concreto armado**

En este capítulo del RNE, se fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de las estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple.

Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con este capítulo del RNE. Lo establecido en esta norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia.

**A.010: Condiciones generales de diseño**

Artículo 3.- Las obras de edificación deben tener calidad arquitectónica, la misma que debe alcanzar con una respuesta funcional y estética acorde con el propósito de la edificación, con las condiciones de seguridad, con la resistencia estructural al fuego, con la eficiencia del proceso constructivo a emplearse y con el cumplimiento de la normativa vigente.

**2.3.2 Norma ACI - 318**

En este reglamento proporciona los parámetros mínimos para el diseño y la construcción de elementos de concreto estructural de cualquier estructura construida según los requisitos del reglamento general de construcción legalmente adoptado, del cual este reglamento forma parte. En zonas en donde no se cuente con un reglamento de construcción legalmente adoptado, este reglamento define las disposiciones mínimas aceptables en la práctica del diseño y la construcción.

Para el concreto estructural,  $f'c$  no debe ser inferior a 17 MPa. No se establece un valor máximo para  $f'c$ , salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica del reglamento.

## 2.4 Definición de términos

### ✓ **Columna**

Es un elemento estructural con una relación entre altura y menos dimensión lateral mayor que tres, usado principalmente para resistir carga axial de compresión. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

### ✓ **Vigas**

Elemento estructural que trabaja fundamentalmente a flexión y cortante. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

### ✓ **Losa**

Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Usado también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

### ✓ **Muro estructural**

Este elemento estructural, generalmente es vertical, es empleado para encerrar o separar ambientes, resistir cargas axiales de gravedad y resistir cargas perpendiculares a su plano proveniente de empujes laterales de suelos o líquidos. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

### ✓ **Concreto**

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

✓ **Resistencia del Concreto a la Compresión**

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15cm) de diámetro y de 12" (30 cm) de altura. La resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. Según (Harmsen, 2005, pág. 22).

✓ **Resistencia del Concreto a la Tracción**

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a un 15% de esta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las 20 dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Según (Harmsen, 2005, pág. 25).

✓ **Resistencia del Concreto al Esfuerzo Cortante**

El esfuerzo cortante es una sollicitación que se presenta individualmente en casos muy excepcionales. En el laboratorio, se han obtenido resistencia que varían de  $0.2f'_c$  a  $0.85f'_c$ ; este rango tan amplio es explicable dada la dificultad que se tiene para aislar esta sollicitación de otras en los ensayos utilizados para su determinación. Según (Harmsen, 2005, pág. 27).

✓ **Módulo de Elasticidad**

El módulo de elasticidad de un material es función del ángulo de la línea esfuerzo-deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación. Según (Harmsen, 2005, pág. 32).

✓ **Módulo de Poisson**

El valor de este parámetro para el concreto varía entre 0.15 y 0.20; este valor se obtiene de dividir la deformación transversal entre la deformación longitudinal. Según (Ortega, 2014, pág. 20).

✓ **Resistencia de diseño**

Resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia que corresponda. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones - E.060, Concreto Armado).

✓ **Acero de refuerzo**

Anteriormente se mencionó algunas características del concreto entre ellas su limitada resistencia a la tracción. En el caso del concreto armado, el acero es el encargado de salvar dicha limitación, tiene una resistencia a la compresión del orden de 10 veces más que el concreto y a tracción la relación es de 100 veces más. El costo del acero es mucho mayor que el concreto, por lo tanto, la combinación de ambos es un balance adecuado para fabricar elementos resistentes y económicos.

El refuerzo del concreto se presenta en tres formas: varillas corrugadas, alambre y mallas electrosoldadas. Según (Harmsen, 2005, pág. 39; Ortega, 2014, pág. 31).

✓ **Relación Esfuerzo – Deformación del acero**

En la figura 29 se puede apreciar la curva esfuerzo-deformación para el acero. Se asume que el acero tiene un comportamiento elastoplástico para pequeñas deformaciones. El módulo de elasticidad es definido como la tangente del ángulo A. Por lo tanto, este parámetro es independiente del grado del acero y se considera igual a  $E_s = 2\ 100\ 000\ \text{Kg/cm}^2$ . Según (Harmsen, 2005, pág. 42-43).

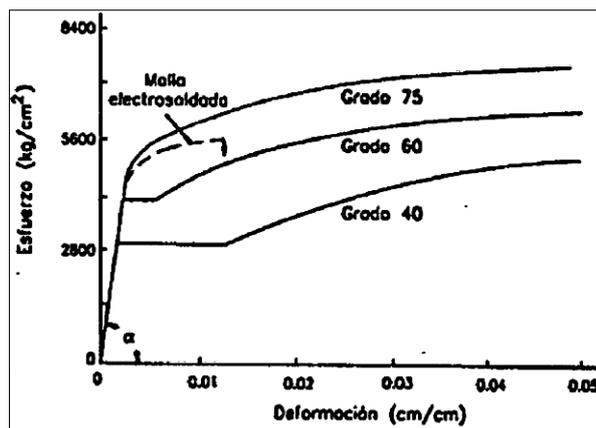


Figura 29: Curva esfuerzo – deformación y módulo de elasticidad del acero  
Fuente: Teodoro Harmsen

#### ✓ Desventajas del Acero Estructural

A pesar de conocer todas las ventajas del acero, presenta problemas como la corrosión por el elemento agua y otros productos químicos, problemas en elevadas temperaturas y en presencia del fuego por lo cual estas estructuras deben tener protección contra el fuego. Se pueden considerar principalmente las siguientes desventajas del acero como material estructural. Costo de mantenimiento, costo de protección contra el fuego, susceptible al pandeo, fatiga y fractura frágil. Según (Villavicencio, 2011, pág. 31-32).

#### ✓ Análisis por Falla a Tensión

Este tipo de falla se da si el acero alcanza la resistencia máxima. Según (R. Park & T. Paulay, 1994, pág. 67-68).

#### ✓ Análisis por Falla a Compresión

Este tipo de falla se presenta si el contenido de acero es grande, el concreto puede alcanzar su capacidad máxima antes de que ceda el acero. Para una falla a compresión,  $f_s < f_y$ , ya que el acero permanece dentro del rango elástico. Se puede determinar el esfuerzo del acero en términos de la profundidad del eje neutro. Según (R. Park & T. Paulay, 1994, pág. 68-69).

✓ **Análisis por Falla Balanceada**

En la falla balanceada, para una cuantía específica de acero, éste alcanza la resistencia de cedencia  $f_y$  y simultáneamente el concreto alcanza la deformación a compresión de la fibra extrema de 0.003. Según ((R. Park & T. Paulay, 1994, pág. 69).

✓ **Diseño de Secciones Simplemente Reforzadas**

Para asegurar que los elementos tengan características deseables de advertencia visible, al igual que ductilidad razonable en la falla, se recomienda que el área del acero a tensión en los elementos simplemente reforzados no exceda el 75% del área para una falla balanceada. Según (R. Park & T. Paulay, 1994, pág. 70-71).

✓ **Refuerzo por Contracción y Temperatura**

En las estructuras de extensión considerable, como las losas, están sometidas a esfuerzos altos generados por la contracción por fragua y los cambios de temperatura, los que tienden a ocasionar agrietamiento pronunciados. Para evitar este fenómeno se requiere de una cierta cantidad de refuerzo, denominado comúnmente refuerzo de temperatura. Según (Harmsen, 2005, pág. 228).

✓ **Comportamiento de la Losa Aligerada**

Una losa aligerada está formada por viguetas de 10 cm de ancho, espaciadas 40 cm entre ejes y tiene una losa superior de 5 cm. En el Perú los aligerados usuales son de espesores: 17 cm, 20 cm, 25 cm, y 30 cm (Abanto, 2012, pág. 242).

✓ **Refuerzo Mínimo y Máximo**

En momentos negativos el acero se distribuirá en las zonas de esfuerzo máximo y parte en zonas de ancho efectivo del ala. Se considerará el total de la losa superior

como efectiva y generalmente se recomienda que la armadura para momentos negativos se distribuya totalmente en la losa superior.

✓ **Espaciamiento Máximo de Varillas (por control de grietas)**

El espaciamiento máximo de varillas para momento negativo en la parte superior de la losa será limitado por (NTE, E.060-9.7; Abanto, 2012, pág. 251):

$$S = \frac{Av * 100 \text{ cm}}{As}$$

✓ **Carga**

Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos. Según (RNE, E.020, Cargas).

✓ **Carga muerta**

Consiste en el peso de los materiales, dispositivos de servicio equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. Según (RNE, E.020, Cargas).

✓ **Carga viva**

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación. Según (RNE, E.020, Cargas).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Las losas aligeradas en dos direcciones presentan mayores ventajas del tipo estructural y económico en edificaciones de 5 pisos - Distrito de Chilca, 2017.

##### **3.1.2 Hipótesis Especificas**

- a) El proceso de análisis y diseño de estructural de losas aligeradas bidireccionales son similares a las losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.
- b) Las losas aligeradas bidireccionales presentan un mejor comportamiento con respecto a las losas macizas frente a las cargas sísmicas, en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.
- c) Se establece que las losas aligeradas bidireccionales son menos costosas por m<sup>2</sup> frente a las losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.

### 3.2 Diagrama de variables

**Variable independiente:** Análisis y diseño estructural, es el conjunto de variables técnicos y normativos basados en las dimensiones y secciones del elemento estructural como longitud, sección; y los factores normativos mínimos que se establecen, según (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).

**Variable dependiente:** Comportamiento de las losas aligeradas bidireccionales y las losas macizas, las losas para vivienda deben considerar además de la resistencia a flexión y cortante, los requisitos de servicio y durabilidad, según (Ramírez, 2011).

### 3.3 Indicadores de las variables

#### Variable independiente

Modelamiento de los elementos estructurales y losas de entrepiso.

Simetría en los elementos estructurales y losas de entrepiso.

#### Variables dependiente

Utilización de la edificación

Análisis sísmico estático y dinámico

Análisis de costos unitarios y rendimientos.

### 3.4 Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Análisis y diseño estructural	a. Variables normativas del RNE y ACI. b. Configuración Horizontal y Vertical de los elementos estructurales. c. Elementos con una configuración de sección y longitud variables en las losas de entre piso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelamiento de los elementos estructurales y losas de entrepiso.</li> <li>• Simetría en los elementos estructurales y losas de entrepiso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> <li>• E-020: Cargas.</li> <li>• E.030: Diseño Sismo resistente.</li> </ul>

<p>Comportamiento de las Losas Aligeradas Bidireccionales y las Losas Macizas.</p>	<p>a. Factores técnicos y normativas del RNE y ACI.</p> <p>b. Comportamiento Estructural de las losas frente a un evento sísmico.</p> <p>c. Costos económicos de las losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de la edificación.</li> <li>• Análisis sísmico estático y dinámico.</li> <li>• Análisis de costos unitarios y rendimientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-060: Concreto Armado.</li> <li>• A-010: Condiciones Generales de Diseño.</li> <li>• Costos de insumos.</li> </ul>
--	---	---	--

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Método de la investigación**

En método de investigación que se usó fue el método científico como la cadena de pasos sistematizados; así mismo se utiliza el método inductivo por registrar el hecho en la realidad, además de la observación cuya finalidad fue registrar el conjunto de parámetros técnicos y normativos de las variables de investigación. Según Carrasco (2015).

#### **4.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, por lo siguiente: busca el conocer; para hacer, para actuar, para construir, para modificar. Según Sierra bravo (1995).

#### **4.3 Nivel de la investigación**

El nivel de investigación empleado fue **descriptivo – comparativo - explicativo**: el nivel descriptivo busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de la Construcción y el nivel comparativo busca establecer sus semejanzas y diferencias en forma comparativa. Según Hernández, Fernández (2010) y Carrasco (2005).

#### 4.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación, fue el no experimental transversal descriptivo - comparativo: son aquellos que tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. según Carrasco (2015).

##### Esquema del diseño de investigación

Ge x 01

Gc - 02

##### Donde:

Ge = grupo experimental

Gc = grupo de control

X = Estimulo

- = No se aplica el estimulo

01 – 02 = Pos prueba

#### 4.5 Población y muestra

##### 4.5.1 Población

La población de estudio estuvo constituida por 5 edificios de 5 pisos en el Distrito de Chilca. Los edificios tienen características comunes, en su mayoría son edificaciones de 5 niveles con un sistema estructural aporticado o confinado y losas tradicionales.

##### 4.5.2 Muestra.

La Muestra es no probabilística, el tipo de muestreo fue por conveniencia, Edificio en estudio, es un edificio que se usara como Vivienda - Comercio - Edificio Castilla.

#### **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas de recopilación de datos fueron fuentes documentales, registros y los instrumentos fueron las guías de procedimientos y las normas técnicas.

#### **4.7 Técnicas y análisis de datos**

Las pruebas estadísticas que se utilizaron en su aplicación:

Según Sampieri (2014, p. 318), para estudios descriptivos y comparativos se utilizará la estadística descriptiva, presentándose las tablas y los gráficos respectivamente, utilizando el uso del software Excel, Etabs y SAFE.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1 Procedimiento Metodológico

La investigación se desarrolló de la siguiente manera, siguiendo los procedimientos de análisis y diseño de edificaciones con la finalidad de alcanzar los resultados.

#### 5.2 Descripción del proyecto

##### 5.2.1 Ubicación

La edificación objeto de este estudio se ubica en la Región Junín, Provincia de Huancayo, Distrito de Chilca.



**Figura 30: Región Junín, Mapa político del Perú**  
**Fuente: Elaboración propia**

La ubicación del terreno donde se pretende ejecutar la construcción del edificio de 5 niveles de uso Vivienda – Comercio, específicamente tomara el nombre de Edificio “Castilla”.

La edificación contara como ingreso principal en el Jr. Castilla, y limita con las siguientes calles:

- ✓ Por el norte con el Jr. Castilla.
- ✓ Por el sur con la Av. 9 de diciembre.
- ✓ Por el Este con el Jr. Humboldt
- ✓ Por el oeste con la calle Gral. Córdova



**Figura 31: Localización del terreno**  
**Fuente: Elaboración propia**

## 5.2.2 Arquitectura del Proyecto

El proyecto en estudio consta de una edificación de 718.24m<sup>2</sup> de área techada, consta de 5 niveles, el primer nivel está destinado a sala de usos múltiples, segundo y tercer nivel están destinados a uso de Gimnasios, el cuarto y quinto nivel a departamentos (cuatro departamentos por piso).

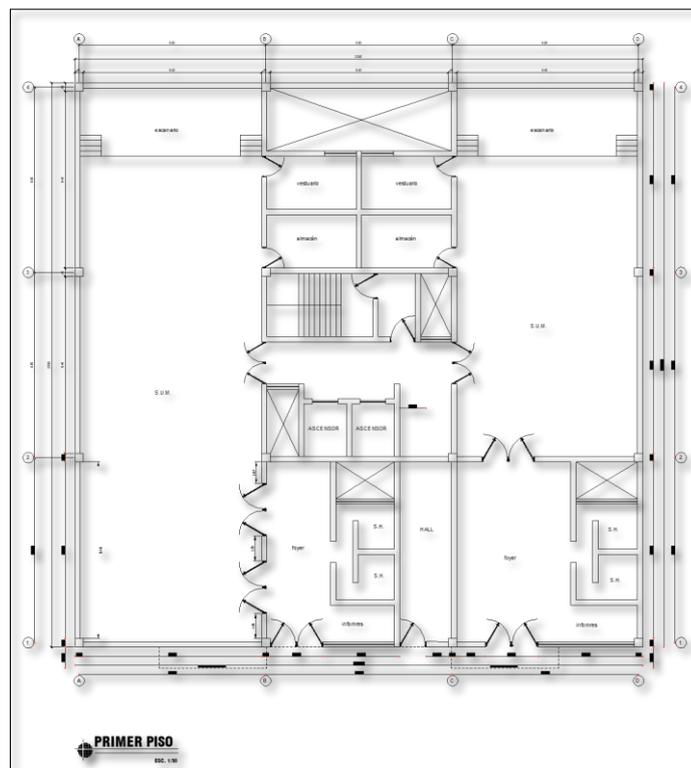
Sus dimensiones son aproximadamente de:

Ancho (X-X) de 26.80 m

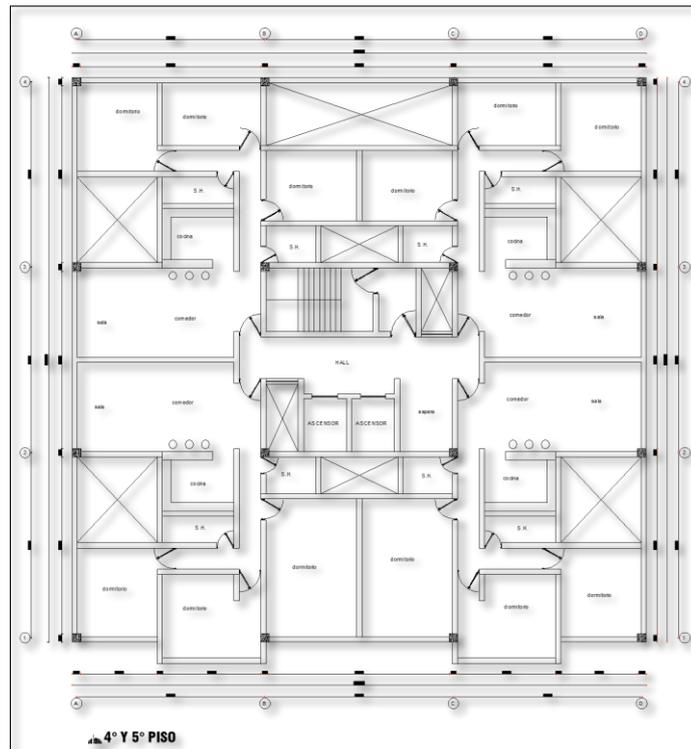
Largo (Y-Y) de 26.80 m

La altura de entrepiso de los dos primeros niveles es de 3.80m con lo que se obtiene una altura de piso terminado a fondo de viga de 3.00m para auditorio y gimnasio, y la altura del tercer, cuarto y quinto nivel es de 3.10m, con lo que se obtiene una altura de piso terminado a fondo de viga de 2.30m para departamentos.

La edificación fue diseñada respetando el reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) y los parámetros urbanísticos del lote.



**Figura 32: Arquitectura típica de los niveles 1 y 2**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 33: Arquitectura típica de los niveles 3, 4 y 5**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.2.3 Estructuración

En esta edificación la estructuración tiene como objetivo satisfacer las solicitaciones de cargas de gravedad y sísmicas. Donde los elementos verticales deben transmitir las cargas de gravedad adecuadamente a la cimentación; además de resistir las cargas sísmicas laterales con el objetivo de tener un buen comportamiento en la vida de los elementos estructurales de la edificación. Las losas están dispuestas de acuerdo a la luz libre de cada paño.

Para iniciar con la estructuración es necesario contar con los planos de arquitectura definitiva, donde se plantea la distribución de elementos estructurales respetando la distribución de ambientes.

### **5.2.3.1 Criterios de estructuración:**

#### **A. Simetría y Simplicidad.**

La simetría en planta de la losa debe ser en las dos direcciones para evitar fallas debido a efectos torsionales y la estructura al ser simple es más sencillo predecir su comportamiento ante sollicitaciones sísmicas.

#### **B. Resistencia y ductilidad**

En el caso de los materiales que componen los elementos de la estructura deben ser resistentes para poder garantizar la estabilidad, y además se debe considerar los criterios de ductilidad al momento de distribuir y diseñar los elementos. Estos deben tener mayor resistencia por corte que por flexión para así evitar fallas frágiles que llevan al colapso de la estructura.

#### **C. Hiperestaticidad**

Al ser una estructura hiperestática se logra mayor capacidad de resistencia, grado de seguridad y la mejor forma de disipar la energía sísmica.

#### **D. Continuidad**

La estructura en este tipo de edificación es clasificada como común, debe ser continua en planta y elevación, para evitar irregularidades.

#### **E. Rigidez lateral**

Se debe construir elementos verticales que resistan fuerzas horizontales en las dos direcciones principales (X-X / Y-Y), esto con el

objetivo que la estructura desarrolle desplazamientos menores a los máximos permitidos de acuerdo a la norma E.030 – 2016.

### **F. Diafragma Rígido**

Cada piso de la estructura de la edificación se idealizo como un diafragma rígido mediante una losa rígida en su plano que garantice desplazamientos uniformes y se puedan distribuir las cargas de gravedad a los elementos estructurales.

#### **5.2.3.2 Descripción de la estructura**

Se tiene una arquitectura de planta cuadrada que plantea la distribución por niveles de sala de usos múltiples, gimnasios y departamentos, en esta arquitectura se definen las direcciones principales X-X' y Y-Y'.

El diseño de este tipo de losa se desarrollará teniendo en cuenta la geometría (la relación de las longitudes de lados de luces libres, para los paños correspondientes).

De nuestra geometría en planta tenemos las siguientes dimensiones para todos los paños de losa.

Lnx: Luz libre de cada paño en la dirección “X” igual a 8.40m.

Lny: Luz libre de cada paño en la dirección “Y” igual a 8.40m.

Se usará dos tipos de losas la cual es objeto de estudio de la presente investigación, que se sostendrán en vigas peraltadas en el contorno de la estructuración. A su vez estas vigas se apoyarán en columnas o muros estructurales y estos elementos transmitirán las cargas de gravedad a su respectiva cimentación.



#### **5.2.4 Diseño de losas por el método de coeficientes para losas apoyadas en vigas o muros**

El reglamento nacional de edificaciones en su norma técnica E.060, en su artículo 13.7 permite la utilización del método de los coeficientes para la determinación de los momentos flectores y cortantes de diseño para este tipo de losas en dos direcciones.

Debiéndose cumplir con dos limitaciones que plantea la normativa las cuales son:

- Cada paño de losa debe de estar apoyada en todo su perímetro sobre vigas peraltadas o muros, siendo el peralte mínimo de la viga  $1/15$  de la luz libre o 1.5 veces el espesor de la losa el que sea mayor.
- Todas las cargas deben de ser de gravedad y estar uniformemente distribuidas en todo el paño, la carga viva no debe de exceder en dos veces la carga muerta, estando ambas cargas en servicio.

##### **A. Definiciones**

- Se denomina franja central de aquella de ancho igual al de la mitad del paño o tablero, simétrica respecto a la línea central del paño y que se extiende en la dirección en donde se considera a los momentos.
- Se denomina franjas de columnas a aquellas de ancho igual a la mitad del paño del tablero o tablero que ocupa las dos áreas fuera de la franja central.
- Se asumirá que los momentos en las franjas de columna varían gradualmente desde el valor total en el borde de la franja central hasta un tercio de este valor en el borde del paño.

- Cuando el momento negativo a un lado del apoyo sea menor que el 80% del momento en el otro lado la diferencia será distribuida en función de las rigideces relativas de las losas.
- En bordes discontinuos se considerará un momento negativo igual a un tercio del momento positivo.

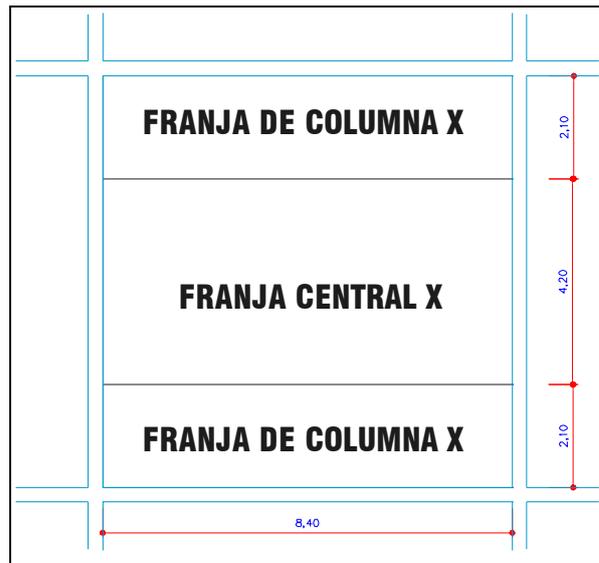


Figura 35: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde  
Fuente: elaboración propia

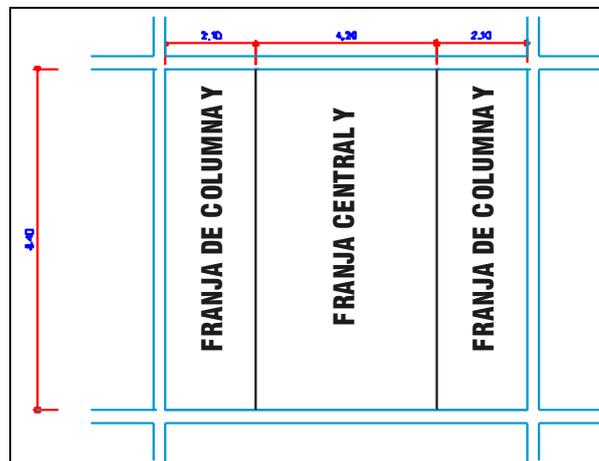
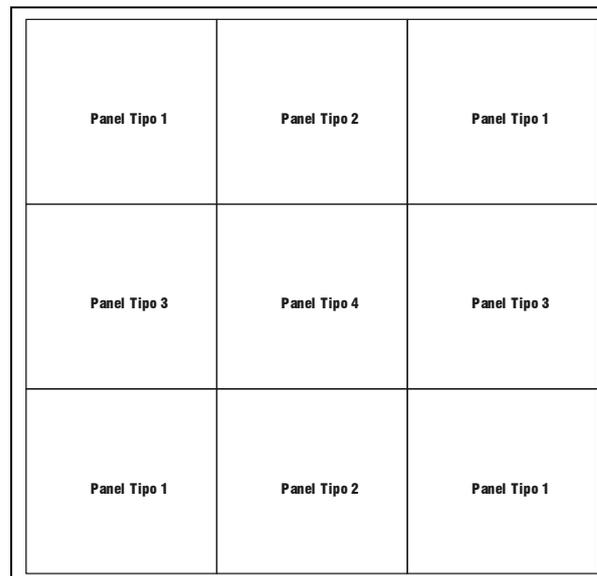


Figura 36: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde  
Fuente: elaboración propia

## B. Condiciones de los apoyos

Identificar las condiciones de los apoyos son un requisito que cumplir antes de determinar los coeficientes por momentos flectores en los paños de losas

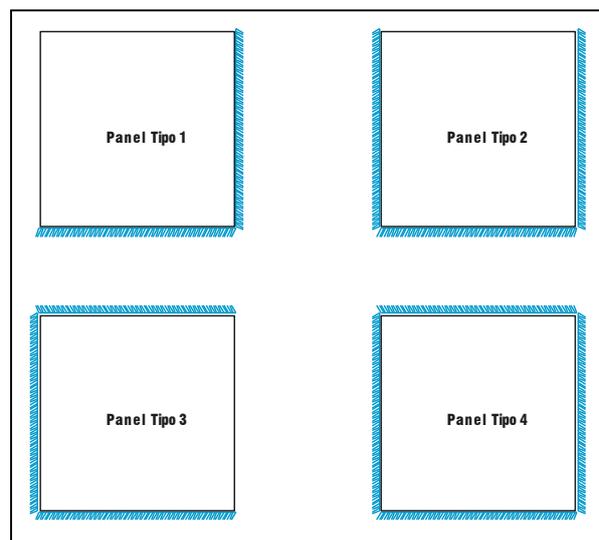
según estas condiciones de apoyo tenemos cuatro tipos de losas, para nuestros entresijos. A continuación, se muestra una imagen esquemática de las mismas.



**Figura 37: Esquema del tipo de paños, según condición de apoyo o borde**  
Fuente: elaboración propia

Según este gráfico tenemos las siguientes condiciones de apoyo para los distintos paneles

Las secciones achuradas significan que existe restricción al giro por continuidad de los apoyos y la parte sin achurara significa que esta simplemente apoyada (apoyo discontinuo) o que la resistencia al giro es tan pequeña que puede ser despreciada.



**Figura 38: Condiciones de apoyo para los paneles**  
Fuente: Elaboración propia

Las tablas proporcionadas por el reglamento nacional de edificaciones (RNE) en su normativa E.060, se muestran en los anexos.

Según estas tablas debemos de identificar nuestros paneles de losas, con sus distintas condiciones de apoyo según las tablas de nuestro reglamento antes mostradas, es así como tenemos:

- Panel 1: Caso 4
- Panel 2: Caso 8
- Panel 3: Caso 9
- Panel 4: Caso 2

### 5.2.5 Predimensionamiento de elementos estructurales

#### a. Vigas

El predimensionamiento de las vigas se hace con el fin de evitar deflexiones excesivas en la estructura. Se usó la relación de  $L/12$  para vigas de gravedad y  $L/14$  para vigas sísmicas o que formen pórticos, donde “L” es la luz libre entre apoyos de cada viga. Para el ancho de viga se recomienda dimensionarlo entre 0.3 a 0.5 veces la altura de la viga, y según la norma E.060 se recomienda usar un ancho mínimo de 25cm para vigas que reciban solicitaciones sísmicas. La viga de mayor luz se encuentra en las vigas V-101 a la viga V-108, con un valor de 8.20m, entonces el peralte mínimo será  $L/12=0.68\text{m}$ . Para tener un peralte constante se eligió un valor de **0.75m** en las vigas exteriores.

En la norma E.060, concreto armado del RNE, indica que no es necesario realizar verificación de deflexiones si el peralte de las vigas es mayor a  $L/16$ . Para la viga mencionada se tiene  $L/16, 8.20\text{m}/16=0.51\text{m}$ , como

se cuenta con un peralte de 0.75m, se cumple con ese criterio y no es necesario verificar deflexiones en las vigas.

El espesor de estas vigas como mínimo será de 0.30 cumpliendo los límites establecidos de 0.3 a 0.5 veces la altura de los elementos y siendo superior al mínimo de 0.25m.

## b. Columnas

Las columnas se predimensionan solo a carga axial, porque el edificio posee muros de corte que absorberán las fuerzas laterales en ambas direcciones de análisis.

El ancho mínimo de las columnas debe ser 0.25m y el cociente entre la dimensión mayor y menor de la sección transversal no debe ser menor a 0.40.

El área mínima requerida por columna será:

$$Area_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0.45f'c}$$

Donde:

$P_{servicio}$  = Carga unitaria asumida x #pisos x Área tributaria

La carga asumida será de 1.2Ton/m<sup>2</sup> que es aproximadamente el total de 1.4 veces la carga muerta más 1.7 veces la carga viva.

**Tabla N° 10: Predimensionamiento de columnas**

Columna	Área tributaria (m <sup>2</sup> )	# de Pisos	Carga unitaria (ton/m <sup>2</sup> )	Pserv (ton)	Área requerida	Sección elegida	Sección
					(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	Colocada
C-01	40.16	5	1.2	240.96	2549.84	3300	60x70 Sección T
C-02	36.13	5	1.2	216.78	2293.97	2500	40x40 Sección

Fuente: Elaboración propia

## c. Muros de corte

Para definir las longitudes y anchos definidos de los muros de corte se realizó un proceso iterativo que consistía en generar un modelo tridimensional

en el que todos los elementos estructurales se van distribuir en el programa ETABs. Finalmente, se selecciona la estructuración que cumplía con los requisitos mínimos de rigidez.

#### d. Losa maciza

Para los paneles con deformadas en las dos direcciones se emplean los criterios recomendados por el Ing. Antonio Blanco Blasco en su libro "Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado" y la tabla N° 8.

$$e1 = \frac{\text{Luz libre corta}}{36} \qquad e2 = \frac{\text{perimetro de paño}}{180}$$

$$\text{Ln. Corta} = 8.4m$$

$$\text{Perímetro} = 33.6m$$

$$e1 = 0.23m$$

$$e2 = 0.19m$$

$$\text{Usar: } e = 0.25m$$

Se decidió usar un espesor de 25cm pues las sobrecargas en los dos primeros pisos son mayores a 350Kg/m<sup>2</sup>, es así que con esta dimensión aseguraremos un correcto control de generación de flechas en la losa pues incrementamos su rigidez.

#### e. Losa aligerada en dos direcciones

Para el cálculo del espesor de las losas aligeradas armadas en dos direcciones se empleó, para un paño cuadrado de 8.40 m de lado.

$$e1 = \frac{\text{Luz libre corta}}{36} \qquad e2 = \frac{\text{perimetro de paño}}{180}$$

$$\text{Ln. Corta} = 8.4m$$

$$\text{Perímetro} = 33.6m$$

$$e1 = 0.23m$$

$$e2 = 0.19m$$

Se decidió tomar un espesor tentativo de 0.30 m, que será verificado por corte.

$$\text{Usar: } e = 0.30m$$

## f. Escaleras

Las escaleras son elementos estructurales que sirven para conectar distintos pisos de cualquier edificación, estas se analizan como losas armadas en una dirección.

La escalera se compone de pasos, contrapasos y el peralte de la losa la cual se denomina garganta.

El paso mínimo debe ser de 25cm y el contrapaso varía de 17 a 18cm. Además, se debe cumplir la ecuación:

$$2CP + P = 60 \text{ a } 64 \text{ cm}$$

**Donde:**

*CP*: Contrapaso

*P*: Paso

La edificación se tiene una altura de piso a piso de 3.80m en el primer, segundo y tercer nivel, y el resto una altura de 3.00m. Según el plano de arquitectura hay 21 escalones en el primer, segundo y tercer piso y 19 escalones el resto de pisos, los pasos son de 25 cm.

Las alturas de los contrapasos son:

$$1er \text{ y } 2do \text{ piso } \frac{3.8}{21} = 0.18 \text{ m}$$

$$3er, 4to \text{ y } 5to \text{ pisos } \frac{3.2}{19} = 0.17 \text{ m}$$

Se verifica la ecuación en ambos casos:

$$Primer \text{ piso: } 2(18) + 25 = 61$$

$$Pisos superiores: 2(17) + 25 = 59$$

Para el espesor de la garganta se consideró una luz libre de 3.50m, dado que se asumió que los descansos sirven como apoyo a la escalera.

$$garganta (h) = \frac{luz \text{ libre}}{25} = \frac{3.25}{25} = 0.14m$$

Debido al uso de gimnasio que generará un incremento en el número de personas que usen la escalera, se decidió trabajar con un espesor de garganta de 0.17m.

### 5.2.6 Análisis y metrado de cargas de gravedad

En la edificación existen elementos que trabajan bajo cargas de gravedad, como las losas aligeradas, macizas y vigas chatas, las cuales transmiten cargas a las vigas, estas a las columnas y muros y finalmente a la cimentación.

Se tomaron los parámetros de cargas de la Norma Técnica de Edificaciones E.020 de cargas.

En el artículo 2 de esta norma se define el concepto de cargas de gravedad y que tiene dos tipos. La carga muerta que consiste en el peso de todos los materiales y elementos que componen la edificación, en la que se incluye el peso propio; y la carga viva que representa el peso de los ocupantes, muebles, equipos y elementos móviles que pertenecen a la edificación.

Los valores mostrados a continuación fueron obtenidos de la norma de cargas E.020:

#### Carga muerta

- ✓ Concreto armado: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Piso terminado (acabados): 100kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Albañilería solida: 1800 kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Albañilería hueca: 1350 kg/m<sup>3</sup>

#### Carga viva

- ✓ Vivienda (corredores y escaleras): 200 kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Azotea: 150 kg/m<sup>2</sup>

Lugares de asamblea

- ✓ Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines 400 kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Corredores y escaleras: 500 kg/m<sup>2</sup>  
Oficinas
- ✓ Corredores y escaleras: 400 kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Salas de archivo y computación: 250 kg/m<sup>2</sup>

#### a. Losas macizas

Las losas macizas trabajan en dos direcciones y transfieren sus cargas presentes hacia los elementos que sirven de apoyo como placas o vigas.

Una vez identificados los paneles en nuestras tablas procedemos a medir las cargas para los diferentes entresijos.

Así tenemos que la estructura se diseñara tres losas con diferentes espesores de acuerdo a las cargas. Para el análisis se considera el metrado tomado por el programa, de acuerdo a su sección y material.

Pisos 1 y 2: se tiene una carga muerta de 875Kg/m<sup>2</sup> y una sobrecarga de 400Kg/m<sup>2</sup>.

<b>Carga Muerta</b>	<b>875</b>
• Peso propio de la losa	600
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	175
<b>Carga Viva</b>	<b>400</b>
• Gimnasio	400

Pisos 3 y 4: se tiene una carga muerta de 1050Kg/m<sup>2</sup> y una sobrecarga de 200Kg/m<sup>2</sup>.

<b>Carga Muerta</b>	<b>1050</b>
• Peso propio de la losa	600
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	350
<b>Carga Viva</b>	<b>200</b>
• Viviendas	200

Piso 5: se tiene una carga muerta de  $700\text{Kg/m}^2$  y una sobrecarga de  $150\text{Kg/m}^2$ .

<b>Carga Muerta</b>	<b>700</b>
• Peso propio de la losa	600
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	0
<b>Carga Viva</b>	<b>150</b>
• Azotea	150

#### **b. Losas aligeradas en dos direcciones**

Las losas aligeradas en dos direcciones al igual que las losas macizas trabajan en dos direcciones y transfieren sus cargas presentes hacia los elementos que sirven de apoyo como placas o vigas.

Para el análisis se considera el metrado tomado por el programa, de acuerdo a su sección y material, en este caso solo mencionamos el metrado de los ladrillos que ocupa por metro cuadrado.

Pisos 1 y 2: se tiene una carga muerta de  $695\text{Kg/m}^2$  y una sobrecarga de  $400\text{Kg/m}^2$ .

<b>Carga Muerta</b>	<b>695</b>
• Peso propio de la losa	420
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	175
<b>Carga Viva</b>	<b>400</b>
• Gimnasio	400

Pisos 3 y 4: se tiene una carga muerta de  $870\text{Kg/m}^2$  y una sobrecarga de  $200\text{Kg/m}^2$ .

<b>Carga Muerta</b>	<b>870</b>
• Peso propio de la losa	420
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	350
<b>Carga Viva</b>	<b>200</b>
• Viviendas	200

Piso 5: se tiene una carga muerta de  $520\text{Kg/m}^2$  y una sobrecarga de  $150\text{Kg/m}^2$ .

<b>Carga Muerta</b>	<b>520</b>
• Peso propio de la losa	420
• Piso terminado	100
• Peso tabiquería	0
<b>Carga Viva</b>	<b>150</b>
• Azotea	150

### 5.2.7 Cálculo de los momentos flectores en los paneles de losa

#### a. Losas macizas en dos direcciones

Para el cálculo de los momentos flectores nuestra normativa nos indica tres combinaciones de carga que son:

$$W_u = 1.4CM + 1.7 CV \quad W_{ud} = 1.4CM \quad W_{ul} = 1.7 CV$$

- Carga última de diseño Primer y segundo piso.

$$W_u = \quad \quad \quad \mathbf{1905} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ud} = \quad \quad \quad \mathbf{1225} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ul} = \quad \quad \quad \mathbf{680} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

- Carga última de diseño tercer y cuarto piso

$$W_u = \quad \quad \quad \mathbf{1810} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ud} = \quad \quad \quad \mathbf{1470} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

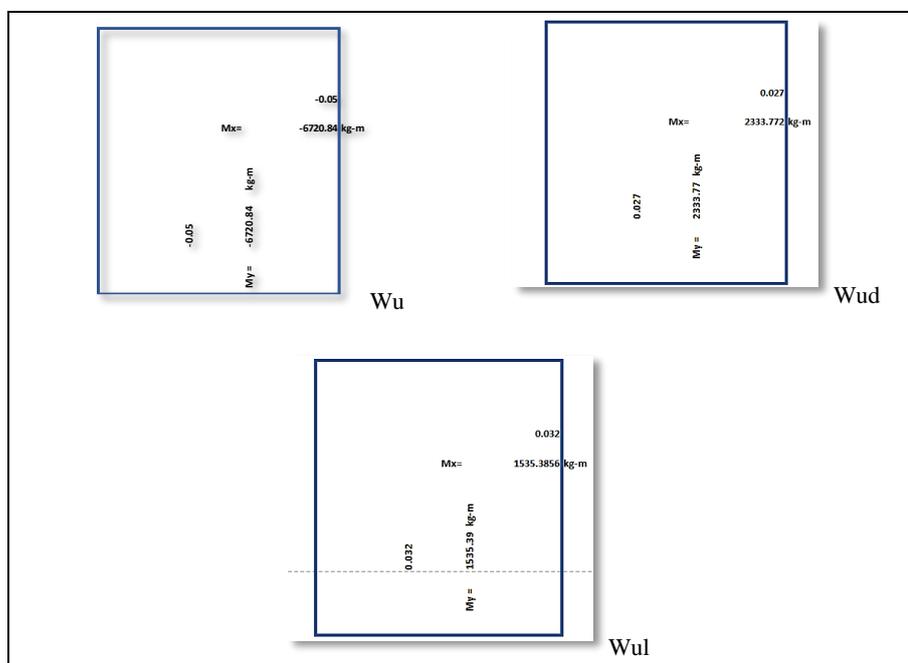
$$W_{ul} = \quad \quad \quad \mathbf{340} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

- Carga ultima de diseño azotea

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1235 \text{ Kg/m}^2 \\
 W_{ud} &= 980 \text{ Kg/m}^2 \\
 W_{ul} &= 255 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Se obtiene los siguientes resultados de momentos negativos y positivos en ambos sentidos, de acuerdo al método de coeficientes, en las tablas del anexo 5, para las diferentes combinaciones de cargas  $W_u$ ,  $W_{ud}$  y  $W_{ul}$ , según cada tipo de panel o condición de apoyo.

➤ **Panel tipo 1, 1er y 2do piso**



**Figura 39: Esquema de momentos en losa maciza, panel tipo 1, 1er y 2do piso**  
**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 11: Resultados franjas centrales - Panel tipo 1, 1er y 2do piso**

Φ = 1/2 pulg					
M(-) Kg-m		w	ρ	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>xj</sub> =	-6720.84	0.077	0.004
M <sub>yi</sub> =	-6720.84	0.077	0.004	8.465	0.15
Φ = 3/8 pulg					
M(+) Kg-m		w	ρ	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>x</sub> =	3869.1576	0.043	0.002
M <sub>y</sub> =	3869.1576	0.043	0.002	4.775	0.15

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 12: Resultados franjas de columna - Panel tipo 1, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>xj</sub> =	2.822	0.32
M <sub>yi</sub> =	2.822	0.32
$\Phi = 3/8$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>x</sub> =	1.592	0.18
M <sub>y</sub> =	1.592	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 13: Resultados franjas centrales - Panel tipo 2, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>xj</sub> =	-8199.425	0.095	0.005	10.443	0.12
M <sub>yi</sub> =	-4435.754	0.050	0.002	5.496	0.23
$\Phi = 3/8$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>x</sub> =	3427.452	0.038	0.002	4.217	0.17
M <sub>y</sub> =	3072.1824	0.034	0.002	3.770	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 14: Resultados franjas de columna - Panel tipo 2, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>xj</sub> =	3.481	0.32
M <sub>yi</sub> =	1.832	0.32
$\Phi = 3/8$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>x</sub> =	1.406	0.18
M <sub>y</sub> =	1.257	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 15: Resultados franjas centrales - Panel tipo 3, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>xj</sub> =	-4435.754	0.050	0.002
M <sub>yi</sub> =	-8199.425	0.095	0.005	10.443	0.12
$\Phi = 3/8$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>x</sub> =	3072.1824	0.034	0.002
M <sub>y</sub> =	3427.452	0.038	0.002	4.217	0.17

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 16: Resultados franjas de columna - Panel tipo 3, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
	M <sub>xj</sub> =	1.832
M <sub>yi</sub> =	3.481	0.32
$\Phi = 3/8$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
	M <sub>x</sub> =	1.257
M <sub>y</sub> =	1.406	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 17: Resultados franjas centrales - Panel tipo 4, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>xj</sub> =	-6048.756	0.069	0.003
M <sub>yi</sub> =	-6048.756	0.069	0.003	7.581	0.17
$\Phi = 3/8$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
		M <sub>x</sub> =	2851.3296	0.032	0.002
M <sub>y</sub> =	2851.3296	0.032	0.002	3.494	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 18: Resultados franjas de columna - Panel tipo 4, 1er y 2do piso**

$\Phi = 1/2$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>xj</sub> =	2.527	0.32
M <sub>yi</sub> =	2.527	0.32
$\Phi = 3/8$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	s (m)
M <sub>x</sub> =	1.165	0.18
M <sub>y</sub> =	1.165	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Verificación por corte**

Para el chequeo por corte se utilizarán los valores de las tablas coeficientes en el anexo 5 (determinación de cortante), teniendo al cortante generado por la máxima carga en dicho panel.

**Tabla N° 19: Verificación por corte - Panel tipo 1**

Ca =	0.5			
Cb =	0.5			
V <sub>c</sub> =	16896.94529	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
1.1* $\phi$ *V <sub>c</sub>	15798.64384	Kg		
V <sub>d</sub> =	4000.5	Kg		
V <sub>ud</sub> =	3581.4	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 20: Verificación por corte - Panel tipo 2**

Ca =	0.33			
Cb =	0.67			
V <sub>c</sub> =	16896.94529	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
1.1* $\phi$ *V <sub>c</sub>	15798.64384	Kg		
V <sub>d</sub> =	5360.67	Kg		
V <sub>ud</sub> =	4941.57	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 21: Verificación por corte - Panel tipo 3**

Ca =	0.67			
Cb =	0.33			
Vc =	16896.94529	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	15798.64384	Kg		
Vd =	5360.67	Kg		
Vud =	4941.57	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 22: Verificación por corte - Panel tipo 4**

Ca =	0.5			
Cb =	0.5			
Vc =	16896.94529	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	15798.64384	Kg		
Vd =	4000.5	Kg		
Vud =	3581.4	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**b. Losas aligeradas en dos direcciones**

La losa aligerada tendrá la misma secuencia de diseño y las mismas tablas de coeficientes que fueron usadas en el cálculo de la losa maciza, la diferencia más importante radica en que el cálculo del momento flector será multiplicado por 0.40 que es el ancho del tributario de la vigueta.

Las condiciones de apoyo serán las mismas que para las losas macizas.

$$W_u = 1.4CM + 1.7 CV \quad W_{ud} = 1.4CM \quad W_{ul} = 1.7 CV$$

- Carga ultima de diseño Primer y segundo piso.

$$W_u = \quad \quad \quad \mathbf{1653} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ud} = \quad \quad \quad \mathbf{973} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ul} = \quad \quad \quad \mathbf{680} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

- Carga ultima de diseño tercer y cuarto piso

$$W_u = \quad \quad \quad \mathbf{1558} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ud} = \quad \quad \quad \mathbf{1218} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

$$W_{ul} = \quad \quad \quad \mathbf{340} \quad \quad \text{Kg/m}^2$$

- Carga ultima de diseño azotea

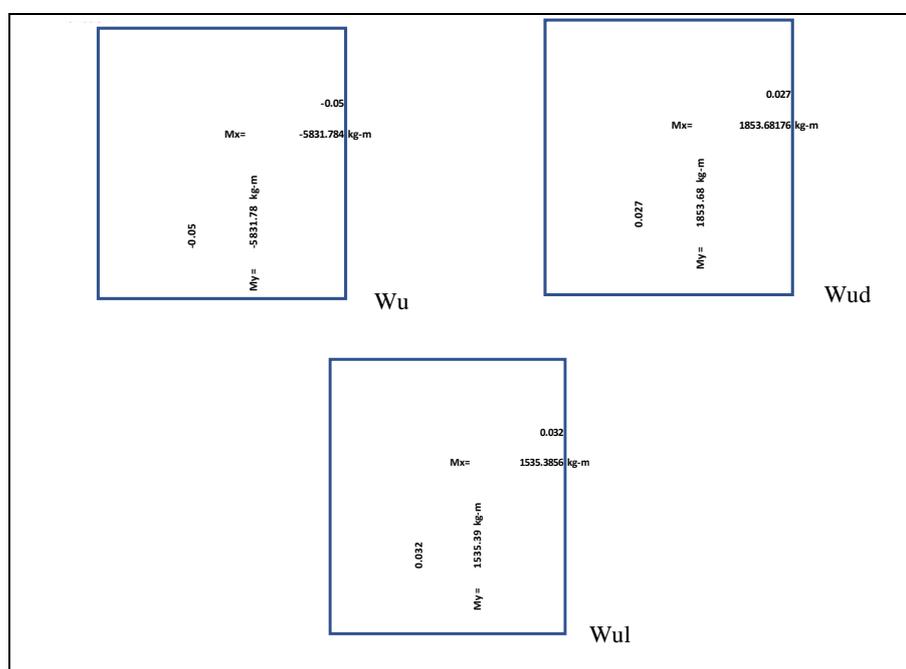
$$W_u = 983 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{ud} = 728 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{ul} = 255 \text{ Kg/m}^2$$

Se obtiene los siguientes resultados de momentos negativos y positivos en ambos sentidos, para las diferentes combinaciones de cargas  $W_u$ ,  $W_{ud}$  y  $W_{ul}$ , según cada tipo de panel y diferentes niveles.

➤ **Panel tipo 1, 1er y 2do piso**



**Figura 40: Esquema de momentos en losa aligerada en dos direcciones panel tipo 1, 1er y 2do piso**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 23: Resultados franjas centrales - Panel tipo 1, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
		Mxj =	-2332.7136	0.191	0.010
Myi =	-2332.7136	0.191	0.010	2.574	1.30
$\Phi = 1/2$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
		Mx =	1355.626944	0.025	0.001
My =	1355.626944	0.025	0.001	1.348	1.06

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 24: Resultados franjas de columna - Panel tipo 1, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	M <sub>xj</sub> =	0.858
M <sub>yi</sub> =	0.858	0.43
$\Phi = 1/2$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	M <sub>x</sub> =	0.449
M <sub>y</sub> =	0.449	0.92

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 25: Resultados franjas centrales - Panel tipo 2, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
		M <sub>xj</sub> =	-2845.910592	0.241	0.012
M <sub>yi</sub> =	-1539.590976	0.120	0.006	1.623	0.82
$\Phi = 1/2$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
		M <sub>x</sub> =	1207.394496	0.022	0.001
M <sub>y</sub> =	1086.624	0.020	0.001	1.077	0.85

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 26: Resultados franjas de columna - Panel tipo 2, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	M <sub>xj</sub> =	1.083
M <sub>yi</sub> =	0.541	0.33
$\Phi = 1/2$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	M <sub>x</sub> =	0.400
M <sub>y</sub> =	0.359	0.92

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 27: Resultados franjas centrales - Panel tipo 3, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>xj</sub> =	-1539.590976	0.120	0.006	1.623	0.82
M <sub>yi</sub> =	-2845.910592	0.241	0.012	3.248	1.64
$\Phi = 1/2$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>x</sub> =	1086.624	0.020	0.001	1.077	0.85
M <sub>y</sub> =	1207.394496	0.022	0.001	1.199	0.95

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 28: Resultados franjas de columna - Panel tipo 3, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>xj</sub> =	0.541	0.33
M <sub>yi</sub> =	1.083	0.55
$\Phi = 1/2$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>x</sub> =	0.359	0.92
M <sub>y</sub> =	0.400	0.92

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 29: Resultados franjas centrales - Panel tipo 4, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg					
M(-) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>xj</sub> =	-2099.44224	0.120	0.006	1.623	0.169
M <sub>yi</sub> =	-2099.44224	0.241	0.012	3.248	0.169
$\Phi = 1/2$ pulg					
M(+) Kg-m		w	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
M <sub>x</sub> =	1012.507776	0.019	0.001	1.003	1.41
M <sub>y</sub> =	1012.507776	0.019	0.001	1.003	1.41

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 30: Resultados franjas de columna - Panel tipo 4, 1er y 2do piso**

$\Phi = 5/8$ pulg		
M(-)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	Mxj =	0.761
Myi =	0.761	0.38
$\Phi = 1/2$ pulg		
M(+)	As (cm <sup>2</sup> )	N° Varillas
	Mx =	0.334
My =	0.334	0.92

Fuente: Elaboración propia

**Verificación por corte**

Para el chequeo por corte se utilizarán los valores de las tablas de coeficientes en el anexo 5 (determinación de cortante), teniendo al cortante generado por la máxima carga en dicho panel.

**Tabla N° 31: Verificación por corte - Panel tipo 1**

Ca =	0.5			
Cb =	0.5			
Vc =	2073.716012	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	1938.924472	Kg		
Vd =	1388.52	Kg		
Vud =	942.21	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 32: Verificación por corte - Panel tipo 2**

Ca =	0.33			
Cb =	0.67			
Vc =	2073.716012	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	1938.924472	Kg		
Vd =	1860.6168	Kg		
Vud =	1414.3068	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 33: Verificación por corte - Panel tipo 3**

Ca =	0.67			
Cb =	0.33			
Vc =	2073.716012	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	1938.924472	Kg		
Vd =	1860.6168	Kg		
Vud =	1414.3068	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 34: Verificación por corte - Panel tipo 4**

Ca =	0.5			
Cb =	0.5			
Vc =	2073.716012	Kg		
$V_{ud} \leq 1.10 \cdot \phi \cdot V_c$				
$1.1 \cdot \phi \cdot V_c$	1938.924472	Kg		
Vd =	1388.52	Kg		
Vud =	942.21	Kg	<b>ok, cumple por corte</b>	

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.8 Análisis de deflexiones por modelamiento de elementos finitos

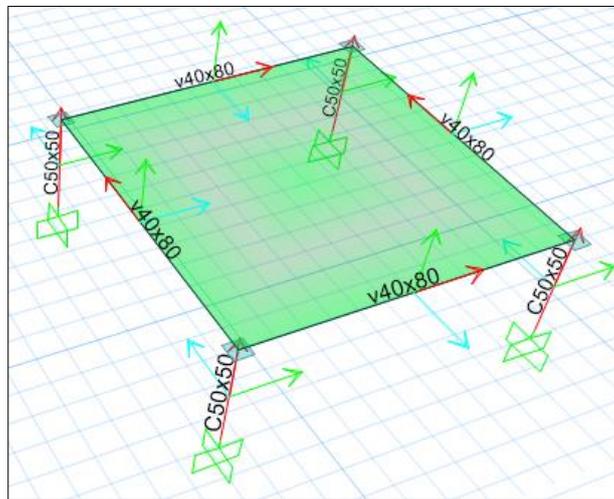
Los modelos de elementos finitos representan correctamente variaciones de esfuerzos y deformaciones en elementos analizados. En este apartado procedemos a aplicar el software SAFE2016 para realizar el modelamiento por elementos finitos y análisis de deformaciones de losas macizas de 25 cm de espesor y losas aligeradas en dos direcciones de 30 cm de espesor.

### 5.2.8.1 Modelo estructural

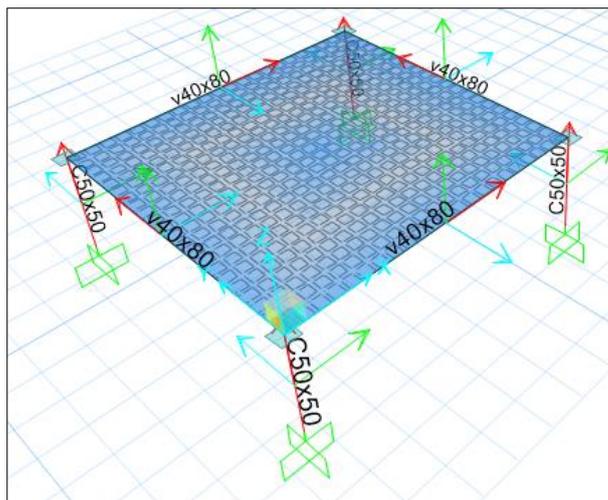
Para realizar el análisis de deflexiones de las losas se utilizó el programa SAFE2016, Las características del modelo son las siguientes:

- Se definió el material de concreto armado con las siguientes propiedades mecánicas:  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E=2.17 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  y módulo de Poisson=0.15.

- Se usó elementos tipo FRAME para modelar las vigas y columnas de acuerdo a las secciones definidas.
- La losa maciza se modeló como elemento tipo SHELL con espesor definido de 25cm, para considerar el aporte de rigidez a cargas horizontales.
- La losa aligerada en dos direcciones se modeló como elemento SHELL tipo WAFFLE considerando para considerar los nervios en ambas direcciones.
- Se definieron dos patrones de carga, la carga muerta (Dead) y viva (Live).
- Se asignaron las cargas de gravedad, el peso propio se tomará de acuerdo a las dimensiones y el material definido en el SAFE, 100kg/m<sup>2</sup> para acabados, 400kg/m<sup>2</sup> por uso de gimnasios.



**Figura 41: Modelo estructural de losa maciza – SAFE2016**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 42: Modelo estructural de losa aligerada en dos direcciones – SAFE2016**

**Fuente: Elaboración propia**

## **5.2.9 Análisis sísmico de la edificación de cinco pisos**

### **5.2.9.1 Generalidades**

En este Ítem se desarrollará el análisis sismorresistente de acuerdo a la norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 2016, que es la norma vigente desde enero del 2016.

En esta norma se establecen criterios de diseño sismorresistente que sirven para garantizar que las edificaciones tengan un comportamiento sísmico que cumpla el objetivo principal que es el de evitar la pérdida de vidas, así como asegurar la serviciabilidad de la edificación y minimizar los daños de estas.

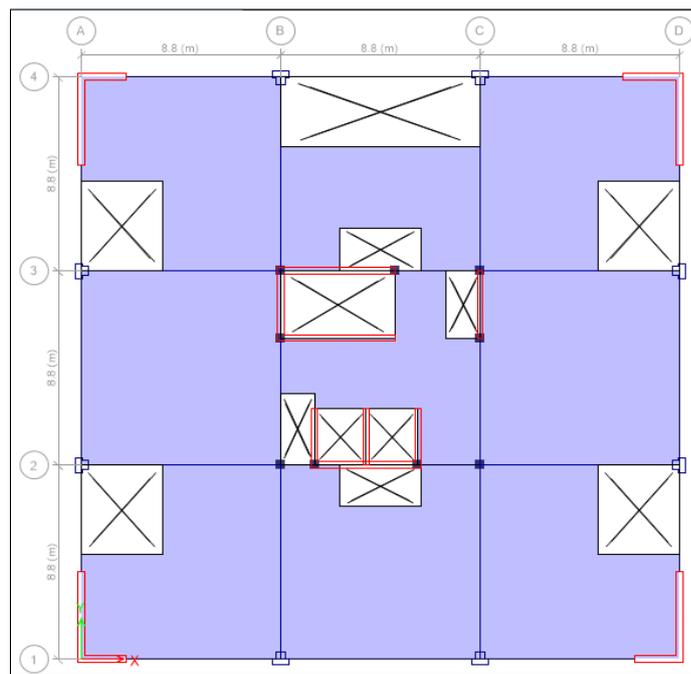
### **5.2.9.2 Modelo Estructural**

Para realizar el análisis sísmico de esta estructura se utilizó el programa ETABS 2016, Las características del modelo son las siguientes:

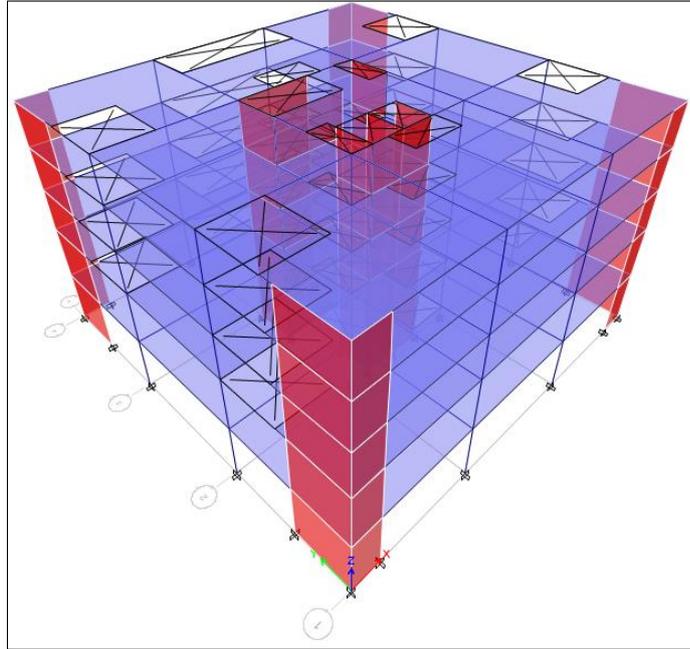
- ✓ Se definió el material de concreto armado con las siguientes propiedades mecánicas:  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E=2.17 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  y módulo de Poisson=0.15.

- ✓ Se usó elementos tipo FRAME para modelar las vigas y columnas de acuerdo a las secciones definidas.
- ✓ La losa maciza se modeló como elemento tipo SHELL con espesor definido, para considerar el aporte de rigidez a cargas horizontales.
- ✓ La losa aligerada en dos direcciones se modeló como elemento SHELL tipo WAFFLE, para considerar los nervios en ambas direcciones.
- ✓ Los muros estructurales se modelaron como elementos tipo SHELL, para tomar las cortantes.
- ✓ Se definieron dos patrones de carga, la carga muerta (Dead) y viva (Live).
- ✓ Se asignaron las cargas de gravedad definidas en el metrado de cargas.
- ✓ Se definieron los casos de carga sísmica en cada dirección y las combinaciones de diseño.
- ✓ Se definió la masa de la edificación en base a las cargas de gravedad, de acuerdo a la norma E030, para edificaciones tipo C tomar la carga muerta al 100% y la viva al 25%.
- ✓ Se definió y asignó cada piso como diafragma rígido, que permitirá una compatibilidad de deformaciones entre extremos. Cada diafragma tiene tres grados de libertad, dos que son en traslación en cada dirección y otra de rotación en el plano.
- ✓ Se definió el análisis modal con tres grados de libertad por piso, considerando la combinación modal CQC.

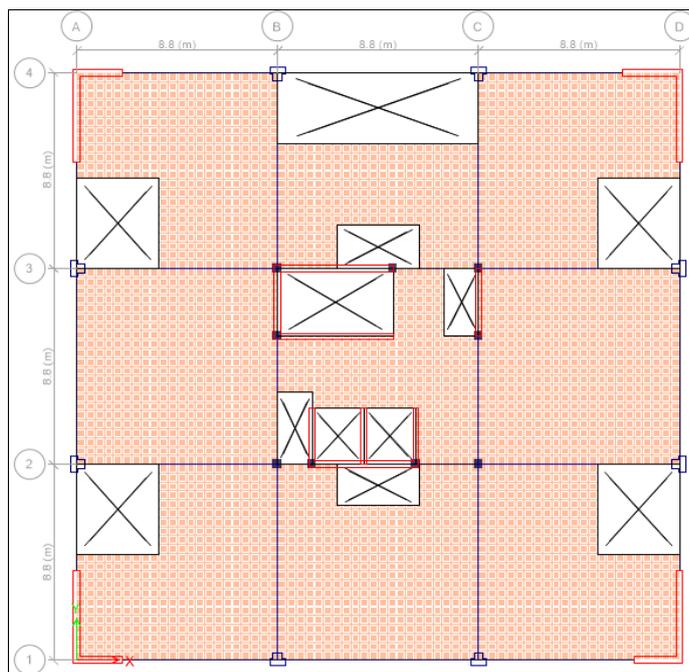
- ✓ Se definió de manera aparte el espectro de aceleraciones de acuerdo a los parámetros sísmicos de la norma E.030.
- ✓ Se definieron los casos sísmicos para cada dirección de análisis, considerando una excentricidad del 5%.
- ✓ Se compararon las derivas de entrepiso, las fuerzas cortantes en la base de los análisis estáticos dinámicos, luego se amplificaron las cargas dinámicas hasta llegar al valor mínimo solicitado por la norma.
- ✓ Finalmente, se definió las combinaciones de diseño para cada elemento mediante la envolvente de cargas.



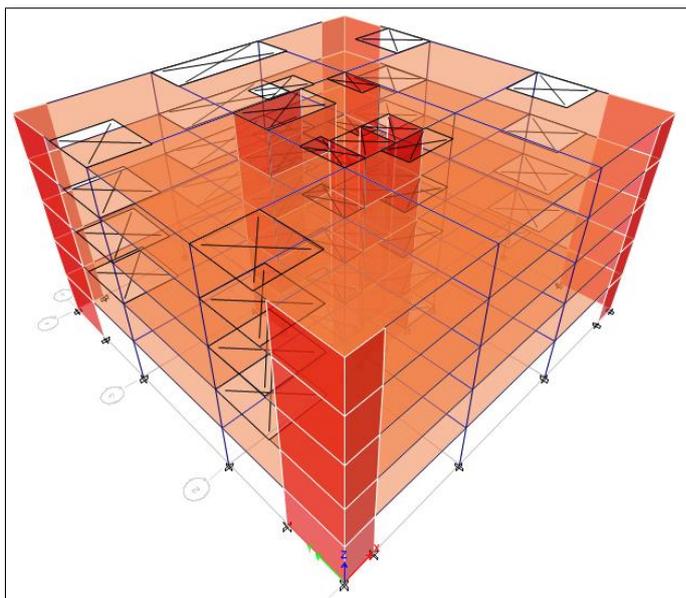
**Figura 43: Planta típica del modelo con losas macizas**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 44: Modelo en 3D con losas macizas**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 45: Planta típica del modelo con losas aligeradas en dos direcciones**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 46: Modelo en 3D con losas aligeradas en dos direcciones**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.2.9.3 Parámetros sísmicos

#### A. Parámetros de Sitio

##### A.1. Zonificación sísmica, Z

De acuerdo a la tabla N° 1, la zonificación proporcionada por el reglamento Nacional de Edificaciones, se tiene cuatro zonas sísmicas mostradas según la topografía, el terreno de nuestro proyecto se encuentra en la ciudad de Huancayo Distrito de Chilca, (zona 3), entonces el valor será  $Z=0.35$ .

##### A.2. Condiciones Geotécnicas, S, TP, TL

El tipo de suelo donde se realizará la construcción de este proyecto es intermedio, que se clasifica como S2. Por lo tanto, aplicamos las tablas N°3 y N°4.

El proyecto comprende el diseño en un tipo de suelo intermedio. Por lo tanto, en el perfil S2 en zona Z3, tendrá un factor de  $S=1.15$ ,  $TP=0.6$  s y  $TL=2.0$  s.

### A.3. Factor de amplificación sísmica, C

Este factor amplifica la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo, depende de las características de la estructura, el periodo fundamental y las condiciones geotécnicas, según el artículo 2.5 de la norma E.030 se puede calcular según las formulas de la tabla N° 5.

Se obtuvo el factor de amplificación sísmica de los modelos tridimensionales del análisis sísmico para una misma estructura con distintos tipos de losa, como se muestra a continuación:

**Tabla N° 35: Factor de amplificación sísmica por cada dirección**

Losa	TXX	TYY	CXX	CYY
Aligerada 2 direcciones	0.32	0.32	2.5	2.5
Maciza	0.33	0.33	2.5	2.5

Fuente: Elaboración propia

## B. Parámetros Estructurales

### B.1. Categoría de la edificación y factor de uso o importancia U

De acuerdo al artículo 3.1 del RNE. E.030, las estructuras se clasifican en cuatro categorías, de acuerdo al uso destinado y su importancia.

En este proyecto se tiene una edificación destinada a gimnasio y departamentos, por lo tanto, es clasificado en la categoría C Edificaciones comunes, con un factor de uso  $U = 1.0$ .

### B.2. Configuración estructural

En el artículo 3.6 del RNE E.060, mencionan dos tipos de irregularidades, las irregularidades en planta (IP) y las irregularidades en altura (IA), las cuales al detectarse solo una determina si la estructura es regular o irregular.

El proyecto se clasifica como una estructura regular, ya que no se presentan las irregularidades en planta y altura, esto se consiguió mediante la configuración de los elementos estructurales en planta y altura en la edificación, así evitar problemas de torsión y resistencias.

### **B.3. Coeficiente de Reducción Sísmica, R**

De acuerdo al artículo 3.4 del RNE E.030, nos menciona los sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas ( $R_0$ ), como se muestra en la tabla N° 6.

La norma también menciona en su artículo 3.2.1. lo siguiente: “Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

- ✓ Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.
- ✓ Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base”

Ahora bien, de acuerdo al artículo 3.8 del RNE E.030, es posible obtener el Coeficiente de reducción de fuerzas Sísmicas (R) con la siguiente ecuación:

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Concluimos que el factor de reducción de fuerzas sísmicas “R”, depende de la configuración estructural.

En las tablas siguientes se puede observar el porcentaje de cortante en la base que absorben los muros estructurales y las columnas para cada tipo de edificación, la cortante que absorbe los muros son superior al 70% de la cortante en la base, por lo tanto, tenemos el sistema estructural de Muros estructurales con un factor de  $R_o=6$ , al no tener irregularidades se tiene  $I_a=1$ ,  $I_p=1$ , por lo tanto:

$$R = 6 * 1 * 1 = 6$$

**Tabla N° 36: Fuerzas cortantes que toman los muros y columnas en la estructura con losas macizas**

<b>FUERZA CORTANTE EN LA BASE</b>				
<b>Estructura con losas macizas</b>				
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Cortante (ton)	%	Cortante (ton)	%
MUROS	513.22	94.87%	510.69	95.14%
COLUMNAS	27.78	5.13%	26.09	4.86%
TOTAL:	541.00	100.00%	536.78	100.00%

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

**Tabla N° 37: Fuerzas cortantes que toman los muros y columnas en la estructura con losa aligerada en dos direcciones**

<b>FUERZA CORTANTE EN LA BASE</b>				
<b>Estructura con losas aligerada en dos direcciones</b>				
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Cortante (ton)	%	Cortante (ton)	%
MUROS	461.68	94.97%	458.61	95.17%
COLUMNAS	24.44	5.03%	23.25	4.83%
TOTAL:	486.12	100.00%	481.86	100.00%

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

El sistema estructural de la edificación con losas macizas y con losas aligeradas en dos direcciones es Muros estructurales con  $R = 6$ .

#### 5.2.9.4 Peso de la edificación

El peso de la edificación para cargas sísmicas se considera de acuerdo al artículo 4.3 del RNE E.030, donde la edificación al ser de uso común se considera el 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva. El modelo computacional toma en cuenta esta consideración para hallar el peso total de la edificación, como se muestra a continuación.

**Tabla N° 38: Resumen de peso de la estructura con losas macizas**

<b>PESO DE LA ESTRUCTURA CON LOSAS MACIZAS</b>				
Nivel	Peso acumulada (ton)	Peso por piso (ton)	Altura acumulada (m)	Altura de entrepiso (m)
Piso 5	761.97	761.97	16.9	3.1
Piso 4	1629.04	867.07	13.8	3.1
Piso 3	2496.12	867.08	10.7	3.1
Piso 2	3325.87	829.75	7.6	3.8
Piso 1	4215.88	890.01	3.8	3.8
<b>PESO=</b>	<b>4215.88</b>	<b>Peso de la estructura</b>		

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

**Tabla N° 39: Resumen de peso de la estructura con losa aligerada en dos direcciones**

<b>PESO DE LA ESTRUCTURA CON LOSAS ALIGERADAS EN 2 DIRECCIONES</b>				
Nivel	Peso acumulada (ton)	Peso por piso (ton)	Altura acumulada (m)	Altura de entrepiso (m)
Piso 5	679.84	679.84	16.9	3.1
Piso 4	1464.79	784.95	13.8	3.1
Piso 3	2249.75	784.96	10.7	3.1
Piso 2	2997.38	747.63	7.6	3.8
Piso 1	3796.21	798.83	3.8	3.8
<b>PESO=</b>	<b>3796.21</b>	<b>Peso de la estructura</b>		

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

### 5.2.9.5 Análisis Estático

De acuerdo al RNE. E.030, menciona en su artículo 4.5.1. “Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación”

La norma limita su aplicación solo para estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona 1, con alturas de 30m como máximo para estructuras de concreto armado, y 15 m de altura como máximo para estructuras de albañilería confinada.

En este caso obtendremos los valores de la cortante estática para un parámetro de comparación con la cortante dinámica.

#### A. Fuerza cortante en la base

Según el artículo 4.5.2. del RNE E.030, se encuentra la expresión para obtener la fuerza cortante en la base de la estructura (V), esta expresión se muestra a continuación, en donde se usarán los parámetros sísmicos obtenidos previamente.

$$V = \frac{ZUCS}{R} P, \quad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

En cada dirección para estructura con losa maciza.

$$V_{X-X} = V_{Y-Y} = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 4215.88 \text{ Ton} = 707.038 \text{ Ton} = 16.77\%P$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4167 \geq 0.125$$

En cada dirección para estructura con losa aligerada en dos direcciones.

$$V_{X-X} = V_{Y-Y} = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 3796.21 \text{ Ton} = 636.656 \text{ Ton} = 16.77\%P$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4167 \geq 0.125$$

### 5.2.9.6 Análisis Dinámico

El análisis dinámico, permite capturar los modos de vibración de acuerdo a la masa participativa en cada nivel. El RNE E.030, nos muestra dos procedimientos de análisis dinámico, por el método de combinación modal espectral y Tiempo Historia, para este proyecto se aplicará el método de combinación modal espectral.

#### A. Frecuencia y modos de vibración

Se trabajó con 15 modos de vibración, tres por piso, los periodos y porcentajes de masa se muestran en las tablas siguientes:

**Tabla N° 40: Modos de vibración con sus respectivos periodos y porcentajes de masa participante**

<b>ESTRUCTURA CON LOSA MACIZA</b>				
Modo	Periodo	% en X-X	% en Y-Y	% en Rz
	sec			
1	<b>0.33</b>	<b>63.00%</b>	13.00%	1.00%
2	<b>0.33</b>	13.00%	<b>63.00%</b>	0.21%
3	<b>0.26</b>	1.00%	1.00%	<b>74.00%</b>
4	0.08	16.00%	0.26%	0.20%
5	0.08	0.29%	16.00%	0.05%
6	0.06	0.21%	0.08%	17.00%
7	0.04	5.10%	0.01%	0.07%
8	0.04	0.11%	6.00%	0.01%
9	0.03	0.08%	0.01%	5.00%
10	0.03	1.00%	0.00%	0.02%
11	0.02	0.00%	2.00%	0.00%
12	0.02	0.19%	0.00%	0.01%
13	0.02	0.02%	0.00%	1.00%
14	0.02	0.00%	0.21%	0.00%
15	0.02	0.00%	0.00%	0.12%

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

**Tabla N° 41: Modos de vibración con sus respectivos periodos y porcentajes de masa participante**

ESTRUCTURA CON ALIGERADO DOS DIRECCIONES				
Modo	Periodo	% en X-X	% en Y-Y	% en Rz
	sec			
1	<b>0.32</b>	<b>40.00%</b>	35.00%	1.00%
2	<b>0.32</b>	36.00%	<b>41.00%</b>	0.01%
3	<b>0.25</b>	1.00%	1.00%	<b>74.00%</b>
4	0.08	16.00%	0.23%	0.20%
5	0.07	0.27%	16.00%	0.05%
6	0.06	0.21%	0.08%	17.00%
7	0.04	5.00%	0.01%	0.06%
8	0.03	0.11%	6.00%	0.01%
9	0.03	0.18%	0.01%	5.00%
10	0.03	1.00%	0.00%	0.02%
11	0.02	0.02%	2.00%	0.00%
12	0.02	0.19%	0.00%	0.01%
13	0.02	0.02%	0.00%	1.00%
14	0.02	0.00%	0.21%	0.00%
15	0.02	0.00%	0.00%	0.12%

Fuente: Elaboración propia – Resultado ETABS

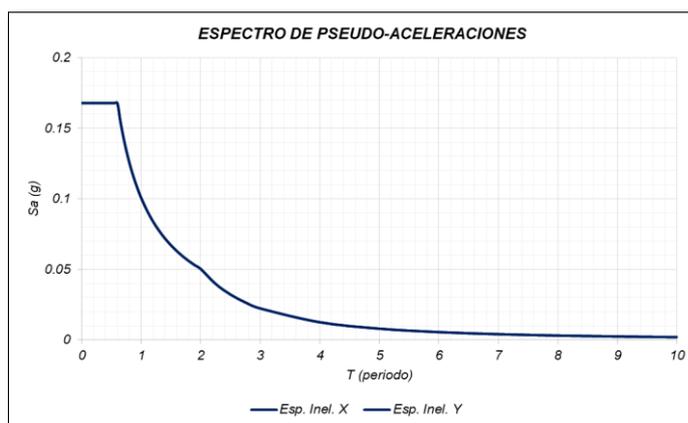
## B. Análisis Espectral

Este tipo de análisis es el más adecuado y recomendable aplicar, mediante el cual se trabaja con un método que combina los valores máximos de desplazamientos y aceleraciones por cada modo de vibración, mediante la combinación cuadrática completa CQC.

Se usa los valores de los parámetros sísmicos definidos previamente para definir el espectro de pseudo – aceleraciones, mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} g \text{ donde } g: \text{aceleracion de la gravedad}$$

Se muestra en la figura siguiente el espectro de pseudo-aceleraciones aplicado al proyecto, el espectro es igual para ambos sentidos (x-x /y-y), a partir del espectro se generan las fuerzas sísmicas para el análisis dinámico.



**Figura 47: Espectro de Pseudo aceleraciones**  
Fuente: Elaboración propia

### C. Fuerza cortante en la base

Para el análisis sísmico se crea el caso de carga sísmica en cada dirección (SDx y SDy), para cada tipo de estructura con distinta losa.

**Tabla N° 42: Fuerza cortantes en la base de la estructura**

ESTRUCTURA CON LOSAS MACIZAS					
Nivel	Caso de Carga	Location	P	VX	VY
			tonf	tonf	tonf
PISO 1	SDx Max	Base	0	540.7	36.98
PISO 1	SDy Max	Base	0	36.98	536.51
ESTRUCTURA CON LOSAS EN DOS DIRECCIONES					
Nivel	Caso de Carga	Location	P	VX	VY
			tonf	tonf	tonf
PISO 1	SDx Max	Base	0	485.86	22.89
PISO 1	SDy Max	Base	0	22.89	481.62

Fuente: Elaboración propia

### D. Control de desplazamientos

En el artículo 5.1 del reglamento nacional de edificaciones menciona que los desplazamientos elásticos obtenidos, se deben hacer un tratamiento de conversión a desplazamientos inelásticos (reales) mediante la siguiente:

- ✓ Si la estructura es regular multiplicar por 0.75R
- ✓ Si la estructura es irregular multiplicar por R

De acuerdo a nuestro proyecto, nuestra estructura es considerada regular.

Ahora bien, en el artículo 5.2 del RNE E.030 “Desplazamientos Laterales relativos admisibles”, se define el concepto de deriva, la cual es un valor obtenido mediante la división del máximo desplazamiento relativo de entrepiso debido a solicitaciones sísmicas entre la altura de entrepiso.

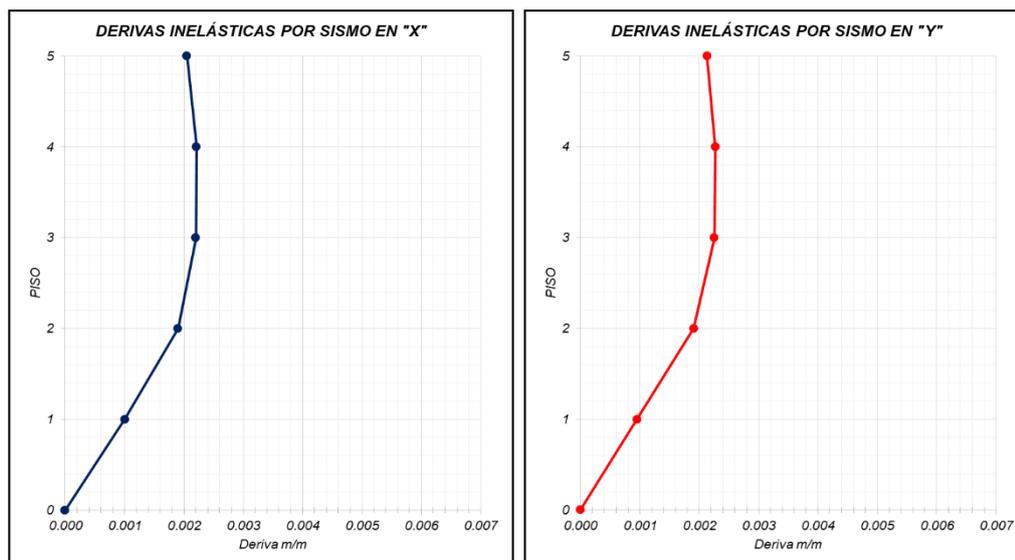
Las derivas dependen del material predominante como se muestra en la tabla N° 7.

En nuestro caso, el material predominante en ambas direcciones es el concreto armado, por lo tanto, la deriva deberá ser menor a 0.007.

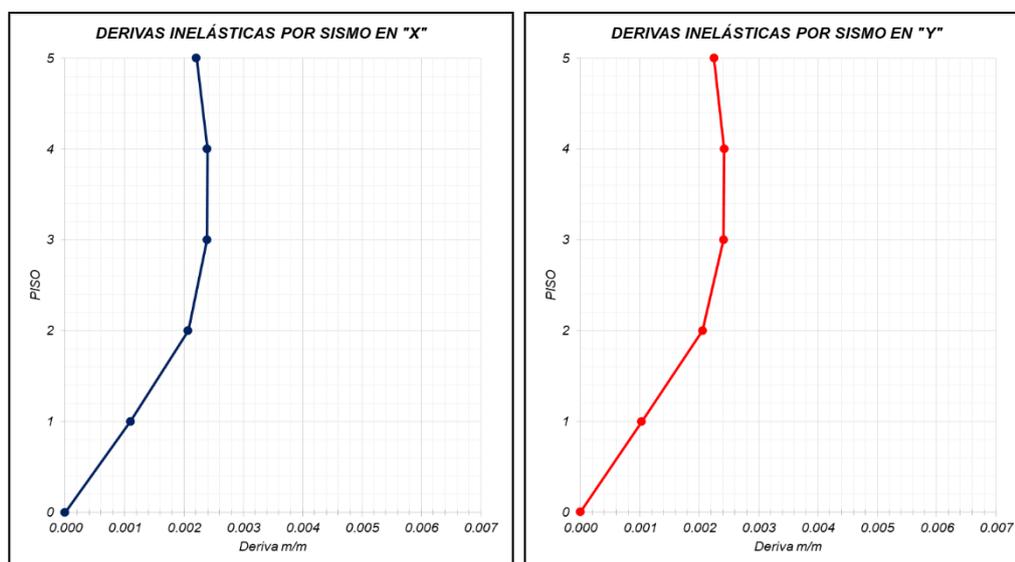
**Tabla N° 43: Resumen del cálculo de deriva de entrepiso en la dirección X-X' e Y-Y'**

	ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES			ESTRUCTURA CON LOSAS MACIZAS		
	NIVEL	CARGA	DERIVA	NIVEL	CARGA	DERIVA
<b>DIRECCIÓN X-X'</b>	PISO 5	DriftX Max	0.0021	T5	DriftX Max	0.0022
	PISO 4	DriftX Max	0.0022	T4	DriftX Max	0.0024
	PISO 3	DriftX Max	0.0022	T3	DriftX Max	0.0024
	PISO 2	DriftX Max	0.0019	T2	DriftX Max	0.0021
	PISO 1	DriftX Max	0.0010	T1	DriftX Max	0.0011
<b>DIRECCIÓN Y-Y'</b>	PISO 5	DriftY Max	0.0021	T5	DriftY Max	0.0023
	PISO 4	DriftY Max	0.0023	T4	DriftY Max	0.0024
	PISO 3	DriftY Max	0.0023	T3	DriftY Max	0.0024
	PISO 2	DriftY Max	0.0019	T2	DriftY Max	0.0021
	PISO 1	DriftY Max	0.0009	T1	DriftY Max	0.0010

Fuente: Elaboración propia



**Figura 48: Derivas inelásticas para estructura con Losas aligeradas en dos direcciones**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 49: Derivas inelásticas para estructura con Losas macizas**  
**Fuente: Elaboración propia**

### E. Cortante de diseño

El artículo 4.6.4. “Fuerza cortante Mínima”, menciona que la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que:

El 80% de cortante estática para estructuras regulares.

El 90% de cortante estática para estructuras irregulares.

Si no se cumple con lo anterior, escalar la cortante dinámica para obtener los mínimos establecidos.

Este parámetro escalado, es aplicado en las combinaciones de diseño de concreto armado.

**Tabla N° 44: Resumen comparativo de fuerzas en X-X' e Y-Y'**

ESTRUCTURA CON LOSAS MACIZAS		ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES	
<b>Dirección X-X'</b>		<b>Dirección X-X'</b>	
Periodo	0.33	Periodo	0.32
C	2.5	C	2.5
Vest(ton)	707.038	Vest(ton)	636.66
Vdinámica(Ton)	540.7	Vdinámica(Ton)	485.86
Vdin/Vest	0.76474	Vdin/Vest	0.76314
Estructura Regular	80%	Estructura Regular	80%
<b>F<sub>x-x</sub></b>	<b>1.0461</b>	<b>F<sub>x-x</sub></b>	<b>1.0483</b>
<b>Dirección Y-Y'</b>		<b>Dirección Y-Y'</b>	
Periodo	0.33	Periodo	0.33
C	2.5	C	2.5
Vest(ton)	707.038	Vest(ton)	636.66
Vdinámica(Ton)	536.51	Vdinámica(Ton)	481.62
Vdin/Vest	0.75881	Vdin/Vest	0.75648
Estructura Regular	80%	Estructura Regular	80%
<b>F<sub>y-y</sub></b>	<b>1.0543</b>	<b>F<sub>y-y</sub></b>	<b>1.0575</b>

Fuente: Elaboración propia

La estructura es regular en ambas direcciones, por lo tanto, se aplica el que la cortante dinámica sea 80% de la cortante estática como mínimo. De acuerdo a la tabla anterior, se tiene:

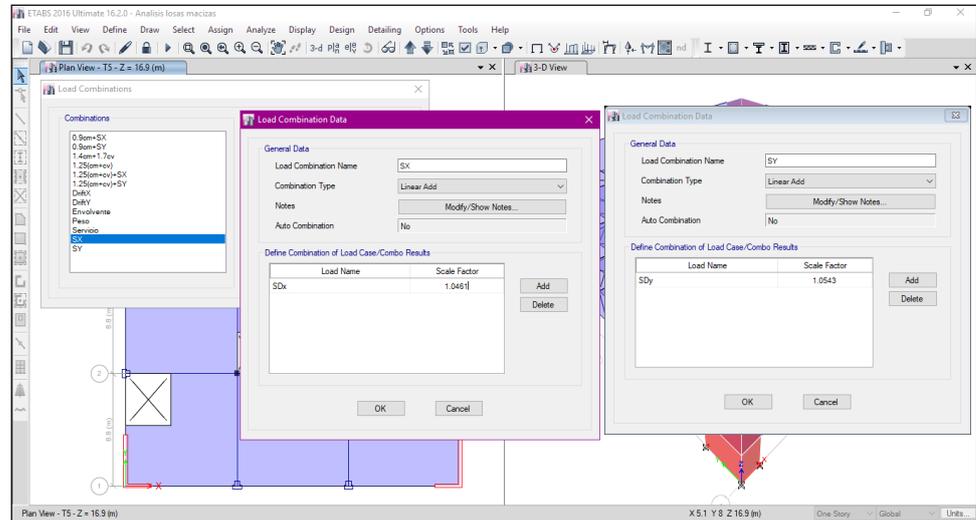
**Para Estructura con losas macizas:**

$$F_{xx} = \frac{0.8}{0.76474} = 1.0461 \quad F_{yy} = \frac{0.8}{0.75881} = 1.0543$$

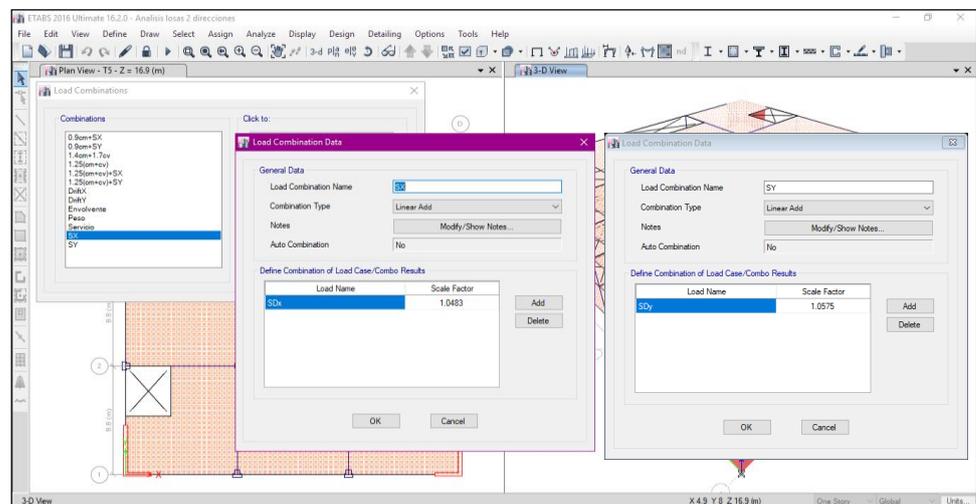
**Para estructura con Losas aligeradas en dos direcciones:**

$$F_{xx} = \frac{0.8}{0.76314} = 1.0483 \quad F_{yy} = \frac{0.8}{0.75648} = 1.0575$$

Estos valores se aplican al modelo en las combinaciones de carga sísmica SX y SY, que serán los casos de los que se obtendrán las fuerzas internas para el diseño sísmico.



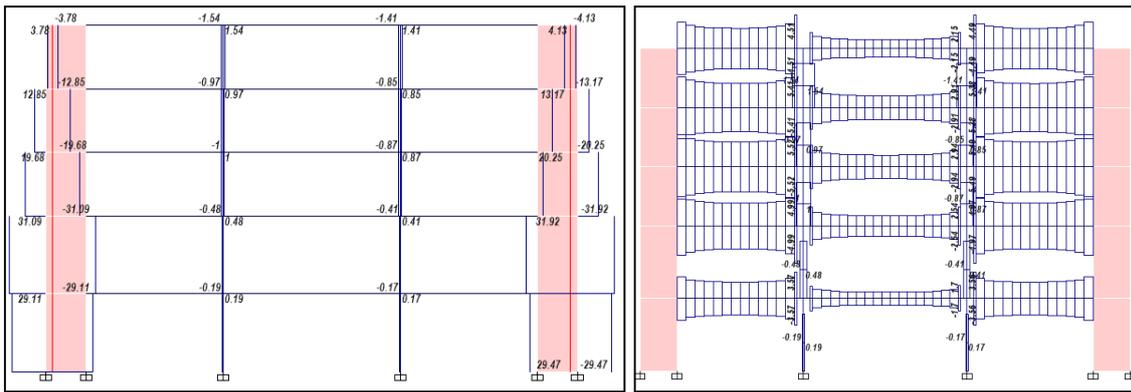
**Figura 50: Factores de escala aplicadas a los casos de Sismo para estructura con Losas macizas**  
Fuente: Elaboración propia



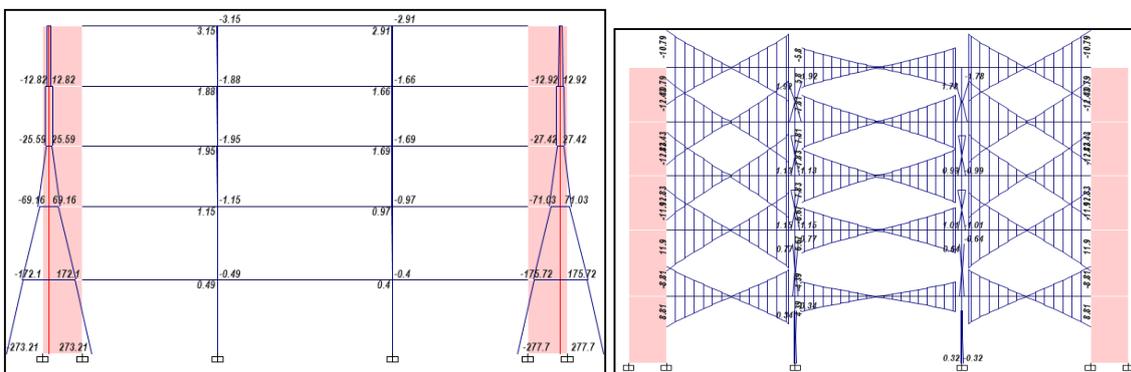
**Figura 51: Factores de escala aplicadas a los casos de Sismo para estructura con Losas aligeradas en dos direcciones**  
Fuente: Elaboración propia

## F. Fuerzas internas

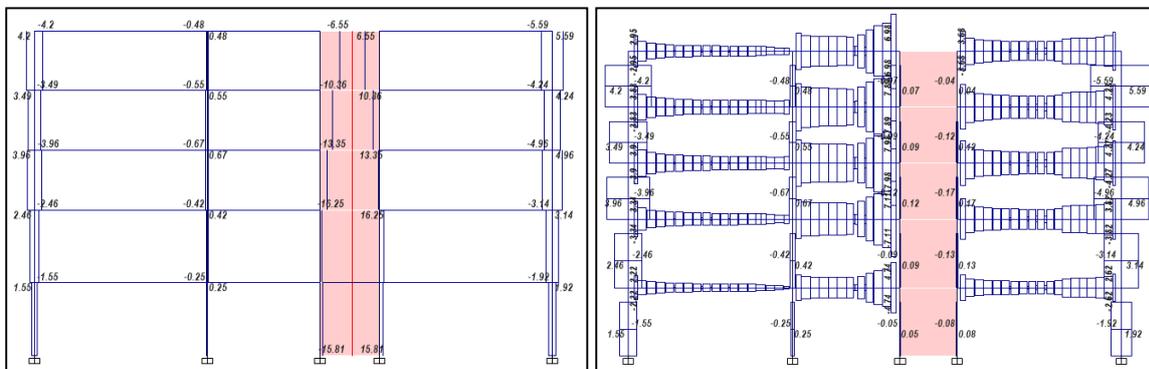
Como ejemplo se presentan los diagramas de fuerza cortante y momento flector en los ejes 1 y B del modelo, que son el resultado del análisis sísmico dinámico en cada dirección.



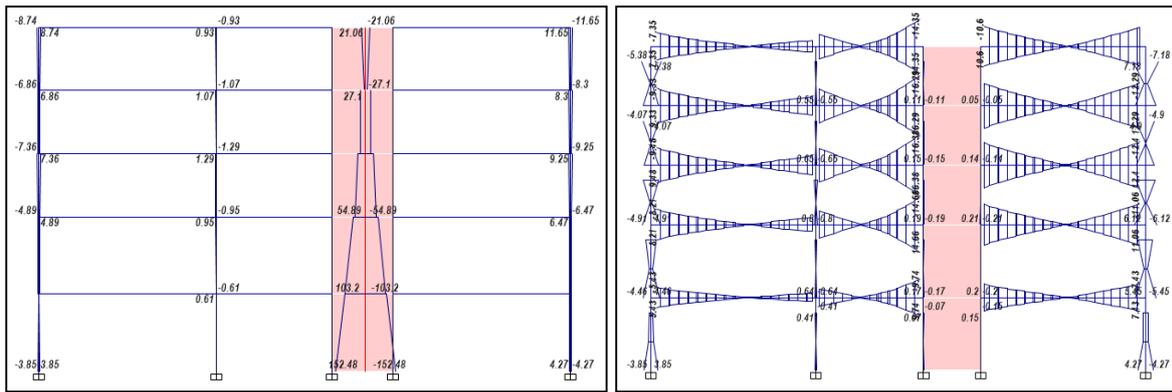
**Figura 52: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje 1 por sismo en X-Losa aligerada en 2 direcciones**  
Fuente: Elaboración propia



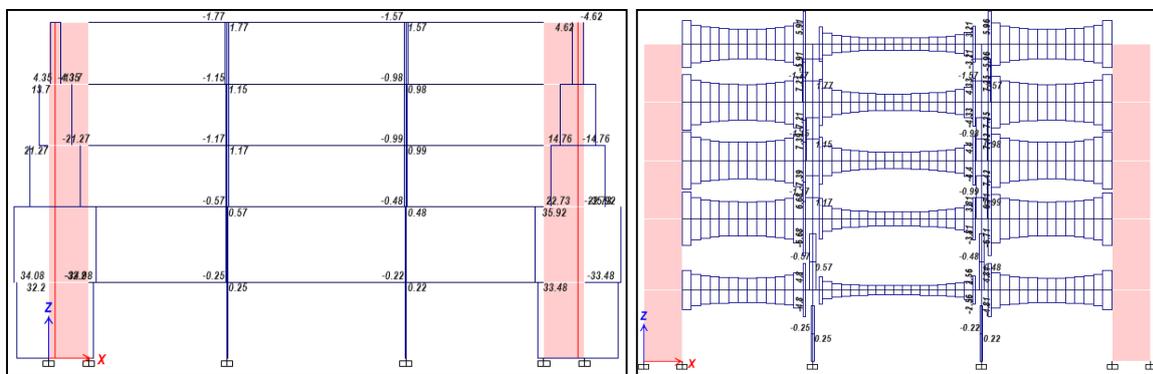
**Figura 53: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje 1 por sismo en X-Losa aligerada en 2 direcciones**  
Fuente: Elaboración propia



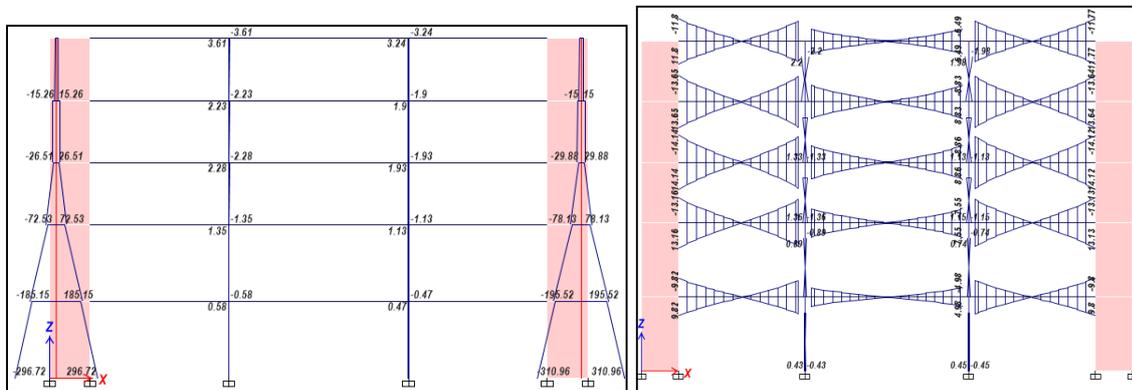
**Figura 54: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje B por sismo en Y-Losa aligerada en 2 direcciones**  
Fuente: Elaboración propia



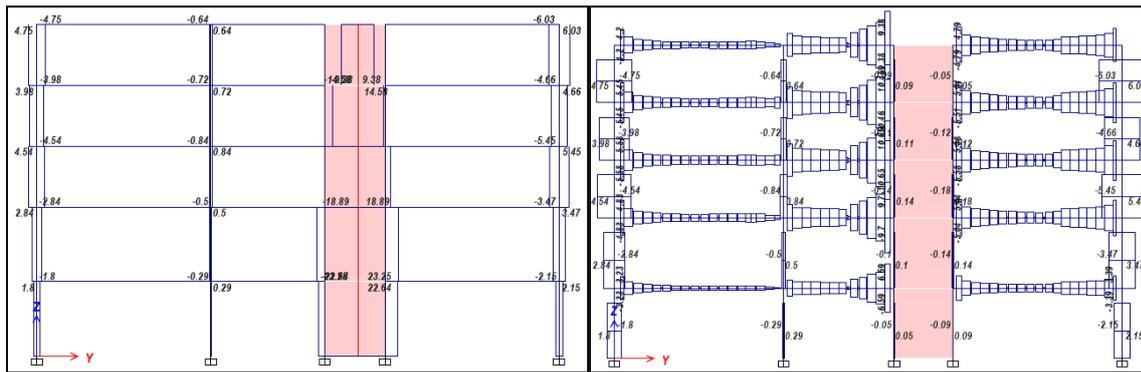
**Figura 55: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje B por sismo en Y-Losa aligerada en 2 direcciones**  
 Fuente: Elaboración propia



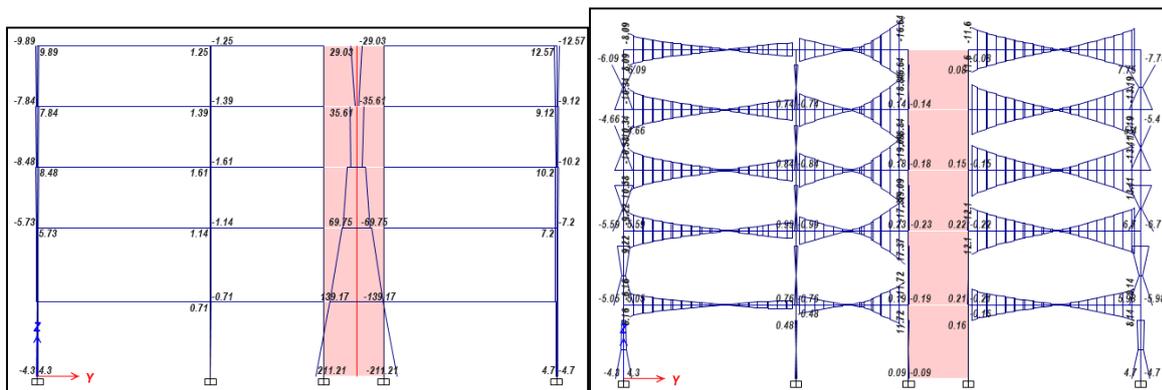
**Figura 56: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje 1 por sismo en X-Losa maciza**  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 57: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje 1 por sismo en X-Losa maciza**  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 58: Diagrama de fuerza cortante (ton) en el eje B por sismo en Y-Losa maciza**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 59: Diagrama de momento flector (ton.m) en el eje B por sismo en Y-Losa maciza**  
Fuente: Elaboración propia

### G. Verificación al volteo

Se realizó la verificación al volteo debido a las fuerzas horizontales obtenidas por el Artículo 4.5.3. Del RNE E.030, donde se aplicó las siguientes ecuaciones:

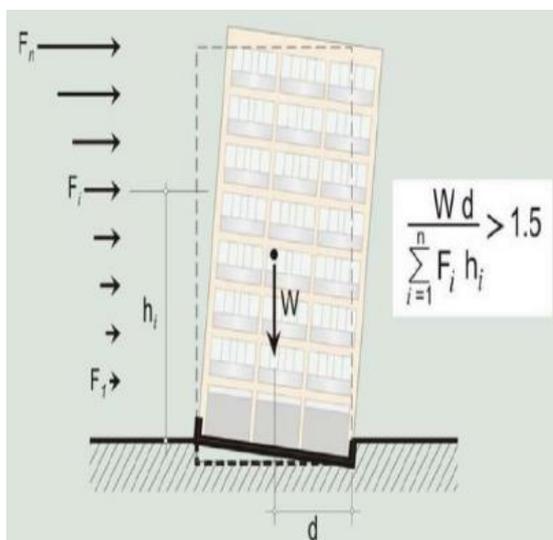
$$F_i = \alpha_i V$$

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

Dónde: n es el número de pisos, k un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), obtenida de la siguiente:

- ✓ Para  $T \leq 0.5$ :  $k=1,0$
- ✓ Para  $T > 0.5$ :  $k=(0,75+0,5T) \leq 2,0$

Una vez obtenida las fuerzas sísmicas de distribución, se generan momentos en la base, a la vez que existe un momento de restitución gracias al peso de la estructura, Se obtiene un factor d seguridad mediante la siguiente ecuación:



**Figura 60:** Ecuación para obtener el factor de seguridad de la estructura

**Fuente:** Elaboración propia

La estructura se mantiene seguro al volteo siempre en cuando el cociente mostrado anteriormente sea mayor a 1.5, que es el factor de seguridad.

Del análisis estructural de cada estructura con distinto tipo de losa, se tiene que los periodos son iguales en ambos sentidos, por lo tanto, se obtienen fuerzas sísmicas en altura iguales en ambas direcciones. Dicho esto, solo se realiza el cálculo para la dirección X-X', puesto que es igual para la dirección Y-Y'

**Tabla N° 45:** Resumen comparativo de cálculo de factor K

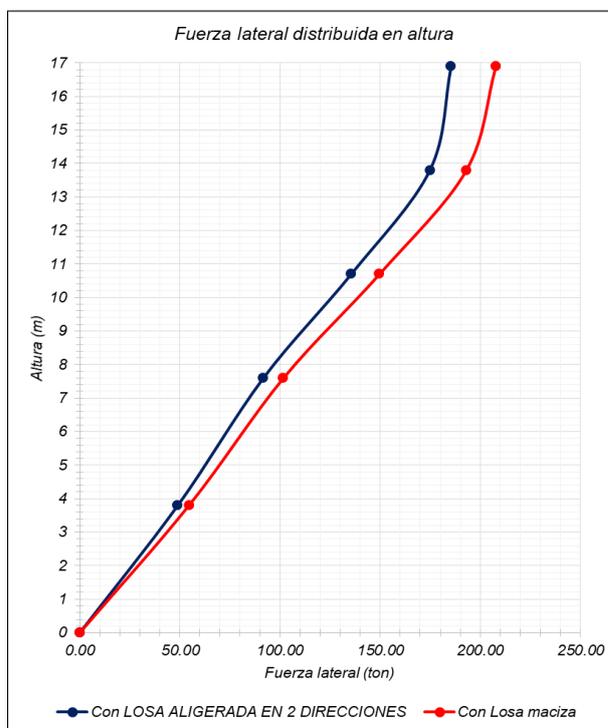
ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES		ESTRUCTURA CON LOSA MACIZA	
Vest (ton)	636.66	Vest (ton)	707.04
T (seg)=	0.32	T (seg)=	0.33
K=	1	K=	1

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla N° 46: Resumen comparativo de Fuerzas sísmicas de distribución y momentos de volteo.**

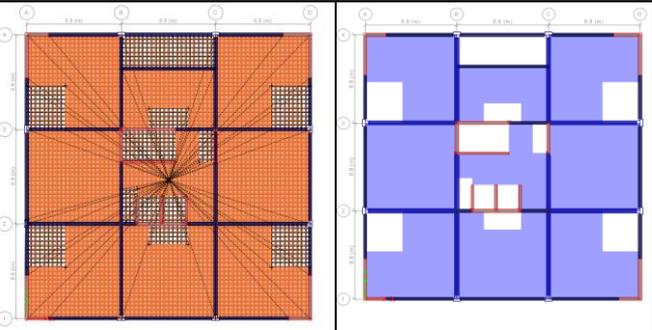
ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES								
Nivel	Peso (ton)	he	Hi	hi <sup>k</sup>	Pj(hi) <sup>k</sup>	αi	FX	Mx=Fx.hi
		m	M	m	m		tonf	ton-m
T5	679.84	3.1	16.9	16.90	11489.30	0.291	185.47	3134.50
T4	784.95	3.1	13.8	13.80	10832.31	0.275	174.87	2413.17
T3	784.96	3.1	10.7	10.70	8399.07	0.213	135.59	1450.78
T2	747.63	3.8	7.6	7.60	5681.99	0.144	91.73	697.11
T1	798.83	3.8	3.8	3.80	3035.55	0.077	49.00	186.21
				<b>TOTAL:</b>	<b>39438.22</b>	<b>ton</b>		<b>7881.77</b>
ESTRUCTURA CON LOSA MACIZA								
Nivel	Peso (ton)	he	Hi	hi <sup>k</sup>	Pj(hi) <sup>k</sup>	αi	FX	Mx=Fx.hi
		m	M	m	m		tonf	ton-m
T5	761.97	3.1	16.9	16.90	12877.29	0.294	207.83	3512.31
T4	867.07	3.1	13.8	13.80	11965.57	0.273	193.11	2664.98
T3	867.08	3.1	10.7	10.70	9277.76	0.212	149.74	1602.17
T2	829.75	3.8	7.6	7.60	6306.10	0.144	101.78	773.49
T1	890.01	3.8	3.8	3.80	3382.04	0.077	54.58	207.42
				<b>TOTAL:</b>	<b>43808.753</b>	<b>ton</b>		<b>8760.38</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 61: Comparación de fuerzas laterales sísmicas**  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 47: Resumen comparativo Factores de seguridad**

	ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES	ESTRUCTURA CON LOSA MACIZA
	Dirección: X-X e Y-Y	Dirección: X-X e Y-Y
Peso(ton):	3796.21	4215.88
Distancia d (m):	13.4	13.4
Momento Volcante(ton.m):	<b>7881.77</b>	<b>8760.38</b>
Factor de Seguridad FS:	<b>6.45</b>	<b>6.45</b>
Mayor a 1.5 estable	La estructura es estable al volteo, por tener un factor de seguridad mayor a 1.5	
Estructura con Lados en X' e Y-Y' de 26.8m		

Fuente: Elaboración propia

## H. Junta de separación sísmica

El artículo 5.3 del RNE E.030 indica que toda estructura de estar separada de las estructuras colindantes una distancia mínima “s” con el fin de evitar el contacto entre estas cuando ocurra un movimiento sísmico.

La separación no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0.006h \geq 0.03m$$

Donde h: es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s

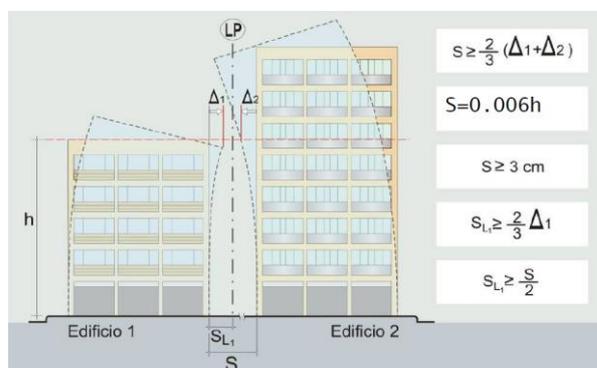
En resumen:

$$s \geq 3cm$$

$$s \geq \frac{2}{3} \text{ de la suma de los desplazamientos máximos adyacentes}$$

$$s = 0.006h$$

Se tomará el mayor de estos valores, asimismo se indica que el edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros valores edificables no menor que  $s/2$ .



**Figura 62: Esquema de retiro de los límites de propiedad adyacente**  
Fuente: PUCP

En cada dirección de análisis se obtuvo los siguientes desplazamientos inelásticos máximos:

Para edificación con losas aligeradas en dos direcciones:

- ✓ Dirección X: 3.1cm  $\rightarrow s=2/3(3.1)=2.067$ cm
- ✓ Dirección Y: 3.2cm  $\rightarrow s=2/3(3.2)=2.133$ cm

Para edificación con losas macizas:

- ✓ Dirección X: 3.4cm  $\rightarrow s=2/3(3.4)=2.267$ cm
- ✓ Dirección Y: 3.4cm  $\rightarrow s=2/3(3.4)=2.267$ cm

El edificio tiene una altura de 1690cm, de donde se obtiene  $s=0.006(1690)=10.14$ cm entonces con este valor la separación mínima:  
 $s/2=10.14/2=5.07$ cm

Entonces el valor de la junta será de 5.07cm, **2 pulgadas.**

### 5.2.10 Análisis económico de losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas

Para realizar comparaciones entre las cantidades de los insumos y los precios que se utilizarán en cada tipo de losa considerada procedimos a realizar

los cálculos por m<sup>2</sup>. Para el cálculo de las cantidades de materiales, se tomarán los valores hallados en el capítulo anterior para cada tipo de losa.

### 5.2.10.1 Losa aligerada en dos direcciones

#### a. Metrado

Realizamos el metrado para la losa aligerada en dos direcciones:

#### a.1. Cantidad de ladrillo hueco por m<sup>2</sup>:

Para el cálculo del ladrillo empleamos la fórmula:

$$C = \left( \frac{1}{(A + V) * L} \right) - 1.22$$

**Donde:**

*C*: Cantidad de ladrillos huecos por m<sup>2</sup> de losa aligerada en dos direcciones.

*L*: Longitud de ladrillo hueco (0.30m).

*A*: Ancho de ladrillo hueco (0.30).

*V*: Ancho de vigueta (0.10m).

Entonces

$$c = \left( \frac{1}{(A + V) * L} \right) - 1 = \left( \frac{1}{(0.30 + 0.10) * 0.30} \right) - 1.22 = 7.11 \text{ und/m}^2$$

#### a.2. Cantidad de concreto por m<sup>2</sup> de losa aligerada en dos direcciones:

Volumen total (Vt) = Vol. losa superior (Vls) + Vol. de viguetas (Vv)

$$Vls = \text{Área} \times \text{Espesor: } 1\text{m}^2 \times 0.05\text{m} = 0.05 \text{ m}^3$$

$$Vv = \text{Área} \times \text{Espesor: } 0.327\text{m}^2 \times 0.25\text{m} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$Vt = 0.05 \text{ m}^3 + 0.08 \text{ m}^3 = 0.13 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

#### a.3. Cantidad de encofrado por m<sup>2</sup> de losa aligerada:

Según el reglamento de metrados se considera toda el área a techar:

$$1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$$

**a.4. Cantidad de acero corrugado por m<sup>2</sup> de losa aligerada en dos direcciones:**

✓ **Acero en el centro de la luz:**

De los cálculos anteriores se observa que se necesita 2Ø1/2" por vigueta en cada sentido, por lo que en un m<sup>2</sup> se necesitará:

1.  $As = 2.5(2\text{Ø}1/2") = 5\text{Ø}1/2"$  por 1 m de longitud.

$As = 2.5(2\text{Ø}1/2") = 5\text{Ø}1/2"$  por 1 m de longitud.

2.  $L = 1\text{m}$

3. Longitud total =  $1\text{m} \times 5 + 1\text{m} \times 5 = 10\text{m}$

4. Peso de Ø1/2" = 0.994 Kg/m

5. Cantidad total de acero =  $10\text{m} \times 0.994\text{Kg/m} = 9.94\text{ Kg}$

6. Precio de una varilla de Ø1/2" por 9 m de longitud = S/. 26.70

7. Peso de una varilla de Ø1/2" =  $9\text{m} \times 0.994\text{ Kg/m} = 8.946\text{ Kg}$

8. Precio por Kg de una varilla de Ø1/2" = S/. 2.98

✓ **Acero en los apoyos:**

1. En un ancho de 100 cm se colocará 3 Ø5/8".

2. Long. de cada fierro =  $L/4 + 0.25\text{m} = 3.50/4 + 0.25\text{m} = 1.125\text{ m}$

3. Longitud total =  $3 \times 1.125\text{m} = 3.375\text{ m}$

4. Cantidad total de acero en los apoyos =  $3.375\text{m} \times 1.522\text{ Kg/m} =$

5.14 Kg

5. Precio de una varilla de Ø5/8" por 9 m de longitud = S/. 40.50

6. Peso de una varilla de Ø5/8" =  $9\text{m} \times 1.522\text{ Kg/m} = 13.698\text{ Kg}$

8. Precio por Kg de una varilla de Ø5/8" = S/. 2.96

b. Análisis de costos unitarios por m<sup>2</sup>

Tabla N° 48: Análisis de costos unitarios – losa aligerada en dos direcciones

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y LOSAS MACIZAS EN EDIFICACIONES DE 5 PISOS, DISTRITO DE CHILCA - 2017					
TESISTA: SOLANO REYES ALFREDO					
<b>Partida: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA EN DOS DIRECCIONES</b>					
			<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>	<b>S/200.59</b>	
<b>Especificaciones</b>			<b>Madera Tornillo</b>		
<b>Cuadrilla</b>			<b>Rendimiento</b>		
<b>Habilitación: 1 oficial + 2 peones</b>			75.00	m <sup>2</sup> /día	
<b>Encofrado: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial</b>			12.00	m <sup>2</sup> /día	
<b>Desencofrado: 1 oficial + 2 peones</b>			36.00	m <sup>2</sup> /día	
<b>Descripción/Recursos</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Capataz</b>		hh	0.080	14.80	1.18
<b>Operario</b>		hh	0.770	12.50	9.63
<b>Oficial</b>		hh	0.990	11.00	10.89
<b>Peón</b>		hh	0.440	9.60	4.22
<b>MATERIALES</b>					
<b>Madera tornillo</b>		pie2	5.150	3.80	19.57
<b>Clavos de 2 1/2"</b>		Kg	0.110	3.90	0.43
<b>Alambre negro N° 16</b>		Kg	0.100	4.50	0.45
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Herramientas manuales</b>		%MO	0.030	25.92	0.78
<b>Partida: COLOCACIÓN DE ACERO FY=4200 KG/CM2 - GRADO 60</b>					
<b>Especificaciones</b>			<b>Acero corrugado grado 60 - 4200 Kg/cm2</b>		
<b>Cuadrilla</b>			<b>Rendimiento</b>		
<b>Habilitación: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial</b>			240.00	Kg/día	
<b>Colocación: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial</b>			240.00	Kg/día	
<b>Descripción/Recursos</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Capataz</b>		hh	0.007	14.80	0.10
<b>Operario</b>		hh	0.067	12.50	0.83
<b>Oficial</b>		hh	0.067	11.00	0.73
<b>MATERIALES</b>					
<b>Acero corrugado Fy=4200 Kg/cm2</b>		Kg	15.080	2.98	44.94

Alambre negro N° 16	Kg	0.220	4.50	0.99
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>				<b>0.10</b>
Cizalla	hm	0.032	1.50	0.05
Herramientas manuales	%MO	0.030	1.67	0.05
<b>Partida: COLOCACIÓN DE LADRILLO 30 x 30 x 25 cm</b>				
<b>Especificaciones</b>		<b>Ladrillo para techo 30 x 30 x 25</b>		
<b>Cuadrilla</b>		<b>Rendimiento</b>		<b>Costo Unitario (C.U.)</b> <b>S/35.33</b>
<b>Colocación: 1 operario + 2 peones</b>		25.00	m <sup>2</sup> /día	
<b>Descripción/Recursos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Operario</b>	hh	0.320	12.50	4.00
<b>Peón</b>	hh	0.640	9.60	6.14
<b>MATERIALES</b>				
<b>Ladrillo para techo 30x30x25 cm</b>	und	7.110	3.50	24.89
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>				<b>0.30</b>
<b>Herramientas manuales</b>	%MO	0.030	10.14	0.30
<b>Partida: CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 Kg/cm2 PARA LOSAS</b>				
<b>Especificaciones</b>		<b>Camión concretero, bomba y vibradores</b>		
<b>Cuadrilla</b>		<b>Rendimiento</b>		<b>Costo Unitario (C.U.)</b> <b>S/70.42</b>
<b>Vaciado: 1 capataz + 4 operarios + 8 peones</b>		100.00	m <sup>3</sup> /día	
<b>Curado: 0.10 capataz + 1 peón</b>		100.00	m <sup>3</sup> /día	
<b>Descripción/Recursos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Capataz</b>	hh	0.088	14.80	1.30
<b>Operario</b>	hh	0.320	12.50	4.00
<b>Peón</b>	hh	0.720	9.60	6.91
<b>MATERIALES</b>				
<b>Concreto premezclado f'c=210 Kg/cm2</b>	m3	0.130	420.00	54.60
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>				<b>3.60</b>
<b>Bomba</b>	hm	0.080	23.50	1.88
<b>Vibrador de 2" - 4HP</b>	hm	0.160	8.47	1.36
<b>Herramientas manuales</b>	%MO	0.030	12.21	0.37

Fuente: Elaboración propia

- ✓ El precio del ladrillo hueco por unidad, ha sido obtenido de SODIMAC.

- ✓ El precio del concreto  $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , es un concreto premezclado y ha sido cotizado de UNICON.
- ✓ El precio del acero corrugado ha sido obtenido de SODIMAC.
- ✓ El costo total en soles por m<sup>2</sup> de losa aligerada en dos direcciones es: S/. 200.59
- ✓ El costo total de mano de obra es: S/. 49.95
- ✓ El costo total de materiales es: S/. 145.86
- ✓ El costo total de equipo y herramientas es: S/. 4.78

### 5.2.10.2 Losa maciza

#### a. Metrado

Realizamos el metrado para la losa maciza en dos direcciones:

#### a.1. Cantidad de concreto por m<sup>2</sup> de losa maciza en dos direcciones:

Volumen total ( $V_t$ ) = Vol. losa superior ( $V_{ls}$ ) + Vol. de viguetas ( $V_v$ )

$$\begin{aligned} V_{ls} &= \text{Área} \times \text{Espesor: } 1\text{m}^2 \times 0.25\text{m} &&= 0.25 \text{ m}^3 \\ V_t &= \mathbf{0.25 \text{ m}^3} &&= \mathbf{0.25 \text{ m}^3/\text{m}^2} \end{aligned}$$

#### a.2. Cantidad de encofrado por m<sup>2</sup> de losa maciza:

Según el reglamento de metrados se considera toda el área a techar:

$$1\text{m} \times 1\text{m} = \mathbf{1\text{m}^2}$$

#### a.3. Cantidad de acero corrugado por m<sup>2</sup> de losa maciza en dos direcciones:

##### ✓ Acero en el centro de la luz:

De los cálculos anteriores se observa que se necesita  $\emptyset 3/8'' @ 0.175\text{m}$  y  $\emptyset 3/8'' @ 0.15\text{m}$  en un sentido y  $\emptyset 1/2'' @ 0.15\text{m}$  y  $\emptyset 3/8'' @ 0.15\text{m}$  en el otro sentido, por lo que en un m<sup>2</sup> se necesitará:

$$1. \text{As} = (6\emptyset 3/8'') = 6\emptyset 3/8'' \text{ por } 1 \text{ m de longitud.}$$

$As = (7\text{Ø}3/8") = 7\text{Ø}3/8"$  por 1 m de longitud.

$As = (7\text{Ø}1/2") = 7\text{Ø}1/2"$  por 1 m de longitud.

$As = (7\text{Ø}3/8") = 7\text{Ø}3/8"$  por 1 m de longitud.

2.  $L = 1\text{m}$

3. Longitud total =  $7\text{m} \times 2 + 6\text{m} \times 1 = 20\text{m}$

Longitud total =  $1\text{m} \times 7 = 7\text{m}$

4. Peso de  $\text{Ø}1/2" = 0.994\text{ Kg/m}$

Peso de  $\text{Ø}3/8" = 0.560\text{ Kg/m}$

5. Cantidad total de acero =  $20\text{m} \times 0.994\text{Kg/m} = 19.88\text{ Kg}$

Cantidad total de acero =  $7\text{m} \times 0.560\text{Kg/m} = 3.92\text{ Kg}$

6. Precio de una varilla de  $\text{Ø}1/2"$  por 9 m de longitud = S/. 26.70

Precio de una varilla de  $\text{Ø}3/8"$  por 9 m de longitud = S/. 16.00

7. Peso de una varilla de  $\text{Ø}1/2" = 9\text{m} \times 0.994\text{ Kg/m} = 8.946\text{ Kg}$

Peso de una varilla de  $\text{Ø}3/8" = 9\text{m} \times 0.560\text{ Kg/m} = 5.04\text{ Kg}$

8. Precio por Kg de una varilla de  $\text{Ø}1/2" = \text{S}/. 2.98$

Precio por Kg de una varilla de  $\text{Ø}3/8" = \text{S}/. 3.10$

✓ **Acero en los apoyos:**

1. En un ancho de 100 cm se colocará 3.5  $\text{Ø}1/2"$  y 7  $\text{Ø}1/2"$ .

2. Long. de cada fierro =  $L/4 + 0.25\text{m} = 3.50/4 + 0.25\text{m} = 1.125\text{ m}$

3. Longitud total =  $10.5 \times 1.125\text{m} = 11.813\text{ m}$

4. Cantidad total de acero en los apoyos =  $11.813\text{m} \times 0.994\text{ Kg/m} = 11.74\text{ Kg}$

5. Precio de una varilla de  $\text{Ø}1/2"$  por 9 m de longitud = S/. 26.70

6. Peso de una varilla de  $\text{Ø}1/2" = 9\text{m} \times 0.994\text{ Kg/m} = 8.946\text{ Kg}$

8. Precio por Kg de una varilla de  $\text{Ø}1/2" = \text{S}/. 2.98$

b. Análisis de costos unitarios por m<sup>2</sup>.

Tabla N° 49: Análisis de costos unitarios – losa maciza en dos direcciones

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y LOSAS MACIZAS EN EDIFICACIONES DE 5 PISOS, DISTRITO DE CHILCA - 2017					
TESISTA: SOLANO REYES ALFREDO					
Partida: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA EN DOS DIRECCIONES					
			<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>	<b>S/299.16</b>	
Especificaciones		Madera Tornillo			
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	
Habilitación: 1 oficial + 2 peones		60.00	m <sup>2</sup> /día		
Encofrado: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial		15.00	m <sup>2</sup> /día		
Desencofrado: 1 oficial + 2 peones		45.00	m <sup>2</sup> /día		
Descripción/Recursos		Unidad	Cantidad	Precio	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>22.22</b>					
Capataz	hh	0.070	14.80	1.04	
Operario	hh	0.670	12.50	8.38	
Oficial	hh	0.850	11.00	9.35	
Peón	hh	0.360	9.60	3.46	
<b>MATERIALES</b>					
<b>28.50</b>					
Madera tornillo	pie2	5.930	4.60	27.28	
Clavos de 2 1/2"	Kg	0.140	4.90	0.69	
Alambre negro N° 16	Kg	0.100	5.40	0.54	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>0.67</b>					
Herramientas manuales	%MO	0.030	22.22	0.67	
Partida: COLOCACIÓN DE ACERO Fy=4200 KG/CM2 - GRADO 60					
Especificaciones		Acero corrugado grado 60 - 4200 Kg/cm2			
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	
Habilitación: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial		200.00	Kg/día		
Colocación: 0.10 capataz + 1 operario + 1 oficial		200.00	Kg/día		
Descripción/Recursos		Unidad	Cantidad	Precio	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>2.00</b>					
Capataz	hh	0.008	14.80	0.12	
Operario	hh	0.080	12.50	1.00	
Oficial	hh	0.080	11.00	0.88	
<b>MATERIALES</b>					
<b>124.87</b>					
Acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	35.540	3.48	123.68	
Alambre negro N° 16	Kg	0.220	5.40	1.19	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>0.09</b>					
Cizalla	hm	0.060	0.50	0.03	
Herramientas manuales	%MO	0.030	2.00	0.06	

Partida: CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> PARA LOSAS					
Especificaciones		Camión concretero, bomba y vibradores			
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	
Vaciado: 1 capataz + 4 operarios + 8 peones		100.00	m <sup>3</sup> /día		S/120.82
Curado: 0.10 capataz + 1 peón		100.00	m <sup>3</sup> /día		
Descripción/Recursos		Unidad	Cantidad	Precio	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>12.21</b>
Capataz	hh	0.088	14.80	1.30	
Operario	hh	0.320	12.50	4.00	
Peón	hh	0.720	9.60	6.91	
<b>MATERIALES</b>					<b>105.00</b>
Concreto premezclado $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.250	420.00	105.00	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>3.60</b>
Bomba	hm	0.080	23.50	1.88	
Vibrador de 2" - 4HP	hm	0.160	8.47	1.36	
Herramientas manuales	%MO	0.030	12.21	0.37	

Fuente: Elaboración propia

- ✓ El precio del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, es un concreto premezclado y ha sido cotizado de UNICON.
- ✓ El precio del acero corrugado ha sido obtenido de SODIMAC.
- ✓ El costo total en soles por m<sup>2</sup> de losa maciza en dos direcciones es: S/. 299.16
- ✓ El costo total de mano de obra es: S/. 36.43
- ✓ El costo total de materiales es: S/. 258.37
- ✓ El costo total de equipo y herramientas es: S/. 4.36

### 5.2.11 Comparación en los costos por metro m<sup>2</sup> de materiales, mano de obra e insumos en las losas

#### a. Ladrillo para techo

En el siguiente gráfico se muestra la cantidad de ladrillo por m<sup>2</sup> para cada tipo de losa. Siendo el caso que en la losa macizo no se utiliza ladrillo hueco, ese valor es de cero.



**Figura 63: Cantidad de ladrillo hueco en losas**  
**Fuente: Elaboración propia**

### b. Acero positivo

El acero positivo en el caso del aligerado se encuentra a todo lo largo de la viga, ya que se ha considerado como un elemento simplemente apoyado. Sin embargo, en el caso de la losa maciza el acero positivo es dado por el espaciamiento entre varillas.



**Figura 64: Cantidad de acero positivo en losas**  
**Fuente: Elaboración propia**

### c. Acero negativo

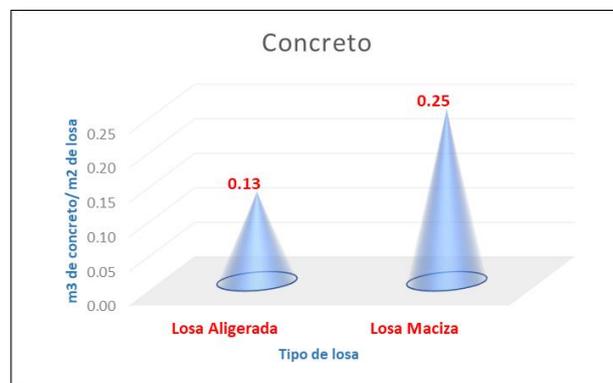
El acero negativo es el que se encuentra en los apoyos, ya que se está considerando a ambos sistemas de las losas como miembros construidos monolíticamente con sus apoyos. El acero negativo es el mismo en los apoyos para cada tipo de losa, por ello no existe variación.



**Figura 65: Cantidad de acero negativo en lasas**  
Fuente: Elaboración propia

#### d. Concreto

Si comparamos la cantidad de concreto que usaríamos en una losa aligerada en dos direcciones con el sistema de losa maciza, se puede obtener una diferencia de concreto a usar aproximadamente de 48%. El sistema de losa maciza utiliza mayor cantidad de concreto, pero no requieren de trabajos posteriores de cielorraso. Además, el sistema de lasas macizas facilita la tarea de encofrado y desencofrado.



**Figura 66: Cantidad de concreto en lasas**  
Fuente: Elaboración propia

#### e. Peso propio

En el gráfico representamos los valores del peso propio de una losa aligerada en dos direcciones con un espesor de 30 cm y del sistema de losa maciza para un espesor de 25 cm. El sistema de lasas aligeradas en dos

direcciones posee pesos propios menores en un 30% con respecto a las losas macizas.



**Figura 67: Peso propio en losas**  
Fuente: Elaboración propia

#### f. Costo de mano de obra por m<sup>2</sup>

Se observa un aumento de 13.52 soles en el costo de la mano de obra, comparando la losa aligerada en dos direcciones con la losa maciza, esto se debe a la variación en los rendimientos y las partidas tomadas en cuenta en el análisis de costos unitarios.



**Figura 68: Costo de mano de obra en losas**  
Fuente: Elaboración propia

#### g. Costo total de materiales

Se aprecia un aumento de 112.51 soles en los materiales utilizados en las losas maciza con respecto a la losa aligerada en dos direcciones.



**Figura 69: Costo de materiales en losas**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### **h. Costo total por metro cuadrado**

Se muestra el costo por metro cuadrado de cada sistema. El análisis realizado incluye el costo de mano de obra, materiales, equipos, herramientas y rendimientos, pero no se considera el cielo raso y ni el enlucido. En la figura 70 se puede observar el mayor costo de la losa maciza en S/. 98.57, que representa un 32.95%.



**Figura 70: Costo de losas por m<sup>2</sup>**  
**Fuente: Elaboración propia**

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1 Discusión de resultados**

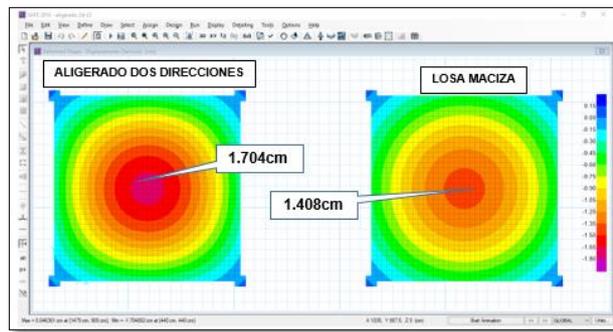
En este estudio se realizó un análisis por análisis y diseño de concreto armado y diseño sismoresistente y el modelamiento en un software de análisis estructural para determinar las deformaciones y esfuerzos que se presentan en cada losa y poder apreciar sus diferencias y similitudes. Para la losa aligerada en dos direcciones se utilizó acero corrugado, ladrillos de 30 x 30 x 25 cm con un espesor de losa con 30 cm de espesor y para el caso de la losa maciza se utilizó acero corrugado con un espesor de losa de 25 cm. En el presente capítulo y luego de llevar a cabo el estudio se contrasta los resultados de los resultados teóricos y del modelamiento en SAFE y ETABS.

##### **6.1.1 Comparación de las deflexiones en las losas modeladas en SAFE**

Con respecto al objetivo específico N° 1, describir el proceso de análisis y diseño estructural de las losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca – 2017, donde los resultados del proceso son la capacidad de resistir a las deformaciones.

Una vez realizado el análisis estructural, se puede observar las deformaciones del centro de luz, observamos esa variación por cargas de servicio (100%cm+100%cv) y otras solicitaciones por cargas muerta y por cargas viva.

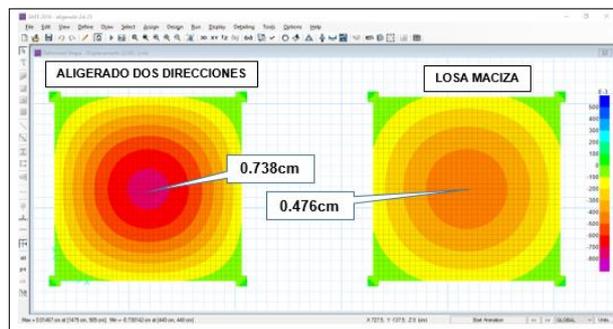
### Por carga de servicio:



**Figura 71: Deflexiones por carga de servicio en ambos sistemas**  
Fuente: Elaboración propia

- Deformación aligerada en 2 direcciones : 1.704cm
- Deformación en losa maciza : 1.408cm

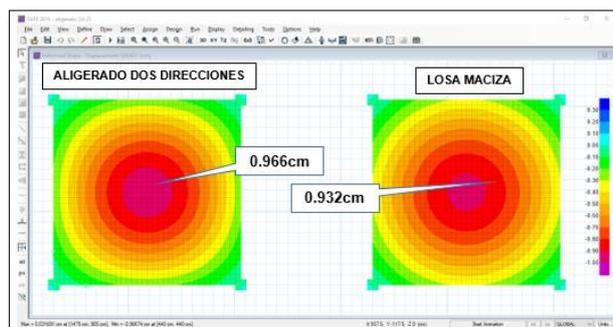
### Por carga viva:



**Figura 72: Deflexiones por carga viva en ambos sistemas**  
Fuente: Elaboración propia

- Deformación aligerada en 2 direcciones: 0.738cm
- Deformación en losa maciza: 0.476cm

### Por carga muerta:



**Figura 73: Deflexiones por carga muerta en ambos sistemas**  
Fuente: Elaboración propia

- Deformación aligerada en 2 direcciones: 0.966cm
- Deformación en losa maciza: 0.932cm

En el capítulo 9.6 del RNE, Norma E060 “Diseño en concreto armado”, se tiene el capítulo de control de deflexiones, Según la Tabla N° 13 deflexiones máximas permisibles se tiene el siguiente resultado:

Se debe tener en cuenta que: “Para pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes” no debe exceder la Deflexión inmediata debida a la carga viva, un límite de  $L/360$ .

$$L/360=8.40/360=0.023m$$

La deflexión no debe ser mayor que 2.3cm, observamos el análisis:

#### **Por carga Viva**

- Deformación aligerada en 2 direcciones : 0.738cm
- Deformación en losa maciza : 0.476cm

Que las deflexiones están dentro del límite permitido.

Donde se llega a la siguiente discusión con respecto al antecedente comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas, utilizando la teoría convencional de losas y vigas, se puede denotar que la losa colaborante presenta menores deflexiones comparándolas con la losa aligerada: 1.16 cm < 2.70 cm, de acuerdo a mi apreciación la losa maciza presenta mejores ventajas a la deformación con respecto a la losa aligerada en dos direcciones.

### 6.1.2 Resultados del análisis sísmico modelados en ETABS

Con respecto al objetivo específico N° 2, establecer las ventajas y desventajas del comportamiento frente a cargas sísmicas, con losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017, donde qué sistema presenta mejor comportamiento ante un evento sísmico.

- a. El porcentaje de fuerza cortante que absorben los muros estructurales y las columnas; para cada tipo de edificación con losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas.

La cortante en la base con losas aligeradas en dos direcciones en el eje X-X es de 486.12 ton, donde los muros estructurales absorben el 94.97% y las columnas absorben el 5.03% y en el eje Y-Y es de 481.86 ton, donde los muros estructurales absorben el 95.17% y las columnas 4.83%, con respecto a la cortante en la base con losas macizas en el eje X-X es de 541.00 ton, donde los muros estructurales absorben el 94.87% y las columnas absorben el 5.13% y en el eje Y-Y es de 536.78 ton, donde los muros estructurales absorben el 95.17% y las columnas 4.83%, con estos resultados podemos apreciar que las losas aligeradas ejercen menos fuerza cortante en los muros y columnas.

- b. El peso de la estructura para cargas sísmicas, donde la edificación con cada sistema de losas representa un peso propio como se observa, el peso acumulado de la estructura con losas aligeradas en dos direcciones es de 3,796.21 ton y el peso acumulado de la estructura con losas macizas es de 4215.88 ton, con una diferencia en peso de 419.67 que representa un 9.95%.
- c. Con respecto al análisis estático, este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas laterales distribuidas en altura

actuando en el centro de masa en cada nivel de la edificación, en este caso obtendremos los valores de cortante estática.

La fuerza cortante estática en la base obteniendo resultados de acuerdo al peso de la estructura, con respecto a la estructura con losa maciza se tiene que es igual 707.038 Ton, con respecto a la estructura con losa aligerada en dos direcciones donde la cortante es de 636.656 Ton, con una diferencia de 70.382 Ton.

- d. Con respecto al análisis dinámico, este método permite capturar los modos de vibración de acuerdo a la masa participativa en cada nivel.

La fuerza cortante en la base obteniendo resultados de acuerdo al peso de la estructura, con respecto a la losa maciza se tiene en la  $V_x$  que es igual 540.70 Ton y en la  $V_y$  que es igual 536.51 Ton, con respecto a la losa aligerada en dos direcciones se tiene en la  $V_x$  que es igual 485.86 Ton y en la  $V_y$  que es igual 481.62 Ton.

- e. Con respecto a los desplazamientos y se define el concepto de deriva donde se encuentra en función al desplazamiento y la altura de entrepiso, las derivas dependen del material predominantes, en nuestro caso la deriva deberá ser menor a 0.007, de acuerdo a los resultados obtenidos en cada dirección de acuerdo a cada sistema de losa, estamos dentro del rango, según la tabla siguiente:

**Tabla N° 50: Resumen del cálculo de deriva de entrepiso en la dirección X-X' e Y-Y'**

	ESTRUCTURA CON ALIGERADO EN DOS DIRECCIONES			ESTRUCTURA CON LOSAS MACIZAS		
	NIVEL	CARGA	DERIVA	NIVEL	CARGA	DERIVA
<b>DIRECCIÓN X-X</b>	<b>PISO 5</b>	<b>DriftX Max</b>	<b>0.0021</b>	<b>T5</b>	<b>DriftX Max</b>	<b>0.0022</b>
	PISO 4	DriftX Max	0.0022	T4	DriftX Max	0.0024
	PISO 3	DriftX Max	0.0022	T3	DriftX Max	0.0024
	PISO 2	DriftX Max	0.0019	T2	DriftX Max	0.0021
	PISO 1	DriftX Max	0.0010	T1	DriftX Max	0.0011
<b>DIRECCIÓN Y-Y</b>	<b>PISO 5</b>	<b>DriftY Max</b>	<b>0.0021</b>	<b>T5</b>	<b>DriftY Max</b>	<b>0.0023</b>
	PISO 4	DriftY Max	0.0023	T4	DriftY Max	0.0024
	PISO 3	DriftY Max	0.0023	T3	DriftY Max	0.0024
	PISO 2	DriftY Max	0.0019	T2	DriftY Max	0.0021
	PISO 1	DriftY Max	0.0009	T1	DriftY Max	0.0010

Fuente: Elaboración propia

- f. Con respecto a la verificación al volteo, una vez obtenida las fuerzas sísmicas de distribución, se generan momentos en la base, a la vez que existe un momento de restitución gracias al peso de la estructura, se obtiene un factor de seguridad donde debe ser mayor a 1.5, de acuerdo a los resultados obtenidos se afirma que las edificaciones con ambos sistemas de losas son estables al volteo, donde ambos obtienen un valor de factor de seguridad de 6.45

Donde se llega a la siguiente discusión con respecto al antecedente diseño estructural de un edificio de viviendas de dos sótanos y cinco pisos, ubicado en San Isidro – Lima, donde está estructurado predominantemente por muros de corte de concreto armado y pórticos, así como por losas aligeradas y macizas que actúan como diafragmas rígidos horizontales. En la estructura los muros de corte aportan casi el total de resistencia lateral en ambos sentidos, se llega a la siguiente discusión donde la losa aligerada en dos direcciones presenta un mejor comportamiento de acuerdo al análisis sísmico.

### 6.1.3 Comparación de precios de ambos sistemas

Con respecto al objetivo específico N° 3, establecer los costos económicos de las losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017, donde qué sistema presenta mejor costo por m<sup>2</sup>.

Del análisis de costos unitarios por m<sup>2</sup>, en el cual se consideró rendimientos, mano de obra, materiales, equipo y herramientas; se obtuvieron los siguientes costos para cada sistema:

**Tabla N° 51: Cuadro comparativo de costos por m<sup>2</sup>**

TIPO DE LOSA	CANTIDAD	COSTO TOTAL (S/.)
Losa aligerada en dos direcciones	1 m <sup>2</sup>	200.59
Losa maciza	1 m <sup>2</sup>	299.16
Diferencia	1 m <sup>2</sup>	98.57

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que existe una diferencia de S/. 98.57 por m<sup>2</sup>, es decir el m<sup>2</sup> de losa aligerada en dos direcciones es más barato que el m<sup>2</sup> de losa maciza.

El sistema de losa aligerada en dos direcciones es más barato es un porcentaje de 32.95% en comparación de la losa maciza, considerando que la losa aligerada en dos direcciones tendrá ladrillo de arcilla y una distancia entre viguetas y ancho tributario de 40 cm.

**Tabla N° 52: Cuadro comparativo de costos**

Insumo	Mano de Obra	Materiales	Equipos y Herramientas
Tipo de Losa			
Costo en Losa Aligerada Bidireccional	49.95	145.86	4.78
Costo en Losa Maciza	36.43	258.37	4.36

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar un aumento de S/. 13.52 en el costo de la mano de obra en la losa aligerada en dos direcciones, esto se debe a la variación de rendimientos de los costos unitarios y también debido a que no hay colocación de ladrillo en la losa maciza.

Existe un aumento de S/. 112.51 en el costo de los materiales, esto debido a que ambos sistemas tienen algunos materiales diferentes y con diferentes rendimientos.

En los equipos y herramientas no existe una gran variación, esto debido a que dependen de los rendimientos, materiales y mano de obra.

Donde se llega a la siguiente discusión con respecto al antecedente comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas, utilizando los metrados, rendimientos y análisis de costos unitarios, se puede denotar que la losa colaborante presenta menores costos comparándolas con la losa aligerada, de acuerdo a mi apreciación la losa aligerada presenta menores costos por m<sup>2</sup>, con respecto a la losa maciza.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis y diseño estructural, el sistema con losas aligeradas en dos direcciones es más ventajosas frente a la losa macizo, presenta mejor comportamiento y en cuanto al costo económico es más barato.
2. Para las mismas condiciones de sobrecargas en el panel tipo 1 en ambos sistemas, el sistema estructural de losa maciza tiene una mayor resistencia a flexión que lo que resiste una losa aligerada en dos direcciones:  $6720.84 \text{ Kg-m} > 2332.71 \text{ Kg-m}$ . Para la misma sobrecarga en el panel tipo 1 en ambos sistemas, el sistema estructural de losa maciza tiene una mayor resistencia a esfuerzos de corte que los que resiste una losa aligerada en dos direcciones:  $3581.40 \text{ Kg} > 942.21 \text{ Kg}$ . Al realizar el análisis de deflexiones de las losas se utilizó el software SAFE2016, para las mismas sobrecargas vivas, es posible observar un valor menor de deformación comparando la losa maciza con la losa aligerada en dos direcciones:  $0.476 \text{ cm} < 0.738 \text{ cm}$ .
3. El peso de la estructura para cargas sísmicas con cada sistema de losas representa un peso propio, donde la estructura con el sistema de losas aligeradas en dos direcciones es más liviana con respecto a la estructura con el sistema de losas macizas:  $3,796.21 \text{ ton} < 4,215.88 \text{ ton}$ . con estos parámetros es posible establecer el desplazamiento en ambas direcciones para las mismas cargas sísmicas, la estructura con el sistema de losas aligeradas en dos direcciones tiene una deriva mucho menor a la estructura con el sistema de losas macizas: dirección x-x  $0.0022 < 0.0024$  y la dirección y-y  $0.0023 < 0.0024$ .
4. El sistema de losa maciza en comparación con la losa aligerada en dos direcciones presenta un aumento en la cantidad de concreto teniendo los siguientes valores respectivamente:  $0.25 \text{ m}^3/\text{m}^2 > 0.13 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , pero evita el uso de recursos. Por tanto, el costo por m<sup>2</sup> de la losa maciza es de S/. 299.16 y el de la losa aligerada en dos

direcciones es de S/. 200.59, donde es posible visualizar una disminución en el costo/m<sup>2</sup> de S/. 98.57 que representa un 32.95% entre ambos sistemas.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe innovar y propiciar el uso de los nuevos sistemas de construcción, como el sistema de entrepiso con losa aligerada en dos direcciones, para lograr una mejor calidad de obra y espaciamiento, lo que implicara una reducción en los costos frente a los métodos tradicionales.
2. Se debe buscar la colaboración de la inversión privada o pública para realizar el estudio de sistemas constructivos no tradicionales, como el realizado en esta tesis, que pueda utilizarse y que sean más eficientes estructuralmente y económicamente.
3. Cuando se use aligerados en dos direcciones en los sistemas de losa de entrepiso, debe tenerse en cuenta que estas pueden tener una mejor eficiencia si se complementan adecuadamente con concretos especiales o de mayor resistencia (concretos con aditivos), ya que se podría disminuir su dimensión sin alterar su comportamiento estructural.
4. Al momento de elegir un sistema de entrepiso se debe tener en cuenta la influencia del factor económico y también debemos considerar aspectos como el comportamiento estructural, el espaciamiento arquitectónico, la factibilidad de manejos de los insumos, los acabados, la cantidad de materiales a manejar en obra, la seguridad y los desperdicios de materiales.
5. Este sistema es ideal cuando se maneja una gran área para techar con luces mayores a 6 metros y no mayores a 8.5 metros, y se debe tener en cuenta que la losa aligerada en dos direcciones mayores a 8.5 metros es mejor utilizar losa colaborante, por motivos que la losa aligerada en dos direcciones se hace muy costosa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Romo Proaño Marcelo (2014)**, Temas de hormigón armado, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador.
2. **Minor García Oscar (2014)**, consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas, México, 114 paginas.
3. **López Fernández Leonel Estuardo (2008)**, análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua, Guatemala, 51 paginas.
4. **Galván y Noriega (2013)**, Diseño de las aulas de la facultad de arquitectura de la PUCP, Lima, Perú, 92 paginas.
5. **Rodríguez Chavarry (2015)**, Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas, Perú, Pp. 72.
6. **Retamozo (2015)**, Diseño estructural de un edificio de Viviendas de Dos Sótanos y Cinco pisos, ubicado en San Isidro – Lima, Perú.
7. **Pómez (2012)**, Estudio de alternancia estructurales para el techado de un edificio de oficinas – Lima, Perú.
8. **Schwartzmann (2013)**, Diseño de un edificio de oficinas de concreto armado en once pisos”, Lima, Perú.
9. **Ovidio Serrano Zelada (201)**, Diseño de Estructuras de Concreto Armado, Lima, Perú.
10. **Córdova y Aguilera (2007)**, Losas bidireccionales con vigas, otra alternativa de cálculo.
11. **Villarreal Castro Genner (2009)**, Análisis Estructural, Lima – Perú.
12. **Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)**, NTE-E0.20, NTE-E0.30, NTE-E0.60. Lima, Perú, Grupo Editorial MEGABYTE.

13. **American Concrete Institute (2011)**, Código de Diseño de Concreto Armado ACI 318-2011.
14. **Park & Paulay (1994)**, Estructuras de Concreto Reforzado, Séptima Edición. México D.F. EDITORIAL LIMUSA.
15. **Harmsen, T. (2005)**, Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Cuarta Edición. Lima, Perú, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
16. **Blanco Blasco, A. (2011)**, Estructuración y Diseño de Estructuras de Concreto, Segunda Edición, Lima, Perú, PRINCE LINESS.
17. **Ortega García, J. (2014)**, Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Primer Edición. Lima-Perú. Editorial Macro.
18. **Carrasco (2015)**, Metodología de la investigación, lima, editorial San Marcos.
19. **Sierra Bravo R, (1995)**, Técnicas de investigación Social Teoría y ejercicios, Décima edición, Editorial Paraninfo Madrid.
20. **Sampieri H, Fernández Collado, Baptista L, (2010)**, Metodología de la Investigación, Editorial McGRAW-HILL/Interamericana Editores S.A. de C.V., México D.F.

**ANEXOS**

## **LISTADO DE ANEXOS**

**ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**ANEXO N° 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

**ANEXO N° 3: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**ANEXO N° 4: R.N.E. – 2016 - E.020, E.030 Y E.060**

**ANEXO N° 5: CERTIFICADO DE ESTUDIO DE SUELOS**

**ANEXO N° 6: TABLAS DE COEFICIENTES PARA MOMENTOS Y CORTANTES**

**ANEXO N° 7: PANEL FOTOGRAFICO**

**ANEXO N° 8: PLANOS**

**ANEXOS N° 1**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## TÍTULO: COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y LOSAS MACIZAS EN DIFICACIONES DE 5 PISOS - DISTRITO DE CHILCA, 2017

<p><b>Problema General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?</li> </ul> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo es el proceso para el análisis y diseño estructural de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?</li> <li>¿Cuál es el comportamiento frente a cargas sísmicas, con losas aligeradas bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?</li> <li>¿Cuánto es el costo económico de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer las ventajas y desventajas de la comparación del análisis y diseño de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Describir el proceso de análisis y diseño estructural de las losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de chilca - 2017.</li> <li>Establecer las ventajas y desventajas del comportamiento frente a cargas sísmicas, con losas Aligeradas Bidireccionales y losas Macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de chilca - 2017.</li> <li>Establecer los costos económicos de las losas aligeradas bidireccionales y losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca - 2017.</li> </ul>	<p><b>Justificación Teórica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La presente investigación a partir de los resultados aportará de manera conceptual conocer las ventajas y desventajas de las losas aligeradas bidireccionales con respecto a las losas macizas, así mismo conocer los costos y tiempos en el proceso de construcción de las losas aligeradas y macizas en dos direcciones.</li> </ul> <p><b>Justificación Practica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Constituirá un aporte para realizar edificaciones del tipo vivienda – comercio con espaciamiento entre columnas mayores a 8 metros, de tal manera ganar mayor espaciamiento para la utilización de gimnasios, almacenes entre otros que requiere dimensiones adecuadas. Se aportarán criterios de análisis y diseño de edificaciones de concreto armado con niveles de 5 pisos a más en el Distrito de Chilca.</li> </ul>	<p><b>Marco Teórico</b></p> <p><b>Escenario Internacional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Minor (2014)</b>, en su tesina titulado “Consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas”, para optar el grado de Especialista en Estructuras; llega a la conclusión: En este trabajo, se hicieron dos ejemplos con los que se intentó observar las diferencias que tiene aplicar el método aproximado para el cálculo de estructuras de losas planas aligeradas propuesto en el reglamento vigente y el análisis de un modelo tridimensional. La comparación se hizo por medio del momento flexionante resultado de ambos análisis en los ejes de columnas y se utilizó un parámetro que fue el cociente entre el momento de las normas técnicas y el del modelo analítico para efectuar dicha comparativa.</li> </ul> <p><b>Escenario Nacional</b></p> <p><b>Hugo y Noriega (2015)</b>, en su investigación titulado “Diseño de las aulas de la facultad de arquitectura de la PUCP”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las conclusiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Usando los criterios de predimensionamiento y estructuración, mencionados en el acápite 2, se obtienen secciones suficientes para soportar cargas de gravedad y cargas sísmicas. La arquitectura plantea un aula libre amplia por lo que se colocaron elementos robustos en el borde. Dado que se trata de un aula taller, la arquitectura no plantea gran cantidad de detalles ni cambios en altura influyentes en la estructuración.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las losas aligeradas bidireccionales presentan mayores ventajas del tipo estructural y económico en edificaciones de 5 pisos - Distrito de Chilca, 2017.</li> </ul> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso de análisis y diseño de estructural de losas aligeradas bidireccionales son similares a las losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.</li> <li>Las losas aligeradas bidireccionales presentan un mejor comportamiento con respecto a las losas macizas frente a las cargas sísmicas, en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.</li> <li>Se establece que las losas aligeradas bidireccionales es menos costo por m<sup>2</sup> frente a las losas macizas en edificaciones de 5 pisos, Distrito de Chilca, 2017.</li> </ul>	<p><b>a). Variable (x):</b></p> <p>Análisis y diseño estructural.</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Variables normativas del RNE y ACI.</li> <li>Configuración Horizontal y Vertical de los elementos estructurales.</li> <li>Elementos con una configuración de sección y longitud variables en las losas de entre piso.</li> </ol> <p><b>b). Variable (y):</b></p> <p>Comportamiento de las losas aligeradas bidireccionales y las losas macizas.</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Factores técnicos y normativas del RNE y ACI.</li> <li>Comportamiento Estructural de las losas frente a un evento sísmico.</li> <li>Costos económicos de losas aligeradas bidireccionales y losas macizas.</li> </ol>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo – Comparativo - Explicativo</p> <p><b>Método de Investigación:</b> Método científico inductivo Observación</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental, transversal – transversal descriptivo, comparativo</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> La población de estudio estuvo constituida por 5 edificios de 5 pisos en el Cercado de Chilca, Distrito de Chilca. Los edificios tienen características comunes, en su mayoría son edificaciones de 5 niveles con un sistema estructural aporticado o confinado y losas tradicionales.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra se realizó empleando un muestreo no probalístico del tipo intencional o por conveniencia y está constituido por el diseño de edificios de 5 pisos que conforman el Distrito de Chilca. Edificio en estudio, es un edificio que se usara como Vivienda - Comercio - Edificio Castilla.</p>
---	---	--	---	--	---	---

Bach. Solano Reyes, Alfredo

**ANEXOS N° 2**  
**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>
Análisis y diseño estructural	<p>a. Variables normativas del RNE y ACI.</p> <p>b. Configuración Horizontal y Vertical de los elementos estructurales.</p> <p>c. Elementos con una configuración de sección y longitud variables en las losas de entre piso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelamiento de los elementos estructurales y losas de entrepiso.</li> <li>• Simetría en los elementos estructurales y losas de entrepiso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> <li>• E-020: Cargas.</li> <li>• E-030: Diseño Sismo resistente.</li> <li>• E-060: Concreto Armado.</li> <li>• A-010: Condiciones Generales de Diseño.</li> <li>• Costos de insumos.</li> </ul>
Comportamiento de las Losas Aligeradas Bidireccionales y las Losas Macizas.	<p>a. Factores técnicos y normativas del RNE y ACI.</p> <p>b. Comportamiento Estructural de las losas frente a un evento sísmico.</p> <p>c. Costos económicos de las losas aligeradas en dos direcciones y losas macizas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de la edificación.</li> <li>• Análisis sísmico estático y dinámico.</li> <li>• Análisis de costos unitarios y rendimientos.</li> </ul>	

**ANEXOS N° 3**  
**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**ANEXOS N° 4**

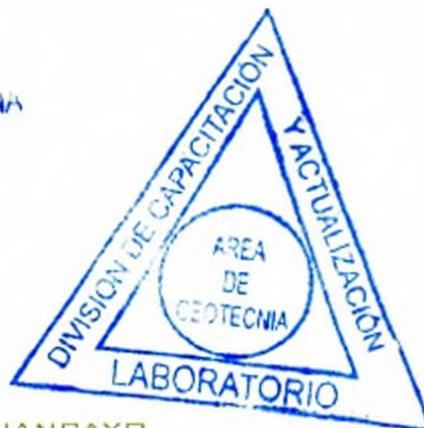
**R.N.E. – 2016 - E.020, E.030 Y E.060**

**ANEXOS N° 5**  
**CERTIFICADO DE ESTUDIO DE SUELOS**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D2489 - 09a - Práctica estándar para la descripción e identificación de los Suelos (Procedimiento Visual-Manual)	
EXPEDIENTE N° : 010221072016 PETICIONARIO : NESTOR DEMETRIO MACHAO DAGA PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR 5 NIVELES UBICACIÓN : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755 METODO DE EXCAVACION : Manual				EXCAVACION : CALICATA N°1 NIVEL FREATICO : No se encontro a 3,00 m TAMAÑO EXCAVACION : 1.50 x 1.50 x 3.00 m INICIO : CHILCA, 16 DE JULIO DE 2016. TERMINO : CHILCA, 21 DE JULIO DE 2016.	
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO VOLUMETRICO (g/cm <sup>3</sup> )	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACION, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SIMBOLOS	GRAFICO			
0.10 0.40	RE				SUELO ORGANICO CON PRECENCIA DE RAICES
1.50 2.00 3.00	ML-CL				Limo arcilloso con presencia de arena fina, estado humedo, plasticidad baja, color marron claro de consistencia suave
IDENTIFICACION DE MUESTRAS Re: Material de relleno no existente S/M: Sin muestra M-1: Muestra alterada N°1				OBSERVACIONES : Calicata : CALICATA N°1 Ubicación : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755	

*LUIS PARRONA QUINTANA*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 148958

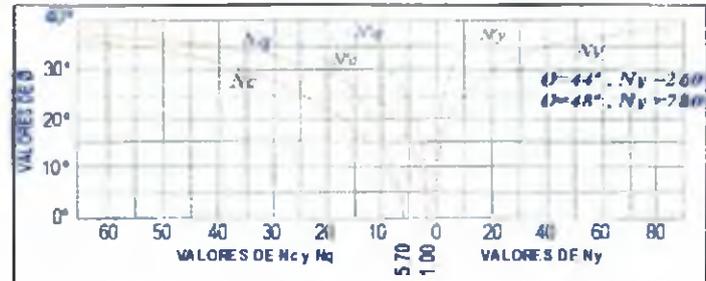


*Bryan Briceno Chihua*  
 \*es Exp en Mecanica de Suelos y Concreto  
 DNI: 72126271



**ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE**

**ATENCIÓN** : NESTOR DEMETRIO MACHAO DAGA  
**PROYECTO** : VIVIENDA MULTIFAMILIAR 5 NIVELES  
**UBICACIÓN** : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755  
**FECHA** : 21 de junio de 2016  
**N° DE MUESTRA** : 1  
**N° DE CALICATA** : 1  
**CLASIFICACION SUCS** : CL-ML  
**Peso Especifico** :  $\gamma_m$  1.557 gr/cm<sup>3</sup>  
**Angulo de Friccion** :  $\phi$  20.13°  
**Cohesion** :  $C$  0.08 Kg/cm<sup>2</sup>

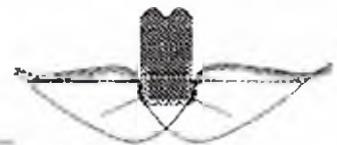


Según Terzagui

Capacidad de Carga Ultima para Cimentaciones Cuadradas

$q_c$  = Capacidad de Carga Ultima  
 $q_d$  = Capacidad Admisible

$$q_c = 1.3Cn_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

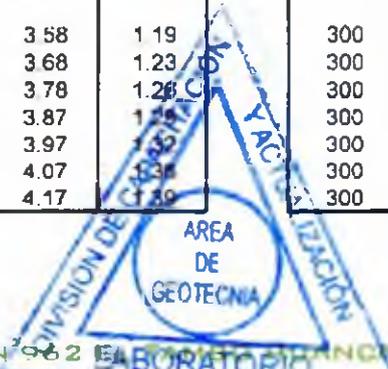


CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE CIMENTACION					
TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA					
P. ESPECIFICO (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$	C (kg/cm <sup>2</sup> )	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0.0016	20.13	0.08	15.15	6.30	5.48

ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F S		3.0	
Base (cm)	Prof. (cm)	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
150	100	3.07	1.02
150	110	3.17	1.06
150	120	3.26	1.09
150	130	3.36	1.12
150	140	3.46	1.15
150	150	3.56	1.19
150	160	3.66	1.22
200	100	3.24	1.08
200	110	3.34	1.11
200	120	3.44	1.15
200	130	3.53	1.18
200	140	3.63	1.21
200	150	3.73	1.24
200	160	3.83	1.28
250	100	3.41	1.14
250	110	3.51	1.17
250	120	3.61	1.20
250	130	3.70	1.23
250	140	3.80	1.27
250	150	3.90	1.30
250	160	4.00	1.33
300	100	3.58	1.19
300	110	3.68	1.23
300	120	3.78	1.26
300	130	3.87	1.29
300	140	3.97	1.33
300	150	4.07	1.36
300	160	4.17	1.39

ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F S		3.5	
Base (cm)	Prof. (cm)	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
150	100	3.07	0.88
150	110	3.17	0.90
150	120	3.26	0.93
150	130	3.36	0.96
150	140	3.46	0.99
150	150	3.56	1.02
150	160	3.66	1.04
200	100	3.24	0.93
200	110	3.34	0.95
200	120	3.44	0.98
200	130	3.53	1.01
200	140	3.63	1.04
200	150	3.73	1.07
200	160	3.83	1.09
250	100	3.41	0.97
250	110	3.51	1.00
250	120	3.61	1.03
250	130	3.70	1.06
250	140	3.80	1.09
250	150	3.90	1.11
250	160	4.00	1.14
300	100	3.58	1.02
300	110	3.68	1.05
300	120	3.78	1.08
300	130	3.87	1.11
300	140	3.97	1.13
300	150	4.07	1.16
300	160	4.17	1.19

ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F S		4.0	
Base (cm)	Prof. (cm)	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )
150	100	3.07	0.77
150	110	3.17	0.79
150	120	3.26	0.82
150	130	3.36	0.84
150	140	3.46	0.87
150	150	3.56	0.89
150	160	3.66	0.91
200	100	3.24	0.81
200	110	3.34	0.83
200	120	3.44	0.86
200	130	3.53	0.88
200	140	3.63	0.91
200	150	3.73	0.93
200	160	3.83	0.96
250	100	3.41	0.85
250	110	3.51	0.88
250	120	3.61	0.90
250	130	3.70	0.93
250	140	3.80	0.95
250	150	3.90	0.97
250	160	4.00	1.00
300	100	3.58	0.90
300	110	3.68	0.92
300	120	3.78	0.94
300	130	3.87	0.97
300	140	3.97	0.99
300	150	4.07	1.02
300	160	4.17	1.04



**LUIS PARRONA QUINTANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 104413

**Bryan Briceño Chahuan**  
 Ing. En Mecánica de Suelos y Geotecnia  
 D.N. 125771

**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO N.T.P. 339.171**

Estado : Alterado  
 Muestra : M-1  
 Profundidad : 3.00 m

Página 2 de 2

Especimen N°	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad Húmeda Inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.825	1.825	1.825
Densidad Seca Inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.557	1.557	1.557
Contenido Humedad Inicial (%)	17.23	17.23	17.23
Densidad Húmeda Final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.241	2.253	2.248
Densidad Seca Final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.629	1.634	1.633
Contenido Humedad Final (%)	37.56	37.89	37.68
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de Corte Maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.363	0.572	0.833
Angulo de Friccion Interna	20.13		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.08		

OBSERVACIONES: MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADO POR EL PETICIONARIO.



**LUIS PARIONA QUINTANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 108413



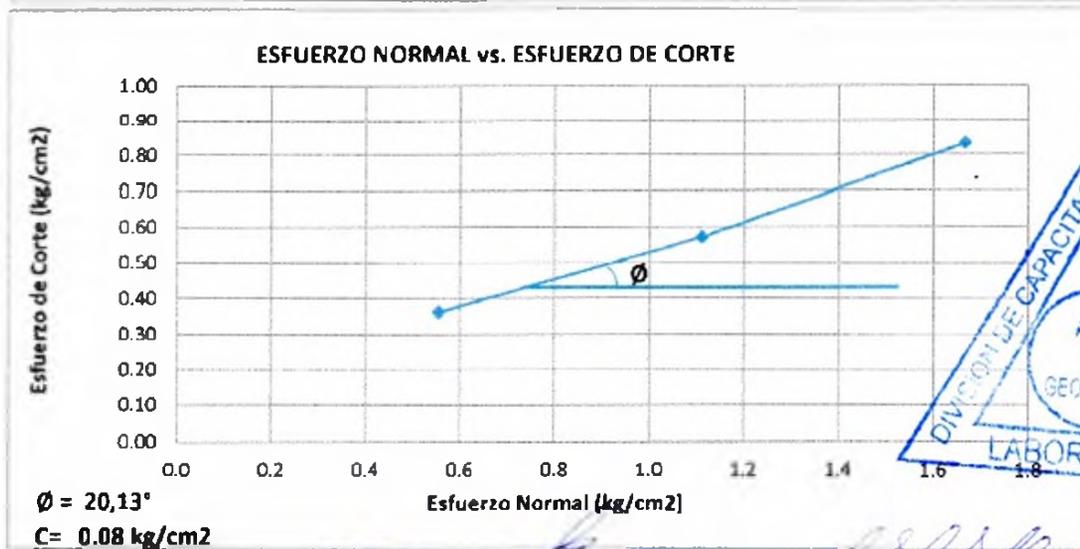
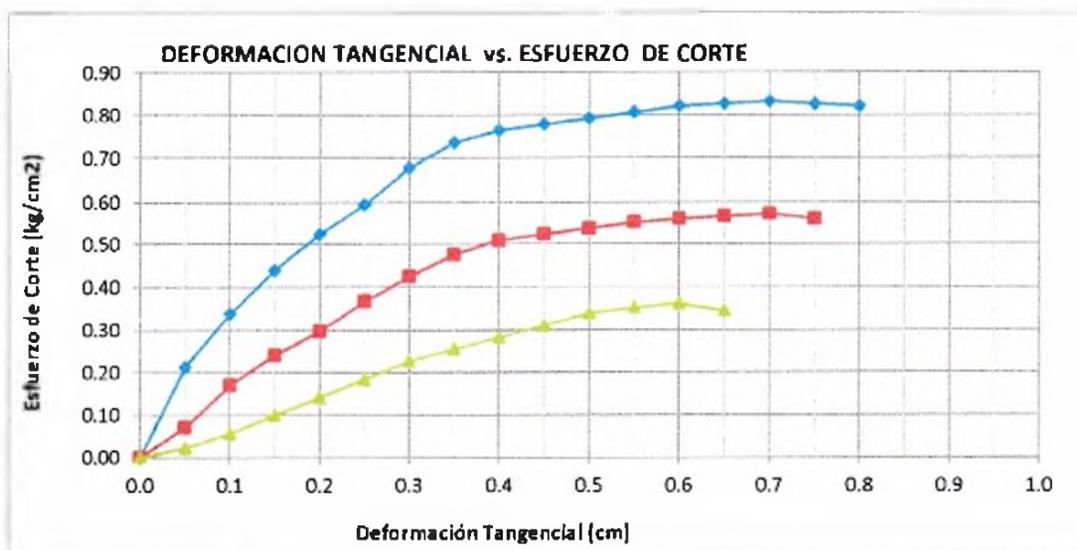
**Bryan Briceño Chihuan**  
 Ing. Exp. en Mecánica de Suelos y Concreto  
 DNI 72126271

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

EXPEDIENTE N° : 010221072016  
 PETICIONARIO : NESTOR DEMETRIO MACHAO DAGA  
 ATENCIÓN : TEOFILA FELICITA DE MACHAO ESPINOZA  
 PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR 5 NIVELES  
 UBICACIÓN : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755  
 FECHA DE RECEPCIÓN : CHILCA, 16 DE JULIO DE 2016.  
 FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 21 DE JULIO DE 2016.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO N.T.P. 339.171**

Estado : Alterado  
 Profundidad : 3.00 m



**LUIS PARTONA QUINTANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 188813

**Bryan Briceño Chihua...**

Exp. en Mecánica de Suelos y Concreto  
 DNI 72126271

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EXPEDIENTE N° : 010221072016  
 PETICIONARIO : NESTOR DEMETRIO MACHAO DAGA  
 ATENCIÓN : TEOFILA FELICITA DE MACHAO ESPINOZA  
 PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR 5 NIVELES  
 UBICACIÓN : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755  
 FECHA DE RECEPCIÓN : CHILCA, 16 DE JULIO DE 2016.  
 FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 21 DE JULIO DE 2016.

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO**  
**NTP 339.127**

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	RESULTADO (%)
C-1	3.00	M-1	17.23

OBSERVACIONES: MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



**LUIS PARIONA QUINTANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 109413




**Bryan Briceno Chihuan**  
 Lic. Esp. en Mecánica de Suelos y Concreto  
 DNI: 72126271



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EXPEDIENTE N° : 010221072016  
PETICIONARIO : NESTOR DEMETRIO MACHAO DAGA  
ATENCIÓN : TEOFILA FELICITA DE MACHAO ESPINOZA  
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR 5 NIVELES  
UBICACIÓN : CALLE MARISCAL CASTILLA N°1755  
FECHA DE RECEPCIÓN : CHILCA, 16 DE JULIO DE 2016.  
FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 21 DE JULIO DE 2016.

**PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS NTP 339.139**

Calicata	C-1
Muestra	M-1
Prof. (m)	3.00

DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
1.825	17.23	1.557

OBSERVACIONES: MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)



LUIS PARIONA QUINTANA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 169413



  
Bryan Briceño Chihuen  
Exp. en Mecánica de Suelos y Concreto  
DNI: 72126271

**ANEXOS N° 6**

**TABLAS DE COEFICIENTES PARA MOMENTOS Y CORTANTES**

**ANEXOS N° 7**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

**ANEXOS N° 8**  
**PLANOS**