**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA INGENIERÍA**

**TEMA:**

# "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

REYES INDIO RONNY ROGER

SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA

**TUTOR:**

ING. RAÚL ANDRÉS VILLAO VERA, MSc.

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2025**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA**

**TEMA:**

# "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**


**AUTORES:**

REYES INDIO RONNY ROGER

SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA

**TUTOR:**

ING. RAÚL ANDRÉS VILLAO VERA, MSc.


**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2025**

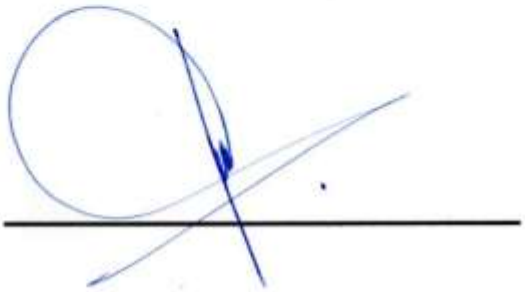
# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.**

DIRECTORA DE CARRERA

**Ing. Raúl Villao Vera, MSc.**

DOCENTE TUTOR



**Ing. Jaime Argudo Rodríguez, PhD.**

DOCENTE ESPECIALISTA

**Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.**

DOCENTE UIC

# DEDICATORIA

A Dios, fuente de conocimiento y poder, por haberme permitido llegar hasta este momento tan transcendental de mi vida. Gracias por formar mi destino como profesional para ayudar a quien más lo necesite entre mis familiares y amigos.

A mi madre, Alina Indio, por criarme, apoyarme económica y emocionalmente. Gracias por tu apoyo incondicional, tus consejos y por creer en que tu hijo puede lograr lo imposible. Este logro es tan tuyo como mío, porque sin tu consejos y amor nada de esto habría sido posible.

A mi padre, Jesús Reyes, por acompañarme con paciencia, comprensión y ánimo constante durante mi etapa universitaria. Gracias por estar apoyarme y recordarme siempre la importancia de no rendirse.

Y, con profundo amor, a mi hermana Cinthia Reyes, quien desde el cielo ilumina mi camino y se ha convertido en mi inspiración y guía eterna. Este logro es también un homenaje a su memoria. Te extraño, hermanita.

**REYES INDIO RONNY ROGER**

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida. Gracias por guiar mis pasos y llenarme de esperanza para continuar cuando el camino parecía incierto.

A mi madre, Dayse Palacios, por ser mi ejemplo de amor, esfuerzo y valentía. Gracias por tu apoyo incondicional, tus consejos y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es tan tuyo como mío, porque sin tu fortaleza y amor nada de esto habría sido posible.

A Ricardo Chica, por acompañarme con paciencia, comprensión y ánimo constante durante mi etapa universitaria. Gracias por estar presente y recordarme siempre la importancia de no rendirme.

Y, con profundo amor, a mi padre, quien desde el cielo ilumina mi camino y se ha convertido en mi inspiración y guía eterna. Este logro es también un homenaje a su memoria. Te extraño, papá.

**SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"** elaborado por el estudiante **REYES INDIO RONNY ROGER y SALINAS PALACIOS MARIA MELINA**, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 9% de la valoración permitida.

**DOCENTE TUTOR**

**Ing. Raúl Andrés Villao Vera MSc.**

**C.I.: 0924204290**

**rvillao@upse.edu.ec**

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
*magister*

# RONNY - MELINA TESIS

**9%** Textos sospechosos

- < 1% Similitudes
  - < 1 % similitudes entre comillas
  - 0 % entre las fuentes mencionadas
- < 1% Idiomas no reconocidos
- 8% Textos potencialmente generados por la IA

**Nombre del documento:** RONNY - MELINA TESIS.docx
**ID del documento:** be8b681941729bbd1bf242efa7da691010f2ed88
**Tamaño del documento original:** 164,58 kB

**Depositante:** RAUL ANDRES VILLAO VERA
**Fecha de depósito:** 7/11/2025
**Tipo de carga:** interface
**fecha de fin de análisis:** 7/11/2025

**Número de palabras:** 11.841
**Número de caracteres:** 76.076

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuente principal detectada

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **incyt.upse.edu.ec** \| El hormigón celular: Análisis y difusión a nivel industrial en Ec... https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/676 1 fuente similar | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (22 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **kupdf.net** \| NEC 15 (Cargas No Sismicas) - Free Download PDF https://kupdf.net/download/nec-15-cargas-no-sismicas_62fc2174e2b6f5f80e77b80e_pdf | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (27 palabras) |
| 2 | **TESIS SANCHEZ GARCIA.docx** \| TESIS SANCHEZ GARCIA #d011d0 Viene de de mi biblioteca | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (14 palabras) |
| 3 | **repositorio.ucv.edu.pe** \| La influencia de ladrillo concreto celular para su uso en ... https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67058 | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **REYES INDIO RONNY ROGER y SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA** , declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f. _____

**Reyes Indio Ronny Roger**

**Autor de tesis**

**C.I. 2450673831**

f. _____

**Salinas Palacios María Melina**

**Autor de tesis**

**C.I. 2400228348**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Raúl Andrés Villao Vera MSc.

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente **trabajo "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por **REYES INDIO RONNY ROGER y SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA**, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

**DOCENTE TUTOR**

**Ing. Raúl Andrés Villao Vera MSc.**

**C.I.: 0924204290**

**rvillao@upse.edu.ec**

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

***Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.***
***Celular:*** *0962183538*
***Correo:*** *bettyruthgomez@educacion.gob.ec*

**CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA**

Yo, ***BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ***, en mi calidad de ***LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS***, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero en Civil, denominado ***"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ"***, de los estudiantes: **REYES INDIO RONNY ROGER y SALINAS PALACIOS MARÍA MELINA.**

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 05 de Noviembre del 2025

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUCIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser la luz que ha guiado mi camino, dándome fortaleza en los momentos de dificultad y sabiduría en cada decisión tomada.

A mi madre, Alina Isabel Indio Plúa, por ser el pilar más importante de mi vida, por esforzarte cada día con el fin de que yo pueda lograr mis metas. Esta meta te la dedico madre.

A mi familia, pilar fundamental en todo este proceso, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza en mí. Gracias por cada palabra de ánimo y por creer en mis capacidades. Este logro no solo me pertenece, sino que también es de ustedes, quienes han estado presentes en cada paso de mi formación.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, por su compromiso, exigencia y dedicación en la enseñanza. Gracias por transmitir no solo conocimientos técnicos, sino también valores y principios que marcarán mi desempeño profesional.

Al Ing. Raúl Villao Vera, mi tutor, por su paciencia, disposición y correcciones durante el desarrollo de este estudio. Su experiencia y guía fueron fundamentales para culminar con éxito esta investigación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme el espacio, las herramientas y la formación integral necesaria para crecer como profesional y como persona.

Y finalmente, a mi pareja, Andrea Lizbeth Miranda Calderón por su comprensión, cariño y apoyo constante en los momentos de agotamiento, estrés y duda. Su compañía y palabras de motivación fueron una gran inspiración para no rendirme y continuar hasta lograr esta meta.

**REYES INDIO RONNY ROGER**

A Dios, por ser la luz que ha guiado mi camino, dándome fortaleza en los momentos de dificultad y sabiduría en cada decisión tomada.

A mi madre, Dayse Mariela Palacios Rodríguez, por ser el pilar más importante de mi vida, por ser padre y madre, por esforzarte cada día con el fin de que yo pueda lograr mis metas. Mamá, te debo la vida entera que no hay manera de saldar esa deuda. Sin embargo, tienes todo el amor puro y sincero de mi parte. Esta meta la cumplimos juntas. Te amo mamá.

A mi familia, pilar fundamental en todo este proceso, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza en mí. Gracias por cada palabra de ánimo y por creer en mis capacidades. Este logro no solo me pertenece, sino que también es de ustedes, quienes han estado presentes en cada paso de mi formación.

A mis amigos de la carrera de Ingeniería Civil y de Tecnologías de la Información, por los momentos compartidos, las risas, el compañerismo y la ayuda mutua donde las noches de estudio eran increíbles. Cuando pensábamos que se nos caía la carrera encima, siempre estábamos el uno para el otro para sacar las materias adelante.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, por su compromiso, exigencia y dedicación en la enseñanza. Gracias por transmitir no solo conocimientos técnicos, sino también valores y principios que marcarán mi desempeño profesional.

Al Ing. Raúl Villao Vera, mi tutor, por su orientación, disposición y valiosas sugerencias durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y acompañamiento fueron esenciales para culminar con éxito este trabajo académico.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme el espacio, las herramientas y la formación integral necesaria para crecer como profesional y como persona.

Y finalmente, a la Ing. Alejandra Yagual por su comprensión, cariño y apoyo constante en los momentos de cansancio, estrés y duda. Su compañía y palabras de aliento fueron una gran fuente de inspiración para no rendirme y continuar hasta alcanzar esta meta.

**SALINAS PALACIOS MARIA MELINA**

# TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ..... ii
DEDICATORIA ..... iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ..... v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA ..... vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR ..... viii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA ..... ix
AGRADECIMIENTOS ..... x
TABLA DE CONTENIDO ..... xii
LISTA DE FIGURAS ..... xvii
LISTA DE TABLAS ..... xix
RESUMEN ..... xxiv
ABSTRACT ..... xxv
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1
*1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ..... 2*
*1.2. ANTECEDENTES ..... 4*
1.3. HIPÓTESIS ..... 6
1.3.1. Hipótesis General ..... *6*
1.3.2. Hipótesis Específicas ..... *6*
1.4. OBJETIVOS ..... 6
1.4.1. Objetivo General ..... *6*
1.4.2. Objetivos Específicos ..... *6*
1.5. ALCANCE ..... 7
1.6. VARIABLES ..... 7
*1.6.1. Variables Independientes: ..... 7*

*1.6.2. Variables Dependientes* ..... *8*

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO ..... 9

2.1. ESTRUCTURAS ..... *9*

2.2. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ..... *9*

*2.2.1. Cimentación* ..... *9*

*2.2.2 Columnas* ..... *10*

*2.2.3 Vigas* ..... *10*

*2.2.4. Losa* ..... *11*

*2.2.4.1. Definición de losa nervada* ..... *11*

*2.2.5. Muros* ..... *12*

2.3. HORMIGÓN CELULAR ..... *12*

*2.3.1. Clasificación de hormigón alivianado* ..... *13*

*2.3.2. Características del hormigón celular y piedra pómez* ..... *13*

*2.3.3. Propiedades del hormigón celular y piedra pómez* ..... *14*

*2.3.4. Ventajas del hormigón celular y piedra pómez* ..... *14*

*2.3.5. Desventajas del hormigón celular y piedra pómez* ..... *16*

*2.3.6. Bloques* ..... *17*

*2.3.7. Bloques de hormigón celular* ..... *17*

*2.3.8. Bloques de pómez* ..... *18*

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ..... *18*

*2.4.1.Cemento* ..... *18*

*2.4.2. Agregado* ..... *20*

*2.4.3. Agua* ..... *23*

*2.4.4. Espumante* ..... *24*

*2.4.5. Hormigón celular con espuma* ..... *24*

2.5. ANÁLISIS FINANCIERO ..... *25*

*2.5.1. Presupuesto* ..... *25*

*2.5.2. Costos directos* ..... *26*

*2.5.3. Costos indirectos* ..... *27*

2.6. EVALUACIÓN EN SOFTWARE ..... *27*

*2.6.1. Fundamentos teóricos del análisis estructural* ..... *27*

*2.6.2. Cargas de diseño* ..... *28*

*2.6.3. Combinaciones de carga* ..... *30*

*...2.6.4. Análisis de derivas laterales* ..... *32*

*2.6.5. Evaluación de cuantías de refuerzo* ..... *34*

*2.6.6. Dimensionamiento de elementos estructurales* ..... *35*

CAPITULO III: METODOLOGIA ..... 37

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN ..... *37*

*3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION* ..... *37*

*3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION* ..... *37*

3.2. METODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION ..... *38*

*3.2.1. METODO DE LA INVESTIGACION* ..... *38*

*3.2.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACION* ..... *38*

*3.2.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION* ..... *38*

3.3. METODOLOGIA DEL OE1: Realizar el análisis estructural de un edificio de 4 niveles mediante el software de modelado estructural (ETABS) para modelar dos sistemas constructivos presentados ..... *39*

*3.3.1. Desarrollo técnico* ..... *39*

3.4. METODOLOGIA DEL OE2: Elaborar el presupuesto de la edificación de 4 niveles mediante el análisis de precios unitarios para obtener el costo por metro cuadrado del componente estructural de la edificación con los dos materiales de construcción empleados. ..... *40*

*3.4.1. Desarrollo técnico* ..... *40*

3.5. METODOLOGIA DEL OE3: Comparar la eficiencia de dos materiales de aligeramiento aplicados en losas nervadas, considerando su repercusión en el análisis de precios y desempeño estructural..... *41*

*3.5.1. Desarrollo técnico..... 41*

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 42

4.1 RESULTADOS DEL OE1: Realizar el análisis estructural de un edificio de 4 niveles mediante el software de simulación estructural (ETABS) para modelar los dos sistemas constructivos presentados. ..... *42*

*4.1.1. Ubicación del sector de estudio..... 42*

*...4.1.2. Diseño arquitectónico ..... 43*

*4.1.3. Perfil de Sitio ..... 44*

*4.1.4. Mapa estratigráfico de Santa Elena ..... 45*

*4.1.5. Factor de Reducción de Resistencia R ..... 48*

*4.1.6. Espectro de diseño elástico..... 51*

*4.1.7. Especificaciones estructurales y elementos de diseño arquitectónico en hormigón armado..... 51*

*4.1.8. Cargas de diseño..... 52*

*4.1.8.1. Cargas vivas para la edificación de servicios académicos ..... 52*

*4.1.8.2. Cargas muertas para la edificación de servicios académicos..... 53*

*4.1.8.3. Predimensionamiento de losas nervadas en una dirección. ..... 54*

*4.1.8.4. Mayoración de Cargas..... 56*

*4.1.9. Resultados de la estructura del diseño sismorresistente ..... 57*

*4.1.9.1. Dimensiones de vigas..... 58*

*4.1.9.2. Dimensiones de columnas..... 62*

*4.1.9.3. Periodo de vibración. ..... 63*

*.....4.1.9.4. Cortante Basal..... 65*

*4.1.9.5. Análisis de Derivas de piso..... 68*

*4.1.9.6. Análisis por irregularidad torsional ..... 73*

*4.1.9.7 Análisis de los efectos de segundo orden P-Δ* ..... *77*

*4.1.10 Diseño de elementos de hormigón armado del sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular (MODELO 1)* ..... *79*

*4.1.10.1 Diseño a flexión en vigas* ..... *79*

*4.1.10.2 Diseño a cortante en viga* ..... *82*

*4.1.10.3 Diseño a flexión en columnas* ..... *85*

*4.1.10.4 Diseño a cortante en columnas* ..... *91*

*4.1.11. Diseño del componente estructural del sistema de losas aligeradas con bloques de pómez (MODELO 2)* ..... *93*

*4.1.11.1. Diseño a flexión en vigas* ..... *93*

*4.1.11.2. Diseño a cortante en vigas* ..... *96*

*4.1.11.3. Diseño a flexión en columnas* ..... *99*

*4.1.11.4 Diseño a cortante en columnas* ..... *104*

4.2. RESULTADOS DEL OE2: Elaborar el presupuesto de la edificación de 4 niveles mediante el análisis de precios unitarios para obtener el costo por metro cuadrado del componente estructural de la edificación con los dos materiales de construcción empleados. ..... 106

4.3. RESULTADOS DEL OE3: Comparar la eficiencia de dos materiales de aligeramiento aplicados en losas nervadas, considerando su repercusión en el análisis de precios y desempeño estructural. ..... 109

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 111

5.1 CONCLUSIONES ..... 111

5.2 RECOMENDACIONES ..... 111

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 113

ANEXOS ..... 118

# LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Partes de la losa nervada. ..... 11
**Figura 2.** Estructura porosa del hormigón celular. ..... 12
**Figura 3.** Piedra Pómez. ..... 13
**Figura 4.** Bloque de hormigón celular. ..... 17
**Figura 5.** Bloque de piedra pómez. ..... 18
**Figura 6.** Agente espumante (Sapindus saponaria). ..... 25
**Figura 7**. Zonas del ecuador con igual aceleración sísmica según el color. ..... 30
**Figura 8.** Deriva de piso. ..... 32
**Figura 9**. Mapa de la Provincia de Santa Elena ..... 43
**Figura 10**. Modelo arquitectónico de pisos para edifico de servicios académicos. ..... 44
**Figura 11**. Vínculo estratigráfico entre las formaciones geológicas de la Península de Santa Elena y Cuenca. ..... 45
**Figura 12.** Espectro de Respuesta elástica para suelo tipo D en el Cantón La Libertad Provincia de Santa Elena. ..... 51
**Figura 13**. Dimensiones asumidas de losa nervada en una dirección. ..... 54
**Figura 14.** Modelos utilizados para el caso de estudio. ..... 57
**Figura 15**. Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y. ..... 86
**Figura 16.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y... 87
**Figura 17.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y... 87
**Figura 18.** Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y. ..... 88
**Figura 19.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y... 88
**Figura 20.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y... 89
**Figura 21.** Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y. ..... 90
**Figura 22.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y... 90

**Figura 23.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y... 90
**Figura 24.** Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y. ..... 100
**Figura 25.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y. 100
**Figura 26.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y. 101
**Figura 27.** Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y. ..... 102
**Figura 28.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y. 102
**Figura 29.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y. 102
**Figura 30.** Piso 1 y2, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y. ..... 103
**Figura 31.** Piso 3, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y. 104
**Figura 32.** Piso 4, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y. 104

# LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Requisitos del producto por cumplir establecidos en las normas. ..... 19
**Tabla 2.** Ejemplo de uso de los diferentes tamaños de agregados. ..... 21
**Tabla 3.** Requisitos de gradación para el árido fino. ..... 22
**Tabla 4.** Requisitos de gradación para el árido grueso parte 1. ..... 22
**Tabla 5.** Requisitos de gradación para el árido grueso parte 2. ..... 23
**Tabla 6**. Valores del factor z según la zona sísmica. ..... 30
**Tabla 7.** Combinaciones de carga. ……31
**Tabla 8.** Valores de derivas máximos según Nec-15. ..... 33
**Tabla 9.** Categoría de riesgo de edificios y otras estructuras por inundaciones, viento, nieve, terremotos y cargas de hiel0. ..... 33
**Tabla 10.** Derivas permitidas según ASCE 7-16. ..... 34
**Tabla 11.** Dimensiones en ejes X e Y de la edificación. ..... 44
**Tabla 12.** Datos clave para configurar el espectro sísmico de diseño según la NEC 2015 (NEC-SE-DS). ..... 46
**Tabla 13.** Coeficientes espectrales para el suelo de diseño. ..... 46
**Tabla 14.** Fa: Coeficiente de amplificación de suelo. ..... 47
**Tabla 15.** Fd: factor de ampliación del suelo. ..... 47
**Tabla 16**. Fs: Comportamiento no lineal de los suelos. ..... 48
**Tabla 17.** $\boldsymbol{\eta}$: Relación de amplificación espectral según la región del Ecuador. .. 48
**Tabla 18.** Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles. ..... 49
**Tabla 19.** Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. ..... 50
**Tabla 20.** Factores y coeficientes estructurales para el edificio de estudio. ..... 50
**Tabla 21.** Propiedades del Hormigón y Acero de Refuerzo. ..... 52
**Tabla 22.** Cargas vivas para el edificio de servicios académicos. ..... 52
**Tabla 23**. Cargas vivas actuantes por nivel. ..... 53
**Tabla 24.** Pesos unitarios considerados en el análisis de cargas. ..... 53
**Tabla 25.** Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular nivel 1, 2 y 3. ..... 54

**Tabla 26.** Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular nivel 4. ..... 55
**Tabla 27.** Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez nivel 1, 2 y 3. ..... 55
**Tabla 28.** Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez nivel 4. ..... 56
**Tabla 29.** Cargas mayoradas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular. ..... 56
**Tabla 30.** Cargas mayoradas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez. ..... 57
**Tabla 31.** Tributación de cargas hacia las vigas para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular. ..... 58
**Tabla 32.** Tributación de cargas hacia las vigas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez. ..... 59
**Tabla 33.** Dimensiones iniciales para ambos sistemas. ..... 59
**Tabla 34.** Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa con bloques de hormigón celular. ..... 60
**Tabla 35.** Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez. ..... 61
**Tabla 36.** Dimensiones iniciales para ambos casos de estudio. ..... 62
**Tabla 37.** Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular. ..... 62
**Tabla 38.** Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez. ..... 63
**Tabla 39.** Periodos de vibración para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular ..... 63
**Tabla 40.** Periodos de vibración para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez. ..... 64
**Tabla 41.** Casos de carga por piso del sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular. ..... 65
**Tabla 42.** Peso sísmico sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular. ..... 66

**Tabla 43.** Casos de carga por piso del sistema de losas aligeradas con bloques de pómez. ..... 66
**Tabla 44.** Peso sísmico sistema de losas aligeradas con bloques de pómez. ..... 67
**Tabla 45.** Cortante basal sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular. ..... 67
**Tabla 46.** Cortante basal sistema de losas aligeradas con bloques de pómez. ..... 68
**Tabla 47.** Coeficientes sísmicos de los sistemas constructivos presentados. ..... 68
**Tabla 48.** Chequeo de derivas máximas para Sismo X de Modelo 1. ..... 69
**Tabla 49.** Chequeo de derivas máximas para Sismo Y de Modelo 1. ..... 70
**Tabla 50.** Chequeo de derivas máximas para Sismo X de Modelo 2. ..... 71
**Tabla 51.** Chequeo de derivas máximas para Sismo Y de Modelo 2. ..... 72
**Tabla 52.** Chequeo de irregularidad torsional para Sismo X de Modelo 1. ..... 73
**Tabla 53.** Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Y de Modelo 1. ..... 74
**Tabla 54.** Chequeo de irregularidad torsional para Sismo X de Modelo 2. ..... 75
**Tabla 55**. Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Y de Modelo 2. ..... 76
**Tabla 56.** Chequeo de efectos P- Δ Sismo X Modelo 1 ..... 77
**Tabla 57.** Chequeo de efectos P- Δ Sismo Y Modelo 1. ..... 78
**Tabla 58.** Chequeo de efectos P- Δ Sismo X Modelo 2 ..... 78
**Tabla 59.** Chequeo de efectos P- Δ Sismo Y Modelo 2. ..... 78
**Tabla 60.** Acero longitudinal para piso 1 ..... 79
**Tabla 61.** Acero longitudinal para piso 2 ..... 80
**Tabla 62.** Acero longitudinal para piso 3 ..... 81
**Tabla 63.** Acero longitudinal para piso 4 ..... 81
**Tabla 64.** Cortante calculado para vigas piso 1. ..... 83
**Tabla 65.** Cortante calculado para vigas piso 2. ..... 83
**Tabla 66.** Cortante calculado para vigas piso 3 ..... 83
**Tabla 67.** Cortante calculado para vigas piso 4. ..... 83
**Tabla 68.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 1 ..... 84
**Tabla 69.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 2. ..... 84

**Tabla 70.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 3. ..... 84
**Tabla 71.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 4. ..... 85
**Tabla 72.** Columna fuerte viga débil de la columna C1. ..... 86
**Tabla 73.** Columna fuerte viga débil de la columna C2. ..... 87
**Tabla 74.** Columna fuerte viga débil de la columna C3. ..... 89
**Tabla 75.** Confinamiento de estribos para la columna C1. ..... 91
**Tabla 76.** Confinamiento de estribos para la columna C2. ..... 92
**Tabla 77.** Confinamiento de estribos para la columna C3. ..... 92
**Tabla 78.** Acero longitudinal para piso 1. ..... 93
**Tabla 79.** Acero longitudinal para piso 2. ..... 94
**Tabla 80.** Acero longitudinal para piso 3. ..... 94
**Tabla 81.** Acero longitudinal para piso 4. ..... 95
**Tabla 82.** Cortante calculado para vigas piso 1. ..... 96
**Tabla 83.** Cortante calculado para vigas piso 2. ..... 96
**Tabla 84.** Cortante calculado para vigas piso 3. ..... 97
**Tabla 85.** Cortante calculado para vigas piso 4. ..... 97
**Tabla 86.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 1. ..... 97
**Tabla 87.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 2. ..... 98
**Tabla 88.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 3. ..... 98
**Tabla 89.** Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 4. ..... 99
**Tabla 90.** Columna fuerte viga débil de la columna C1. ..... 99
**Tabla 91.** Columna fuerte viga débil de la columna C2. ..... 101
**Tabla 92.** Columna fuerte viga débil de la columna C3. ..... 103
**Tabla 93.** Confinamiento de estribos para la columna C1. ..... 105
**Tabla 94.** Confinamiento de estribos para la columna C2. ..... 105
**Tabla 95.** Confinamiento de estribos para la columna C3. ..... 105

**Tabla 96.** Presupuesto del componente estructural del sistema de losas alivianadas con bloques de hormigón celular..... 106
**Tabla 97.** Presupuesto del componente estructural del sistema de losas alivianadas con bloques de pómez. ..... 107
**Tabla 98.** Costo del componente estructural por metro cuadrado de la edificación de los sistemas analizados. ..... 109
**Tabla 99.** Aspectos finales de los sistemas empleados. ..... 109

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EDIFICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS DE CUATRO NIVELES, EMPLEANDO LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR FRENTE A LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE PÓMEZ”

**Autores**: Reyes Indio Ronny Roger

Salinas Palacios María Melina

**Tutor:** Raúl Andrés Villao Vera MSc.

# RESUMEN

*La presente investigación realiza una evaluación comparativa del comportamiento estructural y del análisis de costos de un edificio de servicios académicos de cuatro niveles, empleando dos sistemas de losa aligerada en una dirección: uno con bloques de hormigón celular y otro con bloques de piedra pómez. Para ello, se modelaron ambas alternativas estructurales en el software ETABS, considerando las especificaciones establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. En cada modelo se determinaron las cargas gravitacionales, el peso sísmico, el cortante basal, los desplazamientos, derivas, cuantías de refuerzo y la respuesta global del sistema estructural. Los resultados evidenciaron que el sistema con hormigón celular presenta una reducción significativa en la carga muerta debido a su menor densidad, lo que se refleja en un cortante basal más bajo y un comportamiento sísmico más eficiente. En términos económicos, el sistema con hormigón celular obtuvo un costo total de* ***$431.715,50****, representando una disminución de aproximadamente* ***2,51 %*** *frente al sistema con bloques de pómez, cuyo costo fue de* ***$442.809,85****. Se concluye que el hormigón celular ofrece ventajas estructurales y económicas, constituyendo una alternativa eficiente para edificaciones de características similares.*

***PALABRAS CLAVE****: Hormigón celular – Piedra pómez – Losa aligerada – Análisis estructural y de costos.*

“COMPARATIVE EVALUATION OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR AND COST ANALYSIS OF A FOUR-STORY ACADEMIC SERVICES BUILDING USING RIBBED SLABS WITH CELLULAR CONCRETE BLOCKS VERSUS RIBBED SLABS WITH PUMICE BLOCKS”

**Autor**: Reyes Indio Ronny Roger

Salinas Palacios María Melina

**Tutor:** Raúl Andrés Villao Vera MSc.

# ABSTRACT

*This research presents a comparative evaluation of the structural behavior and cost analysis of a four-story academic services building, employing two one-way ribbed slab systems: one using cellular concrete blocks and the other using pumice blocks. Both structural alternatives were modeled in ETABS in accordance with the requirements of the Ecuadorian Construction Code (NEC-2015). For each model, gravitational loads, seismic weight, base shear, displacements, drifts, reinforcement quantities, and overall structural response were determined. The results show that the system using cellular concrete blocks significantly reduces dead loads due to its lower density, leading to a lower seismic base shear and a more efficient seismic performance. In economic terms, the system with cellular concrete reached a total construction cost of* ***$431,715.50****, representing a reduction of approximately* ***2.51%*** *compared to the system using pumice blocks, which totaled* ***$442,809.85****. The study concludes that cellular concrete offers both structural and economic advantages, making it an efficient alternative for similar mid-rise educational buildings.*

***KEYWORDS:*** *Cellular concrete – Pumice stone – Ribbed slab – Structural analysis – Cost analysis*

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción constituye uno de los pilares más sólidos de la economía, lo cual se evidencia en el incremento de obras de infraestructura civil y comercial tanto en Ecuador como a nivel mundial. Además, este sector busca nuevos materiales para construir de manera más eficiente y sostenible. Una de las alternativas más novedosas es el uso de sistemas de losas nervadas o aligeradas, las cuales constituyen un sistema estructural que implica una cobertura de los vacíos entre los nervios, lo que, a su vez, puede presentarse en una o en dos direcciones. Estos vacíos entre los nervios son aportan resistencia estructural y son ocupados por bloques de diferentes materiales que ayudan a la reducción del peso de la losa y el volumen de hormigón sin comprometer su funcionalidad y seguridad estructural. Al disminuir el volumen de hormigón, se reduce también la carga total que el sistema estructural (elementos principales como vigas y columnas) debe sostener, optimizando la eficiencia estructural y económica. Los bloques se pueden elaborar de distintos materiales como plástico, bloques de arcilla o cemento, poliestireno expandido (EPS), madera, etc. pero esto depende de los requisitos del diseño y el presupuesto. Han surgido nuevos métodos de fabricación de bloques que buscan innovar y mejorar las propiedades de los bloques. En esta investigación se analizó el bloque de hormigón celular y de pómez, estos materiales conocidos por densidad baja según (Zea,2022) y propiedades que son favorables para la fabricación de bloques de los materiales mencionados. El hormigón celular es un material ligero que es elaborado a partir de una mezcla de cemento, agua, arena fina y un agente espumante (artificial, natural o de origen animal), que crea pequeñas partículas de burbujas de aireen la estructura del hormigón. Las burbujas incorporadas en el material disminuyen de manera notable su densidad volumétrica, convirtiéndolo en una opción óptima para aplicaciones estructurales donde la masa propia representa un parámetro crítico en el diseño de la edificación (Veliz et al., 2023).

A diferencia de la piedra pómez, el hormigón celular exhibe un rendimiento térmico y acústico superior, lo cual supone una gran ventaja para obras donde estas cualidades son cruciales. La ligereza y la porosidad son características que distinguen a la piedra pómez, un material natural. Gracias a esto, se comporta como un material robusto y liviano. Su disponibilidad en la provincia de Santa Elena la convierte en una alternativa atractiva para edificar en la región. Su composición singular y versatilidad promueven su uso como bloques en losas con nervaduras que brindan solidez a las edificaciones. Esta tesis tiene como objetivo llevar a cabo un análisis detallado para comparar los dos tipos de materiales, evaluando su rendimiento estructural y económico en la construcción.

## 1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el campo de la construcción, uno de los retos más complejos es maximizar la optimizar los recursos tanto materiales como económicos sin menoscabar la funcionalidad, seguridad y calidad estructural. Las losas nervadas son una alternativa innovadora que es capaz de reducir el peso de las edificaciones sin reducir su capacidad de carga. Las losas incluyen espacios vacíos entre nervaduras, estos vacíos se denominan casetones o bloques los cuales son elaborados de diferentes materiales. Tradicionalmente, estos bloques son fabricados con poliestireno, plásticos, arcilla, cemento o pómez. No obstante, en los últimos años ha incrementado la innovación de los métodos constructivos por lo que el empleo de otras alternativas ha sido fundamental en el contexto de las obras civiles y uno de los materiales sugeridos es el hormigón celular debido a sus propiedades de ligereza, acústica y térmica Este estudio realiza un análisis comparativo entre dos clases de bloques: aquellos elaborados con hormigón celular y los de piedra pómez, con la finalidad de determinar cuál material brinda mejores resultados económicos y estructurales en la construcción de edificios con losas nervadas en la provincia de Santa Elena, Ecuador. La comparación abarcará un análisis del comportamiento estructural junto con un análisis de costos del bloque académico. Las losas nervadas son una alternativa constructiva muy utilizada en edificios de varias plantas, ya que optimizan el uso de hormigón y acero estructural, asegurando una resistencia apropiada ante cargas muertas y vivas.

En este tipo de losas, los bloques desempeñan un papel crucial e importante al sustituir parte del hormigón en las áreas no estructurales de la losa por un material de menor densidad en este caso bloques de hormigón celular o pómez, lo que disminuye considerablemente el peso total de la estructura sin afectar su funcionalidad o seguridad, contribuyendo así a una estructura ligera y económica. El hormigón celular es una mezcla a partir de cemento portland, arena, agua y un agente espumante que inyecta burbujas de aire a la mezcla teniendo como resultado una estructura alveolar capaz de reducir en gran medida su peso. Este material posee cualidades aislantes y bajo impacto ambiental en comparación con otros materiales para la construcción. E inclusive, la facilidad que ofrece para manipular e instalar, lo que puede acortar los plazos de construcción y la cantidad de mano de obra requerida.

Es de notarse que aún se trata de un hormigón ligero, dado que se encuentra todavía bastante más ligero que el hormigón común, el cual por lo regular pesa entre los 2400 y 2560 kg/m3. (Zea, 2022).

Por otra parte, la piedra pómez es una roca de origen volcánico natural que también sobresale por su baja densidad y alta resistencia. Su abundancia en la provincia de Santa Elena y su uso tradicional en diversas aplicaciones constructivas lo convierten en un material accesible y viable económicamente. Al ser un recurso natural, su utilización disminuye el impacto ambiental asociado a la producción de materiales industriales.

Es importante recalcar, que la piedra pómez también tiene una estructura porosa y que ofrece propiedades de aislamiento térmico similares a las del hormigón celular.

A pesar de la ventaja teórica de ambos materiales, no se ha realizado un análisis comparativo completo en el contexto de las losas nervadas en el caso de edificaciones. Por lo tanto, todavía no está claro qué material debería aprovecharse para los proyectos de construcción por lo que es fundamental evaluar factores como facilidad de elaboración, el costo y el rendimiento.

Esta investigación ayudará a obtener la falta de información mediante un detallado estudio que abarque análisis estructural y de costos para proporcionar

datos y criterios técnicos que permitan una mejora en la selección de los materiales de construcción.

## 1.2 ANTECEDENTES

El presente proyecto de investigación evalúa de manera experimental y critica las temáticas abordadas en investigaciones internacionales, nacionales y locales.

A nivel internacional, citamos la investigación realizada por Regalado González Jensil y De la Cruz Hernández Danni. (2015) titulado: *"Sistema constructivo basado en hormigón celular y estudio comparativo con el sistema de hormigón tradicional"* realizado en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. El estudio analizó el uso del hormigón celular en elementos estructurales donde destacó la capacidad para reducir la carga muerta debido a su densidad baja. Se enfatiza en la investigación que el hormigón celular es una alternativa innovadora en la construcción debido a que disminuye el peso global de la estructura lo que permite optimizar el diseño y reducir costos. Se destaca que el hormigón celular ofrece buenas propiedades de aislamiento acústico y térmico contribuyendo así con una mejora importante en la eficiencia energética de las construcciones en la actualidad. En conclusión, la investigación resalta la importancia de la aplicación del hormigón celular en sistemas de losas nervadas donde la resistencia y ligereza es un factor crucial en el desempeño estructural.

Tenemos también la siguiente tesis realizado por Jaime Champi Flórez y Cliver Yenhilton Navarro Durand. (2021) titulado: *"La influencia de ladrillo de hormigón celular para su uso en la construcción de losas aligeradas, Lima - 2021"* que tiene como objetivo principal determinar la influencia del uso de ladrillos de hormigón celular en la construcción de losas aligeradas en Lima, Perú.

Dentro del ámbito nacional tenemos la investigación de Diego Caizalitín y David De La Guerra (2022), titulado: "*Análisis comparativo económico estructural de la utilización de hormigón liviano (f'c=28mpa) vs hormigón normal (f'c=28mpa), usando acero de refuerzo convencional de grado 60 y de alta resistencia de grado 80 en un edificio de 5 pisos para la ciudad de Quito*" que modelaron en ETABS un edificio de 5 pisos bajo combinaciones de concreto tradicional vs. liviano y acero convencional vs. de alta resistencia. Llevaron a cabo

un análisis sísmico lineal, dinámico, no lineal y de costos. A pesar de que este estudio no empleó una investigación de bloque de pómez u hormigón celular, su enfoque de modelado estructural y análisis económico es similar al planteamiento de comparar sistemas constructivos.

En la índole local tenemos la tesis realizada por Bautista Benalcázar, B. A., e Inca Encarnación, D. S. (2023), titulado *"Estudio comparativo entre estructuras de hormigón armado y acero para edificaciones de 4 pisos para centros educativos en la provincia de Santa Elena"*, realizado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Esta tesis evaluó técnica y económicamente dos sistemas estructurales modelados en ETABS bajo normativas NEC-2015, ACI 318-19 y AISC 341-16. Los autores diseñaron y compararon modelos de un edificio de uso educativo en hormigón armado y acero teniendo en consideración las cargas gravitacionales y sísmicas específicas de la provincia de Santa Elena. Además del análisis estructural, llevaron a cabo un análisis económico considerando los costos por $m^2$ de construcción. El estudio determinó que el sistema de hormigón armado presentaba un costo global más económico frente al de acero estructural, aunque el acero ofrecía beneficios en tiempos de construcción y menor deformación sísmica

Finalmente, el articulo científico realizado por Véliz Aguayo Alejandro, Herrera Brunett Gerardo, Ramírez Palma Richard y Salvatierra Barzola Miguel. (2023) titulado: *"El hormigón celular: análisis y difusión a nivel industrial en el Ecuador"*, presentado en la Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU). Realizaron un análisis sobre el uso del hormigón celular en Ecuador, este artículo se enfocó en la evolución y difusión dentro del campo de la construcción. En la investigación, revisaron diez recientes investigaciones realizadas en universidades ecuatorianas y recopilaron datos de empresas nacionales que se dedican a la producción del hormigón celular. A pesar de que el 60% de los estudios cumplen con las normas vigentes, en el país el sector de la construcción no aprovecha las ventajas de este material.

## 1.3 HIPÓTESIS

### 1.3.1 Hipótesis General

La implementación de bloques de hormigón celular en las losas aligeradas mejorará el desempeño estructural y la capacidad de aislamiento acústico y térmico en comparación con las losas aligeradas con bloques de piedra pómez.

### 1.3.2 Hipótesis Específicas

**H.E.1.:** Las losas nervadas con bloques de hormigón celular tendrán una mayor capacidad de carga y mejor comportamiento estructural que las losas con bloques de pómez.

**H.E.2.:** Las losas nervadas con bloques de bloque de pómez representará un menor costo de construcción que aquellas con bloques de hormigón celular.

**H.E.3.:** Las losas nervadas con bloques de bloques de hormigón celular podría tener un mayor impacto ambiental en comparación con los bloques de pómez.

# 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de una losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular versus otra con bloques de pómez de un edificio de servicios académicos de 4 niveles con el fin de evaluar el desempeño estructural y los costos de construcción.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

**O.E.1.:** Realizar el análisis estructural de un edificio de 4 niveles mediante el software de modelado estructural (ETABS) para modelar dos sistemas constructivos presentados.

**O.E.2.:** Elaborar el presupuesto de la edificación de 4 niveles mediante el análisis de precios unitarios para obtener el costo por metro cuadrado del componente estructural de la edificación con los dos materiales de construcción empleados.

**O.E.3.:** Comparar la eficiencia de dos materiales de aligeramiento aplicados en losas nervadas, considerando su repercusión en el análisis de precios y desempeño estructural.

# 1.5 ALCANCE

La presente investigación se limita al análisis y evaluación comparativa del comportamiento estructural y costos de construcción del componente estructural un edificio de servicios académicos de cuatro niveles más cubierta, ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. El suelo considerado para el análisis estructural corresponde al tipo D, caracterizado por su comportamiento particular de acuerdo con las normativas vigentes.

El estudio se centra exclusivamente en la comparación entre las losas aligeradas en una dirección construidas con bloques de hormigón celular y bloques de pómez, empleadas en la edificación académica. La estructura del edificio está conformada por pórticos de hormigón armado que soportan la carga principal. Además, se hizo uso del software ETABS para modelar, analizar, comparar y verificar los desplazamientos resultantes de cada caso.

Se consideran las especificaciones y requisitos establecidos en la normativa NEC2015 (Norma Ecuatoriana de la Construcción) para el diseño, modelamiento y simulación estructural. La cubierta del edificio es de tipo inaccesible, por lo que no se incluye en el análisis estructural con carga de uso.

Este análisis se centra en ofrecer una evaluación técnica y de costos que actuará como guía para la elección correcta de materiales y sistemas estructurales en construcciones académicas similares en la zona.

# 1.6 VARIABLES

## 1.6.1 Variables Independientes:

- ✓ Diseño arquitectónico del edificio.
- ✓ Cargas de servicio del edificio.
- ✓ Propiedades de los materiales.
- ✓ Diseño de los elementos estructurales.

### 1.6.2 Variables Dependientes

- ✓ Desempeño estructural de la losa de la edificación con losa aligerada de bloques de hormigón celular y de bloques de pómez.
- ✓ Costo por metro cuadrado de la edificación en el componente estructural.

# CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 ESTRUCTURAS

En ingeniería, una estructura se considera un sistema conformado por elementos que transmiten fuerzas internas, soportan cargas y mantienen el equilibrio, permitiendo el funcionamiento conjunto para resistir solicitaciones externas. (*Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles*, 2021).

## 2.2 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

### 2.2.1 Cimentación

La palabra "cimentación" viene del latín "fundatio", que a su vez viene del verbo "fundare", que quiere decir asentar o ubicar. En el campo de la ingeniería civil, se refiere a la base construida sobre la que descansa una edificación; son todas las partes de la construcción que están bajo el nivel del suelo, o incluso del agua, y que están diseñadas para sostener el peso de la estructura. La función principal de la cimentación es recibir y pasar de forma segura tanto el peso propio del edificio como las fuerzas externas (como el viento, las vibraciones o los temblores) al terreno o roca que está debajo, a una cierta profundidad (Jumikis, 1984).

La elección de cómo hacer la cimentación depende de cosas como las propiedades del suelo, qué tan pesado es el edificio, dónde está el agua subterránea y otras condiciones geotécnicas importantes. Un buen diseño de la cimentación es clave para que el edificio sea estable y seguro, ya que permite que el peso se transmita bien al suelo y evita que se mueva o se hunda, lo que podría dañar la estructura.

Se puede pensar en una columna como una parte de la estructura que soporta un peso en línea con su eje más largo. Normalmente, su longitud es al menos diez veces mayor que su lado más corto. Estas estructuras suelen estar hechas de materiales como acero, madera, aluminio o concreto reforzado, y cuánto peso pueden soportar depende directamente de qué tan fuerte sea el material: cuanto más fuerte sea, más peso puede soportar sin problema. Por otro lado, las columnas cortas aguantan mejor la presión que las columnas largas y delgadas, que son más propensas a doblarse (Ghavami, 2014). Es muy importante que las columnas transmitan y repartan bien el peso para evitar que se deformen demasiado, que se hundan de forma desigual y que la estructura falle. Junto con elementos como vigas y losas, las columnas tienen un papel fundamental en la estabilidad general del edificio, asegurando que sea fuerte y funcional durante toda su vida útil.

### 2.2.2 Columnas

Una columna se puede entender como un elemento estructural que soporta una carga axial alineada con su eje longitudinal. Generalmente, su longitud es al menos diez veces mayor que su dimensión transversal mínima. Estas estructuras suelen fabricarse en materiales como acero, madera, aluminio o concreto armado, y su capacidad para soportar peso está directamente relacionada con la resistencia mecánica del material elegido: a mayor resistencia, mayor será la carga axial que podrá manejar de manera segura. Por otro lado, las columnas cortas son más resistentes a la compresión pura en comparación con las columnas esbeltas, que son más propensas al pandeo (Ghavami, 2014). La adecuada transferencia y distribución de las cargas mediante las columnas resulta fundamental para prevenir deformaciones excesivas, asentamientos diferenciales y potenciales fallas estructurales. En conjunto con elementos como vigas y losas, las columnas cumplen una función esencial en la estabilidad integral de la edificación, garantizando su resistencia mecánica y operatividad durante todo su ciclo de vida útil.

### 2.2.3 Vigas

Según Mittelstedt (2023), una viga es un elemento estructural lineal de una dimensión que trabaja principalmente a flexión. El análisis de su comportamiento parte de la formulación de la ley constitutiva bajo carga axial y flexión, establecida en un sistema de coordenadas general, en el cual se definen integrales de área recurrentes. Se hace énfasis en parámetros fundamentales como los momentos de

inercia y el momento de desviación, cuya normalización respecto al centro de gravedad de la sección y la transformación al sistema de ejes principales simplifican notablemente el estudio.

El análisis estructural determina la correlación entre la tensión externa prevista de un componente estructural ya sea desplazamientos y tensiones internos que se producen en dicho componente cuando está en operación. Esto es imprescindible para asegurar que los componentes estructurales cumplan con las especificaciones, requisitos de seguridad y capacidad de servicio del código de construcción local.

### 2.2.4 Losa

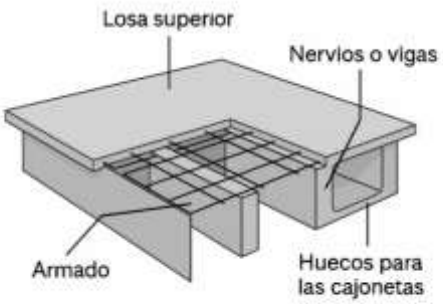
Según Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), la losa es un elemento estructural de hormigón armado cuya función es resistir cargas perpendiculares a su plano transmitiendo las cargas hacia las vigas, columnas y la cimentación.

#### 2.2.4.1 Definición de losa nervada

La losa nervada es un tipo de losa de hormigón armado que está estructurado por nervios o viguetas que permiten una mejor distribución de cargas, aligerando el peso de las edificaciones. Los nervios se disponen en la misma dirección de mayor luz, mientras que la loseta proporciona la resistencia final de las cargas. Este tipo de losa se usan en la construcción gracias a la eficiencia estructural y económica (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

***Figura 1.***

Partes de la losa nervada.




Partes de losa nervada

*Nota*. Autores.

### 2.2.5 Muros

H. Nilson y Darwin (2001) sugieren que, los muros de una estructura de concreto son soportados en cada piso por el esqueleto de la estructura y su función es encerrar y separar por secciones el edificio, a estos se le puede llamar muros de cerramiento. Estos muros pueden ser de concreto prefabricado, bloques de concreto y arcilla, ladrillos y paneles metálicos o gypsum con aislamiento.

El espesor de estos materiales variará según el tipo de material que se utilizará en los muros, esta elección dependerá del tipo de edificación, condiciones climáticas y los requisitos que regula el sitio donde se ejecutará la obra.

Por último, un muro portante es aquella que está diseñado para soportar cargas verticales y laterales además de su propio peso. Su función principal es transferir las cargas hacia la cimentación, lo que proporciona estabilidad, seguridad y resistencia a la estructura.

## 2.3 HORMIGÓN CELULAR

Como manifiesta Ayala Fontes (1969), el hormigón celular es una mezcla que está compuesto de cemento, agua, arena, y un espumante. Esta mezcla es de baja densidad a comparación del hormigón convencional, sin embargo, este material ha hallado una amplia aplicación en diferentes formas en la construcción. El uso del hormigón ligero trae múltiples beneficios con sus aplicaciones.

Según Francisco Zea (2022), el hormigón celular fue conocido como un hormigón cuya densidad es menor de 1800 kg/m3. La reducción de la densidad se produce gracias a la presencia de poros en su estructura. Estos vacíos ocasionan la disminución de la resistencia a la compresión, pero esto puede no ser un problema ya que depende de la aplicación en la edificación. La resistencia de esta mezcla es proporcional a su peso, densidad y resistencia.

**Figura 2.**

Estructura porosa del hormigón celular.

*Nota.* Tomado de Hess ACC Systems, (s.f).

### 2.3.1 Clasificación de hormigón alivianado

Según Rengifo y Yupangui (2013), el hormigón celular se clasifica en los siguientes tipos:

- Hormigón de agregado ligero: Se usa agregados de baja densidad y gravedad especifica aparente.
- Hormigón sin finos: el agregado fino es omitido en el diseño, por lo cual existe vacíos intersticiales. El agregado grueso es el peso específico normal.
- Hormigón aireado, celular, espumoso o gaseoso: Se introduce vacíos dentro de la mezcla, estos vacíos se dan por la incorporación de aire, gas o espuma en la mezcla de hormigón fresco.

### 2.3.2 Características del hormigón celular y piedra pómez

Menciona Góngora y Huamán (2015), se puede asignar las siguientes características al hormigón celular: material ligero con poros en su estructura, resistente a la compresión en relación con la densidad, resistente al fuego y baja densidad con propiedades de aislamiento térmico y acústico.

De acuerdo con Valarezo Villavicencio (2018), la piedra pómez es una roca de origen volcánica de baja densidad (350-800 kg/m3), naturalmente porosa (17%) y liviana. Se forma a partir del rápido enfriamiento de la lava con alto contenido de gas. Tiene textura rugosa, áspera y su forma puede ser angular o redondeada. Por lo que, es utilizada como elementos no estructurales en sistemas de aligeramiento de losas.

***Figura 3.***

Piedra Pómez.

*Nota.* Tomado de *Mineral - Piedra Pómez*. (s.f.).

### 2.3.3 Propiedades del hormigón celular y piedra pómez

Como plantea What is aerated concrete (s. f.), el hormigón celular es un material liviano que está compuesto por una mezcla de cemento, agregad fino, agua y un agente espumante que genera burbujas en la estructura de la mezcla. Debido a la composición, la mezcla presenta propiedades físico-mecánicas que lo distinguen del hormigón tradicional. Entre las principales propiedades están:

- Bajo peso volumétrico, lo que permite que los elementos elaborados con este tipo de mezcla sean ligeros, pero sin comprometer su resistencia dentro de sus límites funcionales.
- Ignifugo, es un material incombustible.
- Aislamiento térmico y acústico, gracias a los vacíos contenidos en la estructura del material.
- Durabilidad, debido a que presenta una buena resistencia a los factores ambientales.

Citando a Matamoros (2019), la piedra pómez presenta propiedades físicas que la hacen ideal para ser utilizado como material de aligeramiento en elementos no portantes tales como:

- Baja densidad, varia generalmente entre 500 y 900 kg/m3 que permite reducir el peso propio de las estructuras.
- Estructura porosa, confiere a una capacidad de aislamiento térmico y acústico lo que mejora las condiciones de habitualidad.
- Resistencia al fuego, ya que al ser de origen volcánico soporta altas temperaturas sin perder sus características físicas.

Ambos materiales tienen propiedades similares por lo que la elección del material dependerá de factores como el diseño, disponibilidad y las necesidades de la estructura.

### 2.3.4 Ventajas del hormigón celular y piedra pómez

Como plantea Rengifo y Yupangui (2013), el hormigón celular tiene las siguientes ventajas:

- Densidad: La baja densidad que presenta el hormigón celular optimiza el diseño debido a que reduce significativamente las cargas globales de la estructura.
- Humedad: El hormigón celular al tener una estructura porosa, absorbe agua a través de la materia sólida lo que permite que el proceso de absorción y capilaridad se realice de manera lenta.
- Velocidad de construcción: La ausencia de agregado y el efecto de rodamiento gracias a la espuma que proporciona una buena consistencia a la mezcla. La vibración de la mezcla no es necesaria debido a que el hormigón celular se distribuye y llena los espacios existentes.
- Aislamiento térmico: La labor del agente espumante en la estructura del material es crear alvéolos o burbujas que contiene millones de micro células de aire, tras el fraguado logra un material termoaislante diez veces más que el hormigón tradicional lo que proporciona un mayor confort térmico en las edificaciones.
- Aislamiento acústico: La estructura porosa del hormigón celular permite que el material tenga una buena absorción de energía acústica y a su vez ser un aislante acústico. Esta propiedad aumenta mediante se disminuya la densidad.
- Resistencia al fuego: Este material se adapta a las aplicaciones cortafuegos por ser un material ignífugo y que tiene bajo coeficiente de conductividad térmica, lo que significa que el flujo de calor que pasa a través del material es bajo.

De acuerdo con Matamoros (2019), la piedra pómez ofrece diversas ventajas como:

- Ligereza: La baja densidad de este material contribuye a la reducción del peso propio de los elementos estructurales, lo que es ideal para diseños que requieren alivianar las estructuras, pero sin sacrificar su capacidad de carga.
- Aislante térmico y acústico: La estructura porosa actúa como aislante térmico y acústico, lo que significaría un mejor confort y eficiencia energética.

- Resistencia al fuego: al ser un material de origen natural-volcánico, la piedra pómez es ignífugo lo que contribuye a la seguridad de las edificaciones.
- Compatibilidad con el hormigón: La piedra pómez tiene una buena adherencia con el hormigón lo que permite una construcción fácil y rápida.
- Disponibilidad y sostenibilidad: al ser un recurso natural abundante en el Ecuador facilita su obtención y lo convierte en una alternativa frente a otros materiales de origen artificial.

### 2.3.5 Desventajas del hormigón celular y piedra pómez

Como señala Rengifo y Yupangui (2013), las desventajas del hormigón celular son las siguientes:

- Económicamente más costoso que la piedra pómez.
- Al tener una estructura más porosa se vuelve más vulnerable a factores químicos como agua contaminada o líquidos reactivos.
- La estructura con alvéolos ocasiona la reducción de la resistencia a la compresión.
- Es importante desarrollar un sistema de dosificación, mezclado, y curado, ya que existen factores que influyen en las propiedades físicas-mecánicas del material.
- El hormigón celular presenta módulo de elasticidad baja lo que significa mayores deformaciones.

De acuerdo con Matamoros (2019), la piedra pómez posee ciertas limitaciones y son los siguientes:

- Menor resistencia, la baja densidad implica una menor resistencia mecánica.
- Mayor absorción de agua, la estructura porosa permite la absorción del agua lo que puede ser perjudicial para el diseño.
- Variabilidad en sus propiedades físicas, al ser un material natural las características pueden variar como la densidad, porosidad y forma lo que puede afectar la homogeneidad del material.

- Es necesario triturarla o clasificarla para que cumplan con las normas, lo que puede aumentar tiempos y costos de producción.

### 2.3.6 Bloques

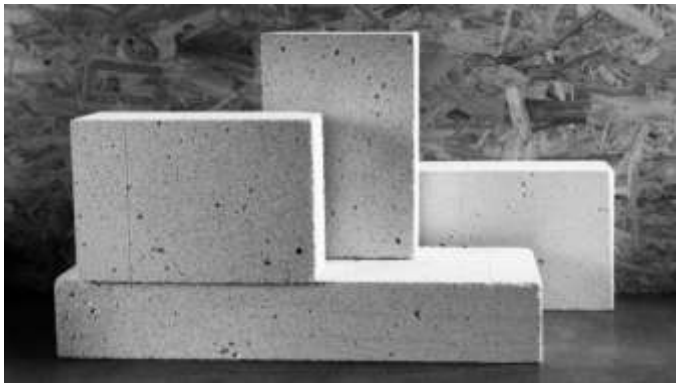
De acuerdo con Juan Sánchez (2022), los bloques son elementos no estructurales prefabricados de diferentes tipos de materiales en forma de bloques y que son utilizados para rellenar los vacíos entre los nervios o viguetas. Su función principal es aligerar el peso global de la estructura sin comprometer su capacidad de carga.

### 2.3.7 Bloques de hormigón celular

Según Champi y Navarro (2021), los bloques de hormigón celular se utilizan como elementos de aligeramiento en losas nervadas. Estas son prefabricadas y se colocan entre los nervios de la losa con el fin de reducir el volumen de hormigón sin comprometer con su capacidad portante. El uso de los bloques de hormigón celular permite disminuir el peso propio de la losa, lo que optimiza el diseño estructural y reduce cargas globales. Este material al estar compuesto por una mezcla de agua, cemento, agregado fino y un agente espumante proporciona una estructura con alvéolos que mejora el aislamiento térmico y acústico, además que mantiene una resistencia apta para ser aplicado en elementos no estructurales. Estos bloques no trabajan estructuralmente con la losa sin embargo es eficiente debido a la fácil instalación, tiempo de construcción y economía.

**Figura 4.**

*Bloque de hormigón celular.*



*Nota.* Tomado de Tipos de hormigón celular (2024).

### 2.3.8 Bloques de pómez

Los bloques de piedra pómez son elementos fabricados a partir de una roca de origen natural volcánica que es ligera y porosa. Propiedades como aislamiento térmico, acústico, y ligereza confieres a ser un material confiable para la aplicación en el campo de la construcción. Según Qué es la Piedra Pómez. (2023), la piedra pómez es un material que brinda una buena eficiencia térmica y sonora, convirtiéndose en una opción para ser aplicado en sistemas constructivos livianos. Por su parte, Piedra Pómez utilizado en la construcción. (2023), resalta que los bloques y morteros que están elaborados con piedra pómez podrían reducir su peso en un 30% lo que mejora las propiedades aislantes y contribuye a edificaciones más sostenibles y económicas.

**Figura 5.**

*Bloque de piedra pómez.*

*Nota.* Tomado de Piedra pómez utilizada en la construcción (2023).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### 2.4.1 Cemento

Según Holcim México (2024), el cemento portland es un agente adherente que es utilizado para unir diversos materiales y como agente principal para la mezcla de hormigón. El término “cemento” deriva del latín “caementum” y que se utiliza este término para referirse a sustancias adhesivas.

El tipo de cemento más común utilizado en la industria es el cemento hidráulico. El cemento hidráulico es un polvo fino que está compuesto principalmente por Clinker.

De acuerdo con Cemex (s.f), el Clinker se forma a partir de la calcinación a temperaturas que oscila entre 1350-1450 °C de una mezcla de materiales como la caliza, arcilla y otros componentes minoritarios.

El Clinker tienen forma de gránulos o bolas de entre 0,5- 25mm, estos gránulos son triturados y mezclados con yeso y otros componentes adicionales lo que permite la fabricación los distintos tipos de cementos hallados en el mercado.

El cemento es una sustancia tipo polvo de color gris que, al ser mezclado con agua, se forma una pasta que se puede fraguar y endurecer bajo el agua y en el aire. El cemento actúa como aglutinante tanto de agregados finos y gruesos.

Se compone de caliza, arcilla y yeso, sus propiedades dependen de los materiales y del proceso de fabricación. De acuerdo con Instituto Ecuatoriano de Normalización 2380 (2011), el cemento hidráulico es aquel que reacciona con el agua y que produce compuestos que tiene resistencia mecánica y propiedades aglutinantes.

Según el Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 007 cementos, cal y yeso (2011), cada tipo de cemento encontrados en el mercado ecuatoriano debe cumplir con requisitos establecidos en las normas expuestas en la Tabla 1:

**Tabla 1.**

*Requisitos del producto por cumplir establecidos en las normas.*

| PRODUCTO | NORMAS |
|---|---|
| Cementos Portland | NTE INEN 152 |
| Cementos hidráulicos compuestos | NTE INEN 490 |
| Cemento para mampostería | NTE INEN 1806 |
| Cemento hidráulico | NTE INEN 2380 |
| Cemento para mortero | NTE INEN 2615 |
| Cemento plástico para revoques | NTE INEN 2660 |
| Cal hidráulica hidratada para construcción | NTE INEN 246 |

| | |
|---|---|
| Cal hidratada para uso en mampostería | NTE INEN 247 |
| Cal viva para propósitos estructurales | NTE INEN 248 |
| Yeso para construcción | NTE INEN 1685 |

*Nota.* Tomado de RTE INEN 007 (2011).

### 2.4.2 Agregado

Citando a Luaces, C (2010), Los agregados son una serie de arenas, gravas y rocas fragmentadas utilizados en el campo de la construcción y en otras aplicaciones industriales. En función a la aplicación de este material de origen natural, los agregados deben cumplir con requisitos, características asociadas a su naturaleza petrográfica, entre ellas tenemos:

- Propiedades geométricas: Tamaño, forma de las partículas, caras, calidad de finos, etc.
- Propiedades mecánicas y físicas: Resistencia al desgaste, fragmentación y pulimento. Densidad, porosidad, contenido de agua, etc.
- Propiedades térmicas: Resistencia al hielo y deshielo, etc.
- Propiedades químicas: Contenido de azufre, materia orgánica, cloruro, etc.

Los áridos se clasifican por el tipo de roca, por la aplicación y por su tamaño.

### Por tipo de roca

A los áridos por tipo de roca se puede clasificar en 3 categorías: Áridos naturales, áridos reciclados y áridos secundarios.

**Áridos naturales**

Son áridos procedentes de la corteza terrestre, y esta se clasifican en rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

Establece Rocas ígneas: tipos y características (2020), son aquellas rocas formadas por la solidificación del magma, pasa de estado sólido a líquido por efecto a la temperatura a la que están expuesto lo que resulta en el enlace de las partículas y el enfriamiento de los minerales, este proceso final se lo denomina cristalización. Las rocas ígneas se clasifican en: Rocas plutónicas, rocas hipo abisales y rocas volcánicas.

- Rocas plutónicas: granitos, dioritas, gabros.
- Rocas hipo abisales: diabasas, pórfidos.
- Rocas volcánicas: basaltos, riolitas, traquitas, andesitas.

### Áridos reciclados

Procedentes de residuos de demoliciones de la construcción tales como de hormigones, ladrillos, tejas, carreteras y mezclas.

### Áridos secundarios o artificiales

Procedentes de escorias de otras industrias y su uso es escaso tales como escorias de horno alto, escorias de acería, etc.

## Por la aplicación

De acuerdo con, ¿Cuáles son los diferentes tipos de agregados y sus usos? (2024), se presenta la Tabla 2 con el fin de demostrar los usos y diferentes tamaños.

**Tabla 2.**

*Ejemplo de uso de los diferentes tamaños de agregados.*

| Producto Agregado | Ejemplo de Aplicación |
|---|---|
| 0-2mm Arena, seca o lavada | Mortero y Render. |
| 0-4mm Arena, seca o lavada | Arena de grado M, Producción de hormigón, Bloqueadores, Banderas |
| 10mm | Adecuado para vías y accionamientos, producción de hormigón. Ropa de cama de tubería. |
| 20mm | Adecuado para vías y accionamientos, producción de hormigón. Tubería de Cama. |
| 40mm | Sub-Base y material de drenaje Tipo B. |
| 75mm | Subbase y material de drenaje tipo B. |
| 150mm | Material limpio de Gavión de 6 g para proyectos de ingeniería civil. |
| Trituradora de 40 mm | La combinación de roca triturada y polvo de piedra crea un material subbase de bajo vacío. |
| Trituradora de 75 mm | Relleno posterior, subbase de llenado de zanjas. |
| 6F2 | Un material reciclado utilizado como relleno a granel o tapa y material de colocación. |
| 6F5 | Un material reciclado utilizado como relleno a granel o tapa y material de colocación. |

| | |
|---|---|
| MOT Tipo 1 | Material granular subbase, buenas prpiedades de soporte de carga. |
| Rap Rip | Utilizado para la costa, pilares del puente, pilotes. |
| Piedra Dimensional | Se puede recortar o cortar a cualquier forma o tamaño. |
| Armadura de Roca | Defensas de mar/Río, Proyectos de estabilización. |

*Nota.* Tomado de ¿Cuáles son los diferentes tipos de agregados y sus usos? (2024).

## Por su tamaño

Los agregados se clasifican por tamaño en partículas finas como la arena y agregados gruesos como grava y piedra triturada. El tamaño afecta directamente resistencia de la mezcla y a la trabajabilidad. Según la NTE INEN 872 (2011), para tener una buena gradación del árido fino y grueso se debe cumplir los siguientes límites.

**Tabla 3.**

*Requisitos de gradación para el árido fino.*

| Tamiz (NTE INEN 154) | Porcentaje que pasa |
|---|---|
| 9.5mm | 100 |
| 4.75mm | 95 a 100 |
| 2.36 mm | 80 a 100 |
| 1.18 mm | 50 a 85 |
| 600 µm | 25 a 60 |
| 300 µm | 5 a 30 |
| 150 µm | 0 a 10 |

*Nota.* Tomado de NTE INEN 872 (2011).

**Tabla 4.**

*Requisitos de gradación para el árido grueso parte 1.*

| Numero de tamaño | Tamaño nominal | Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100mm | 90mm | 75mm | 63mm | 50mm | 37,5mm | 25,0mm |
| 1 | De 90 a 37,5 | 100 | 90 a 100 | --- | 25 a 60 | --- | 0 a 15 | --- |
| 2 | De 63 a 37,5 | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | --- |
| 3 | De 50 a 25 | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 357 | De 50 a 4,75 | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 | --- | 35 a 70 |
| 4 | De 37,5 a 19 | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 |
| 467 | De 37 a 4,75 | --- | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 | --- |
| 5 | De 25 a 9,5 | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 |
| 56 | De 25 a 4,75 | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 |
| 57 | De 19 a 9,5 | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 |
| 6 | De 19 a 4,75 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 |
| 67 | De 12,5 a 4,75 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 |
| 7 | De 9,5 a 2,36 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 8 | De 9,5 a 2,38 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 89 | De 9,5 a 1,18 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | De 4,75 a 1,18 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

*Nota.* Tomado de NTE INEN 872 (2011).

**Tabla 5.**

*Requisitos de gradación para el árido grueso parte 2.*

| Numero de tamaño | Tamaño nominal | Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 19mm | 12,5mm | 9,5mm | 4,75mm | 2,36mm | 1,18mm | 300µm |
| 1 | De 90 a 37,5 | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | De 63 a 37,5 | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | De 50 a 25 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 357 | De 50 a 4,75 | --- | 10 a 30 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 4 | De 37,5 a 19 | 0 a 15 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- |
| 467 | De 37 a 4,75 | 35 a 70 | --- | 10 a 30 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 5 | De 25 a 9,5 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- |
| 56 | De 25 a 4,75 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 57 | De 19 a 9,5 | --- | 25 a 60 | --- | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- |
| 6 | De 19 a 4,75 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 67 | De 12,5 a 4,75 | 90 a 100 | --- | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- |
| 7 | De 9,5 a 2,36 | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- |
| 8 | De 9,5 a 2,38 | --- | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- |
| 89 | De 9,5 a 1,18 | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | De 4,75 a 1,18 | --- | --- | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

*Nota.* Tomado de NTE INEN 872 (2011).

### 2.4.3 Agua

El agua es un componente importante en la mezcla del hormigón, ya que es el principal componente que permite que se aglutinen los elementos que conforman

el hormigón. El agua al estar en contacto con el cemento da como resultado una reacción se denomina hidratación, y que permite la trabajabilidad del hormigón.

La calidad del agua influye en la durabilidad, resistencia y aspecto final de la mezcla, lo que sugiere que el agua deber estar libre de impurezas como ácidos, sales, aceites, materias orgánicas u otras sustancias que puedes perjudicar el fraguado o la adherencia.

Postula la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HMC (2015), el agua que se utiliza para el mezclado debe ser potable o a su vez cumplir con los requisitos especificados, con el fin de que no se altere las propiedades del hormigón endurecido. Inclusive se puede usar agua no potable si es comprobado mediante ensayos que utilizarla no reduce la resistencia del hormigón en más de un 10%.

### 2.4.4 Espumante

Plantea Cruz y Anrango (2023), los espumantes son utilizados para la elaboración de hormigón celular y que introduce una combinación de aditivos como agua y aire en la estructura de la mezcla. La espuma es generada por los aditivos, esta se mezcla con el fin de incorporar las microburbujas en el cemento dando como resultado un hormigón celular de baja densidad.

Según Agentes espumantes para hormigón celular. (2024), los espumantes para el hormigón celular deben estar diseñadas para la producción de espuma que pueda mantener la estructura porosa durante el tiempo suficiente, permitiendo que la mezcla sea eficiente, ligero, resistente y con buenas propiedades físicas-mecánicas.

La dosificación y calidad del espumante determinará la estabilidad de la espuma y por consiguiente la uniformidad de las propiedades del hormigón celular. Una espuma no adecuada puede afecto directamente factores como colapso del mezclado, durabilidad, trabajabilidad y fraguado, lo que afectaría negativamente el desempeño y estructura del material.

### 2.4.5 Hormigón celular con espuma

Los alvéolos en el hormigón se logran al añadir a la mezcla un producto que, al ser agitado, genera burbujas de aire. Estas burbujas quedan atrapadas a medida que la mezcla fragua, creando micro celdas aisladas unas de otras. Si bien cualquier

sustancia capaz de producir espuma podría usarse inicialmente, la presencia de agua y el proceso de mezclado tienden a reducir la tensión superficial y romper estas burbujas. Sin embargo, conseguir agentes espumantes de tipo químico o natural representa una dificultad significativa en el mercado lo que afecta el costo de producción. El proceso producción de hormigones celulares uno de los factores cruciales es el mezclado para la calidad final. El tiempo de mezclado impacta en la resistencia y densidad del hormigón lo que quiere decir que, a mayor tiempo de mezclado, menor densidad y su vez menor resistencia. Arbito Gerardo (2016).

**Figura 6.**

*Agente espumante (Sapindus saponaria).*

*Nota.* Autores.

## 2.5 ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero constituye una disciplina fundamental que aporta los fundamentos conceptuales y las herramientas metodológicas requeridas para elaborar evaluaciones coherentes respecto a la estabilidad y salud financiera de la empresa. El juicio debe ayudar a la toma de las partes interesadas. (Proaño B, 2023).

### 2.5.1 Presupuesto

El análisis de presupuesto es el proceso de estimar, desglosar y optimizar los costos del proyecto, estos costos se dividen en: costos directos e indirectos. Esto se evalúa con el fin de garantizar la viabilidad económica del proyecto y obtener la mayor rentabilidad posible, asegurando la eficiencia de los recursos y el cumplimiento de los objetivos y tiempos de trabajo. (Lima F, 2024)

Según Hidalgo Aching et al. (s.f.), el presupuesto es un método sistemático donde se evalúa aspectos financieros con el fin de lograr los objetivos planificados. El presupuesto es una proyección de los gastos y costos de operación con la que se conllevara la realización de la obra civil. Este plan financiero es crucial para la planificación, control y toma de decisiones, lo que tendrá como resultado alcanzar los objetivos propuestos sin pérdidas económicas y en el menor tiempo posible.

### 2.5.2 Costos directos

Los costos directos son todos los gastos que están directamente vinculados a la ejecución de un proyecto civil. Lo que refiere a la suma de costos del material, mano de obra y equipos necesarios para llevar a cabo la obra civil.

#### *2.5.2.1 Materiales*

Los materiales de construcción son todas aquellas sustancias naturales o artificiales, que se utilizan para ejecutar un proyecto civil o arquitectico y que son seleccionados en función de las propiedades físicas y mecánicas del material, con el propósito de garantizar durabilidad, funcionalidad y estabilidad del proyecto. (Suárez Salazar, 2002).

#### *2.5.2.2 Herramientas*

Las herramientas constituyen un conjunto integral de equipos que se utilizan para ejecutar diversas tareas en los procesos constructivos, que van desde la excavación hasta la manipulación de elementos estructurales y el traslado de materiales de construcción. Es relevante destacar que esta maquinaria puede ser de propiedad de la empresa constructora o adquirida a través del alquiler. Elegir las herramientas adecuadas es fundamental para la efectividad y el éxito de un proyecto de construcción, dado que influye de manera directa en la calidad y tiempos de las tareas llevadas a cabo en la obra.

#### *2.5.2.3 Mano de obra*

Se entiende como el grupo de individuos necesarios para llevar a cabo la labor. Estos se clasifican en campos de oficio según su especialidad y, con base en esto, se les asigna un salario apropiado. Dependiendo del área de trabajo que se le asigne, los costos laborales pueden clasificarse en costos directos o indirectos. (Suárez Salazar, 2002).

### 2.5.3 Costos indirectos

Los costos indirectos de un proyecto son todos aquellos costos de organización, administración y operación que, si bien no se pueden atribuir directamente a una actividad concreta de la construcción, son imprescindibles para realizar el proyecto y benefician a la empresa en su totalidad. Comprenden los sueldos de quienes se encargan de la supervisión y la administración, el arrendamiento de las oficinas, los suministros (como la luz y el internet), los seguros, el mantenimiento del equipo, la construcción de instalaciones provisionales, lo no previsto y otros. (Suárez Salazar, 2002).

#### *2.5.3.1 Costos de administración*

Se definen como los desembolsos propios del quehacer diario de las áreas administrativas, estos son esenciales para asegurar que la gestión de la organización se lleve a cabo correctamente. En este grupo se incluyen los sueldos del personal administrativo, los impuestos obligatorios y el alquiler de los espacios utilizados para las tareas de dirección y coordinación.

#### *2.5.3.2 Costos de obra*

Los costos de obra se definen como la suma de todos los gastos en donde se incluyen todos los costos directos (materiales, mano de obra, maquinaria) e indirectos (gastos generales, administración, seguros, servicios básicos) necesarios para ejecutar una obra civil. (Beltrán Razura, 2012).

## 2.6 EVALUACIÓN EN SOFTWARE

En ingeniería estructural, el análisis de una edificación se realiza frecuentemente con software especializado que está basado en elementos finitos o en el método matricial de rigidez y que implementa los fundamentos teóricos clásicos del análisis estructural. Estos fundamentos incluyen la estática (equilibrio de fuerzas y momentos), la compatibilidad de deformaciones y la relación constitutiva del material. (Celigüeta, s.f.).

### 2.6.1 Fundamentos teóricos del análisis estructural

Según Celigüeta (s. f.), las bases teóricas del análisis estructural provienen de la mecánica de cuerpos deformables y la elasticidad. Se asume, como algo clave, que los elementos estructurales (vigas, columnas o losas) actúan de manera

consistente con la teoría de elementos lineales con deformaciones pequeñas. La formulación analítica se basa en las ecuaciones de equilibrio estático (ΣF=0, ΣM=0) y las condiciones de compatibilidad cinemática. En síntesis, el análisis estructural emplea estos principios teóricos para establecer la manera en que las solicitaciones externas inducen estados tensionales y desplazamientos en cada componente del sistema, problemática que las herramientas computacionales resuelven mediante la implementación de métodos numéricos validados (tales como el método de rigidez matricial y el método de elementos finitos, entre otros).

### 2.6.2 Cargas de diseño

Citando a la Cámara de la Industria de la Construcción. (2015), clasifica las cargas de diseño en tres grupos: permanentes (muertas), variables (vivas y climáticas) y accidentales (sísmicas). Expresamente, las edificaciones deben diseñarse para resistir combinaciones de cargas permanentes (cargas variables, cargas vivas), cargas estáticas por viento y cargas de granizo, cargas accidentales (acciones sísmicas).

#### *2.6.1.1 Carga permanente o muerta (D)*

Son las cargas de magnitud constante que actúan continuamente en la estructura, principalmente el peso propio de los elementos estructurales y no estructurales que permanecen fijos (muros, pisos, equipamiento instalado, etc.). Según la Cámara de la Industria de la Construcción. (2015), define que la carga permanente está constituida por las cargas globales de los elementos estructurales fijos que intervienen sobre la estructura como muros, columnas, recubrimientos, instalaciones fijas, etc.

#### *2.6.1.2 Carga viva (L)*

La Cámara de la Industria de la Construcción. (2015), explica que la carga viva depende de la ocupación del edificio y que está conformada por cargas no fijas como por ejemplo individuos, mobiliarios y elem móviles o temporales. De manera equivalente, se señala que las cargas vivas son cargas de magnitudes variables en posición y tiempo. Incluyen cargas movibles y cargas debidas a la ocupación.

#### *2.6.1.3 Carga por viento o granizo (W, S)*

Son cargas climáticas que actúan sobre la estructura. Las presiones que el viento ejerce, tanto horizontal como verticalmente, varían según su rapidez en el

área. Como ilustración, la normativa de construcción ecuatoriana fija una velocidad de diseño base de al menos 21 m/s (75 km/h) a 10 m sobre el suelo, modificable según el terreno y la exposición. En lo que respecta a las cargas de viento, las normas de la American Society of Civil Engineers (2016) indican que se calculan a partir de perfiles de velocidad y coeficientes de presión. El granizo (carga W o S) corresponde a la acumulación de hielo en cubiertas. La NEC especifica una fórmula:

$$\boldsymbol{S = \rho s H s}, \mathbf{S}$$

Donde:

$\rho s = densidad\ del\ granizo$ (en defecto: 1000 Kg/m3)

$Hs = altura\ de\ acumulación$ (m)

Las cargas climáticas incluyen el viento (W) y la nieve/granizo (S), todos ellos consideradas cargas variables que deben actuar simultáneamente en las combinaciones pertinentes.

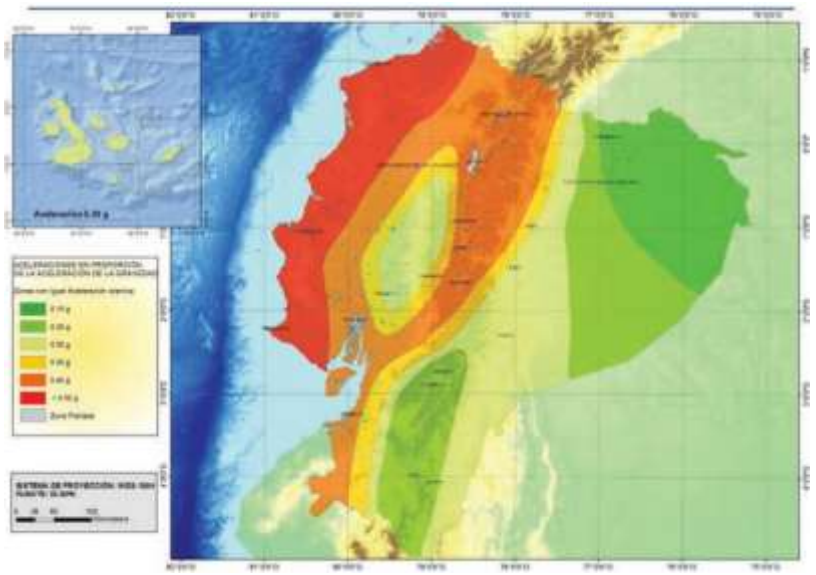
#### *2.6.1.4 Carga por sismo (E)*

Son las fuerzas debidas al movimiento sísmico. La carga sísmica es conceptualizada como un conjunto de acciones horizontales (y ocasionalmente verticales) que produce un terremoto en la estructura. De acuerdo con lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), la carga sísmica se refiere, dentro del campo de la ingeniería sísmica, a las fuerzas que un terremoto ejerce sobre la edificación, las cuales deben ser resistidas por su estructura. Dentro de las regulaciones ecuatorianas, las fuerzas generadas por sismos son consideradas como "cargas accidentales" y se abordan en el apartado de diseño sismo-resistente (NEC-SE-DS). En el proceso de diseño, estas cargas se determinan utilizando metodologías de fuerzas sísmicas equivalentes o análisis dinámicos basados en ASCE 7-16 / NEC-SE-DS, lo que resulta en fuerzas horizontales (y verticales) comúnmente identificadas como Ex, Ey, etc.

El valor Z es el factor de zona, que representa la aceleración horizontal máxima esperada en roca para un sismo de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad (g). Este valor depende de la ubicación geográfica y se utiliza para clasificar el nivel de sismicidad del terreno de un proyecto.

**Figura 7**.

*Zonas del ecuador con igual aceleración sísmica según el color.*



*Nota.* Tomado de Norma Ecuatoriana de la Construcción (Peligro Sísmico). (2015).

El mapa de zonificación sísmica para diseño es el producto del análisis del peligro sísmico. Para una excedencia al 10% de excedencia en medio siglo (período de retorno de 475 años), que engloba una saturación a 0.50 g, que corresponde a los valores de aceleración sísmica en roca del litoral ecuatoriano que definen la región VI.

**Tabla 6**.

*Valores del factor z según la zona sísmica.*

| **Zona sísmica** | I | II | III | IV | V | VI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Valor factor Z** | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.50 |
| **Caracterización del peligro sísmico** | Intermedia | Alta | Alta | Alta | Alta | Muy alta |

*Nota.* Tomado de Norma Ecuatoriana de la Construcción (Peligro Sísmico). (2015).

### 2.6.3 Combinaciones de carga

Para garantizar la seguridad en el estado límite último, es necesario tener en cuenta combinaciones de cargas que incorporen a la vez los efectos más adversos de las diversas combinaciones de carga. Las normas de construcción ofrecen

ecuaciones de diseño que contienen factores de carga multiplicativos para cada carga nominal. Por ejemplo, según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), (cargas no sísmicas) indica que se utilicen combinaciones del tipo LRFD, como las siguientes:

**Tabla 7.**

*Combinaciones de carga.*

| |
|---|
| **Combinación 1** |
| 1.4 D |
| **Combinación 2** |
| 1.2D+1.6L+0.5 máx. (Lr, S, R) |
| **Combinación 3** |
| 1.2 D + 1.6 máx. (Lr, S, R) + máx. (L; 0.5 W) |
| **Combinación 4** |
| 1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 máx. (Lr, S, R) |
| **Combinación 5** |
| 1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S |
| **Combinación 6** |
| 0.9 D + 1.0 W |
| **Combinación 7** |
| 0.9 D + 1.0 E |

*Nota*. Tomado de Norma Ecuatoriana de la Construcción (Cargas No Sísmicas). (2015).

Según la Norma Ecuatoria de la Construcción, representa:

***D:*** *Carga permanente.*

***E:*** *Carga de sismo.*

***L:*** *Sobrecarga (carga viva).*

***Lr:*** *Sobrecarga cubierta (carga viva).*

***S:*** *Carga de granizo.*

***W:*** *Carga de viento.*

## 2.6.4 Análisis de derivas laterales

### *2.6.4.1 Concepto de deriva entre pisos*

La deriva de piso es el desplazamiento lateral de un nivel respecto al inmediatamente inferior, cuantificado en el plano de las cargas horizontales. Técnicamente, se obtiene restando el desplazamiento horizontal del piso inferior al del piso superior en un mismo eje, reflejando la deformación relativa de la estructura. (RISA Technologies, s.f.).

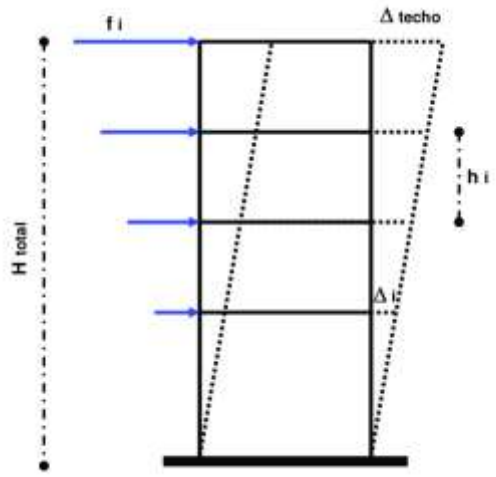
La deriva se calcula de un piso *i* se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta i = \delta i - \delta_{i-1}$$

Donde δi y δi−1son los desplazamientos horizontales del piso *i* y del piso *i−1*, respectivamente.

**Figura 8.**

*Deriva de piso.*




*Nota.* Tomado de Barbat A. (s.f).

### *2.6.4.2 Criterios normativos de control de derivas*

#### *2.6.4.2.1 Límites de deriva según NEC 2015*

Según el capítulo de Peligro sísmico la deriva máxima inelástica de cada piso no puede exceder 2% de la altura para estructuras de hormigón, estructuras metálicas o madera, y 1% para mampostería. Como se establece en la Tabla 7 a continuación:

**Tabla 8.**

*Valores de derivas máximos según Nec-15.*

| Estructuras de: | ΔM máxima (sin unidad) |
|---|---|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera. | 0.02 |
| De mampostería. | 0.01 |

*Nota.* Tomado de Norma Ecuatoriana de la Construcción (Peligro Sísmico). (2015).

#### *2.6.4.2.2 Límites de deriva según ASCE 7-16*

*ASCE 7-16 establece límites de deriva admisible según la categoría de riesgo véase en la Tabla 8. y estas derivas se demuestra en la Tabla 9.*

**Tabla 9.**

*Categoría de riesgo de edificios y otras estructuras por inundaciones, viento, nieve, terremotos y cargas de hielo.*

| USO U OCUPACIÓN DE EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS | CATEGORÍA DE RIESGO |
|---|---|
| Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla. | I |
| Todos los edificios y otras estructuras, excepto los enumerados en las Categorías de Riesgo I, III y IV. | II |
| Edificios y otras estructuras cuya falla podría representar un riesgo sustancial para la visa humana. | III |
| Edificios y otras estructuras, no incluidas en la Categoría de Riesgo IV, con potencial de causar un impacto económico sustancial y/o una disrupción masiva de la visa cotidiana civil en caso de falla. | III |
| Edificios y otras estructuras, no incluidas en la categoría de Riesgo IV (incluyendo, pero no limitado a instalaciones que manufacturen, procesan, manejan, almacenan, usan o disponen de sustancias como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos o explosivos) que contienen sustancias toxicas o explosivas donde la cantidad del material excede una cantidad establecida por la Autoridad con jurisdicción y es suficiente para representar una amenaza al público si se libera. | III |
| Edificios y otras estructuras designadas como instalaciones esenciales. | IV |
| Edificios y otras estructuras cuya falla podría representar un peligro sustancial para la comunidad. | IV |
| Edificios y otras estructuras (incluyendo, pero no limitado a instalaciones que manufacturan, procesan, manejan, almacenan, usan o disponen de sustancias como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos) que contienen cantidades suficientes de sustancias altamente toxicas donde la cantidad del material excede una cantidad umbral establecida por la Autoridad con jurisdicción y es suficiente para representar una amenaza al público si se libera. | IV |
| Edificios y otras estructuras necesarias para mantener la funcionalidad de otras estructuras de categoría de riesgo IV. | IV |

*Nota. Tomado de Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. (2017).*

**Tabla 10.**

*Derivas permitidas según ASCE 7-16.*

| Estructura | Categoría de riesgo | | |
|---|---|---|---|
| | I o II | III | IV |
| Estructuras distintas de las estructuras de muros de corte de mampostería, de cuatro pisos o menos por encima de la base según se define en la Sección 11.2, con muros interiores, tabiques, cielorrasos y sistemas de muros exteriores que han sido diseñados para acomodar las derivas de piso. | $0.025h_{sx^c}$ | $0.020h_{sx^c}$ | $0.015h_{sx^c}$ |
| Estructuras de muros de corte en voladizo de mampostería. | $0.010h_{sx^c}$ | $0.010h_{sx^c}$ | $0.010h_{sx^c}$ |
| Otras estructuras de muros de corte de mampostería. | $0.007h_{sx^c}$ | $0.007h_{sx^c}$ | $0.007h_{sx^c}$ |
| Todas las demás estructuras. | $0.020h_{sx^c}$ | $0.015h_{sx^c}$ | $0.010h_{sx^c}$ |

*Nota.* Tomado de Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. (2017).

## 2.6.5 Evaluación de cuantías de refuerzo

### *2.6.5.1 Definición de cuantía de acero*

La cuantía de acero (ρ) de un elemento estructural se define como la proporción del área de refuerzo respecto del área de concreto efectivo que lo contiene. En otras palabras, es la cantidad de acero que contener un componente estructural como mínimo para aguantar un sistema de cargas determinado. Este parámetro expresa el porcentaje (o relación) de acero necesario en la sección para cumplir con las solicitaciones de diseño. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Cámara de la Industria de la Construcción, 2015).

#### *2.6.5.2 Factores que influyen en la cuantía*

La cuantía requerida en un elemento depende de varios factores: las cargas y solicitaciones (momentos flectores, fuerzas axiales o cortantes) que debe resistir; las propiedades de los materiales (resistencia del concreto f'c y del acero fy); y las dimensiones geométricas de la sección del elemento. Además, los códigos y normas imponen límites a la cuantía. Un concreto de mayor resistencia permite reducir la cuantía de acero para la misma carga, de acuerdo con (American Concrete Institute, 2019), establece cuantías mínimas para controlar fisuración y cuantías máximas para garantizar ductilidad. En particular, el ACI 318-19 recomienda que se use no más acero que la cantidad que asegure la ductilidad deseable. Lo significa que, aunque añadir acero aumenta la resistencia, se limita su cuantía para evitar modos de falla frágil.

### 2.6.6 Dimensionamiento de elementos estructurales

#### *2.6.6.1 Principios del dimensionamiento estructural*

El dimensionamiento estructural se basa en el método por estados límite. El principio principal es que la resistencia de diseño de cada elemento (resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción Φ) y debe cumplir con la ecuación a continuación. En la normativa ecuatoriana NEC-SE-HM (alineada con ACI 318-19) la ecuación se expresa a continuación:

$$\emptyset Pn \geq Pu, \emptyset Mn \geq Mu, \emptyset Vn \geq Vu$$

Donde

***Pu*=** Fuerza o carga axial ultima

***Mu*=** Momento ultimo

***Vu*=** Cortante ultimo

***Φ*** = Capacidad nominal

Este cálculo garantiza seguridad al incluir factores de sobrecarga en las y factores de seguridad en la estructura.

#### *2.6.6.2 Dimensionamiento de una estructura*

De acuerdo con Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Industria de la Construcción (2015), el dimensionamiento de la estructura

consiste en garantizar que, para todos los elementos, la resistencia nominal (Φ) cubra o supere la solicitación última demandada por las cargas del proyecto. En el dimensionamiento de una estructura se siguen las siguientes etapas: se modela la estructura y se determinan todas las cargas (muertas, vivas, viento, sismo) y sus combinaciones de cálculo. Luego, mediante análisis estructural se determina la solicitación interna en cada elemento. Se pre dimensiona cada elemento de acuerdo con los principios, eligiendo dimensiones empíricas y calculando el refuerzo requerido para cumplir con $\Phi Rn \geq Ru$. Se revisa de manera iterativa hasta ajustar el cálculo para lograr un diseño seguro y económico. Este procedimiento se aplica a todos los elementos de la estructura, cada uno debe ser verificar y comprobado por los estados límite de resistencia y de servicio, conforme con los códigos y normas de diseño.

# CAPITULO III: METODOLOGIA

## 3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

### 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

La investigación se caracteriza por ser de tipo aplicativa, debido a que utiliza conocimientos teóricos y normativos de la ingeniería estructural. La investigación se fundamenta en el análisis estructural comparativo a través de modelaciones estructurales en el software ETABS, donde se evalúa el comportamiento estructural de los sistemas que emplean bloques de hormigón celular y de pómez como elementos de aligeramiento.

Es de carácter comparativo, ya que se tiene como objetivo determinar cuál de los dos materiales ofrece un mejor desempeño estructural y económico, teniendo en cuenta tanto los resultados del análisis estructural como también del análisis de precios unitarios correspondiente a cada alternativa constructiva.

### 3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACION

La meta del nivel explicativo es reconocer aquellos elementos y procedimientos que hacen patentes las diferencias en el desempeño estructural y económico entre los bloques hechos con hormigón celular y los de pómez. Esto se logra utilizando el programa ETABS para valorar aspectos estructurales clave como los momentos de flexión, las fuerzas cortantes, las deformaciones, las tensiones y el peso propio. Así, se establece la influencia de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques en su respuesta general. A nivel de costos, el estudio incorpora una comparación de análisis de precios unitarios (APU) de los elementos estructurales, con el fin de valorar la incidencia del tipo de material en el costo total del componente estructural.

A su vez, el enfoque aplicativo se centra en analizar los resultados obtenidos en directrices prácticas para optimizar el diseño de losas nervadas. Esto implica generar recomendaciones sobre la selección de materiales y presupuestos que puedan implementarse de manera inmediata en proyectos de ingeniería civil.

## 3.2. METODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

### 3.2.1 METODO DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se fundamenta en el método hipotético-deductivo, el cual parte de los principios teóricos consolidados de la mecánica de materiales y la ingeniería estructural para establecer hipótesis concernientes al desempeño mecánico de sistemas de losas aligeradas construidas con bloques de hormigón celular y pómez. La validación de dichas hipótesis se realiza mediante la implementación de modelos estructurales en el software ETABS, en los cuales se simulan las condiciones operacionales reales de solicitaciones, configuración geométrica y propiedades materiales correspondientes a la edificación en estudio.

Adicionalmente, se desarrolla un análisis de viabilidad económica que complementa la evaluación estructural desde una perspectiva de optimización costo-beneficio. Este proceso sistemático de contrastación y verificación posibilita la confirmación o refutación de las hipótesis planteadas inicialmente, generando así criterios técnicos sólidos que sustentan la toma de decisiones basadas en evidencia cuantitativa

### 3.2.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se basa en la recolección, procesamiento y análisis de datos numéricos que provienen tanto de las simulaciones estructurales en software de modelación estructural como de los cálculos del análisis económico.

Este enfoque permite realizar comparaciones objetivas entre las alternativas de losa, mediante indicadores estructurales y económicos, asegurando resultados medibles y verificables.

### 3.2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño de la investigación es de tipo comparativo y analítico, ya que se orienta a estudiar y contrastar el comportamiento estructural y económico de losas aligeradas que emplean bloques de hormigón celular y bloques de piedra pómez como elementos de aligeramiento con el propósito de analizar las diferencias en su comportamiento estructural y económico. La comparación estructural se desarrolla

mediante modelaciones en el software ETABS de cada sistema de aligeramiento de losas nervadas. Paralelamente, se efectúa una comparación económica mediante el análisis de precios unitarios, con el fin de determinar el costo de construcción asociado a cada alternativa y establecer cuál resulta más eficiente. De este modo, la investigación permite analizar, interpretar y contrastar objetivamente el desempeño estructural y el costo total de ambos sistemas.

## 3.3 METODOLOGIA DEL OE1: Realizar el análisis estructural de un edificio de 4 niveles mediante el software de modelado estructural (ETABS) para modelar dos sistemas constructivos presentados.

### 3.3.1 Desarrollo técnico

El desarrollo de este objetivo se basa en la modelación estructural de una edificación existente de cuatro niveles, actualmente construida con losa nervada aligerada mediante bloques de pómez, con el propósito de reproducir su comportamiento estructural y posteriormente compararlo con un modelo equivalente que incorpora bloques de hormigón celular.

En primera instancia, se efectuó la reconstrucción del modelo estructural de la edificación utilizando el software ETABS, partiendo de los planos arquitectónicos y estructurales disponibles, así como de las características geométricas reales observadas en obra. En esta etapa se definieron los elementos principales junto con sus secciones, materiales y condiciones de apoyo. Las cargas gravitacionales, vivas y sísmicas se establecieron conforme a las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015) y la ASCE 7-16. Tras realizar el modelado del sistema con bloque de pómez, se desarrolló un segundo modelado con las mismas características del modelo inicia, pero modificando la densidad del bloque en este caso la del hormigón celular. Esta densidad fue obtenida de un caso de estudio realizado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Esto hizo posible analizar el impacto de la disminución del peso de la estructura tras los cambios realizados. Así mismo, se analizó si es posible un redimensionamiento de los elementos estructurales del modelo, con el fin de evaluar la economización de materiales y de costos.

Con los resultados obtenidos de ambos modelos, se identificaron y organizaron en tablas para facilitar el análisis de los datos para identificar diferencias significativas en la respuesta estructural.

Finalmente, se ejecutó una evaluación técnica integral que permitió la interpretación de los efectos estructurales debido al cambio de material y las repercusiones económicas originadas de redimensionamientos. Este análisis facilitó establecer criterios objetivos para determinar si el uso del bloque de hormigón celular representa una opción viable y beneficiosa en comparación con el sistema tradicional de pómez.

## 3.4 METODOLOGIA DEL OE2: Elaborar el presupuesto de la edificación de 4 niveles mediante el análisis de precios unitarios para obtener el costo por metro cuadrado del componente estructural de la edificación con los dos materiales de construcción empleados.

### 3.4.1 Desarrollo técnico

El desarrollo de este objetivo se enfoca en la comparación económica de los dos modelos estructurales estudiados en el O.E.1, con el fin de identificar cuál de los sistemas constructivos (losas nervadas aligeradas con bloques de pómez o con bloques de hormigón celular) es más eficiente desde una perspectiva económica. Para ello, se llevó a cabo un análisis de precios unitarios (APU), basado en metodologías técnicas, datos reales y costos del mercado local.

En primer lugar, se efectuó la estimación de cantidades de obra a partir de los resultados obtenidos del modelado estructural en ETABS. Se calcularon los volúmenes de concreto, acero de refuerzo, bloques de aligeramiento y demás materiales asociados a los elementos estructurales de ambos modelos. Esta valoración numérica hizo posible detectar las distinciones entre los materiales, ocasionadas por la modificación en la configuración estructural resultante del cambio en la compactación de los bloques de relleno. A su vez, se llevó a cabo el análisis de costos unitarios del elemento estructural. Se fijó el importe completo por cada metro cuadrado ($m^2$) del sistema estructural, abarcando los desembolsos inmediatos y mediatos vinculados a este componente. La consolidación de estos

ítems facilitó la obtención del presupuesto del componente estructural total para cada alternativa.

Finalmente, se efectuó el análisis comparativo económico entre ambos sistemas constructivos, evaluando las variaciones en el costo unitario por metro cuadrado y correlacionándolas con las modificaciones estructurales identificadas en el O.E.1.

## 3.5 METODOLOGIA DEL OE3: Comparar la eficiencia de dos materiales de aligeramiento aplicados en losas nervadas, considerando su repercusión en el análisis de precios y desempeño estructural.

### 3.5.1 Desarrollo técnico

El desarrollo de este objetivo se orienta a integrar y comparar los resultados estructurales y económicos obtenidos en los objetivos específicos anteriores, con el propósito de evaluar la eficiencia global de los sistemas constructivos que emplean bloques de piedra pómez y bloques de hormigón celular como materiales de aligeramiento en losas nervadas. La metodología de esta investigación se enfoca en tres fases: comparación del análisis estructural de los dos sistemas, análisis comparativo de costos de los dos sistemas y comparación de la eficiencia de los dos sistemas.

En la primera fase, se efectuó la comparación del análisis económico de los dos sistemas basado en los resultados obtenidos en el O.E.2. Los resultados del análisis de costos implican en un factor crucial para tener un resultado concluyen en el O.E.3.

En la fase final, se realizó un análisis de los resultados obtenidos en el O.E.1 y O.E.2, esta evaluación permite integrar los parámetros estructurales y económicos de esta investigación tomando en cuenta la relación entre seguridad, economía y optimización de los recursos. Los resultados de esta investigación constituyen una base técnica para la toma de decisiones en el diseño y selección de sistemas de losas aligeradas en edificaciones de uso académico.

# CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La finalidad del apartado de este capítulo es mostrar y explicar los descubrimientos específicos que surgieron de la investigación o el estudio llevado a cabo. Esta sección es fundamental para comunicar de forma clara y concisa los hallazgos o resultados que se desprenden del proceso investigativo. Estos resultados pueden comprender información numérica, estadísticas, observaciones directas, análisis de información, respuestas a las interrogantes planteadas o a las suposiciones originales, así como cualquier otra prueba importante. La presentación de estos resultados debe ser objetiva y fundamentarse en métodos estrictos de recolección de información y en procedimientos analíticos apropiados.

## 4.1 RESULTADOS DEL OE1: Realizar el análisis estructural de un edificio de 4 niveles mediante el software de simulación estructural (ETABS) para modelar los dos sistemas constructivos presentados.

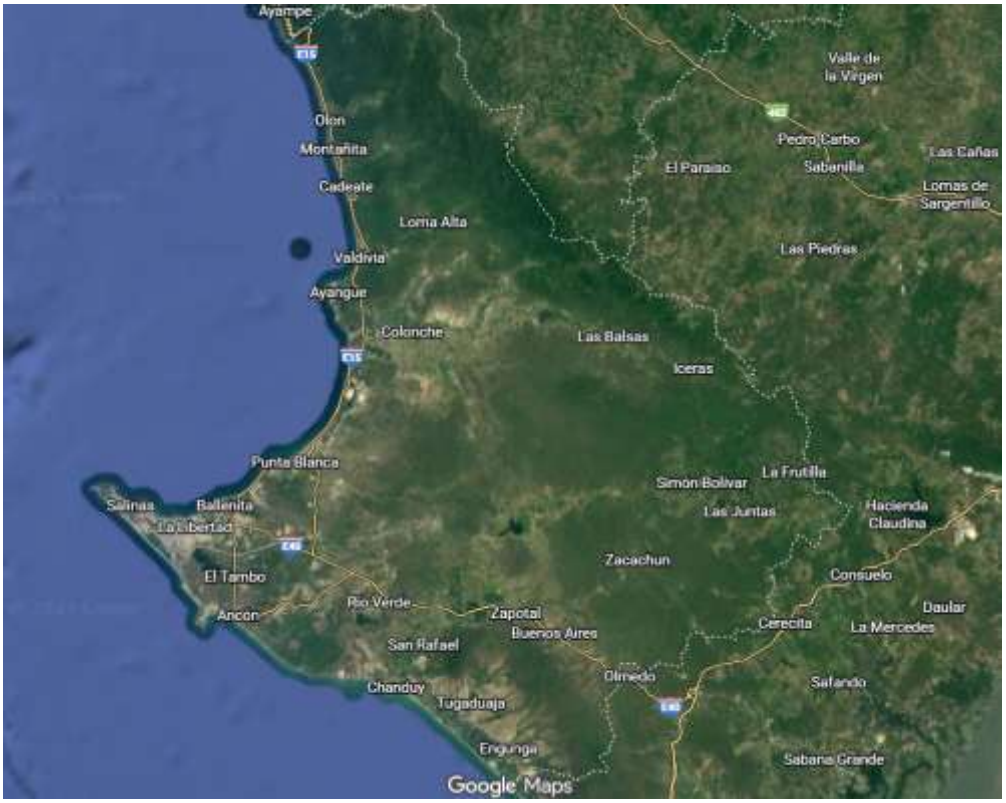
### 4.1.1 Ubicación del sector de estudio

La delimitación del campo de investigación alude al sitio específico donde se desarrolla el estudio; este entorno físico alberga las variables a examinar y señala el lugar donde se realizará la recopilación de información. El presente estudio muestra el diseño y la contraposición de una edificación de cuatro niveles de servicios académicos construido en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena. Al precisar la zona de estudio, se logra establecer que el área manifiesta cualidades geológicas y geotécnicas singulares que influyen en la idoneidad de distintas técnicas constructivas, como las estructuras de hormigón armado y las losas aligeradas en una dirección. Varios aspectos para considerar en relación con el tipo de suelo más frecuente pueden abarcar: los atributos del terreno, su aptitud para resistir cargas, los riesgos geotécnicos como corrimientos, asentamientos o la

fluidificación del suelo durante temblores, así como las normativas de edificación y las exigencias particulares para el diseño estructural.

***Figura 9***.

*Mapa de la Provincia de Santa Elena*



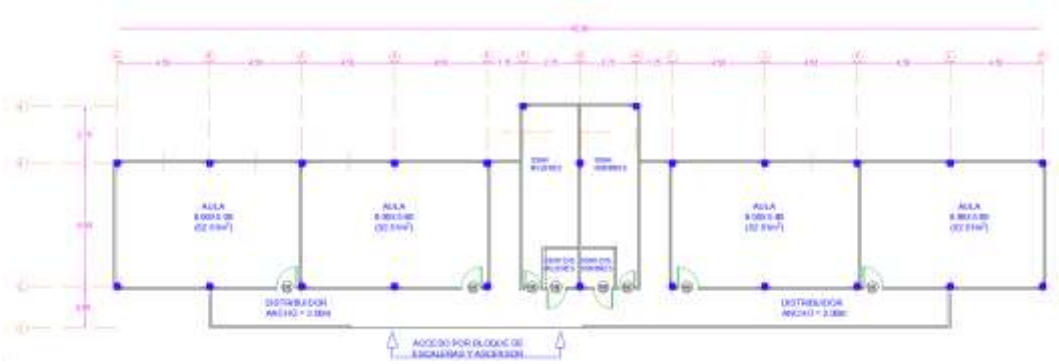

*Nota.* Tomado de Google Maps.

### 4.1.2 Diseño arquitectónico

La configuración arquitectónica de la edificación de cuatro pisos abarca un área de 367.94 metros cuadrados, distribuidos equitativamente entre sus diferentes plantas. Cada nivel tiene una altura de piso a techo de 3.00 metros. El objetivo de este diseño detallado es, por un lado, optimizar el uso del espacio disponible, y por otro, asegurar la seguridad y comodidad de los alumnos. La cuidada distribución del edificio aspira a crear un entorno adecuado para el estudio, al tiempo que garantiza unas condiciones estructurales óptimas que fomenten la calma y el bienestar de la comunidad estudiantil. La equilibrada distribución del espacio y la altura de los techos forman parte de un plan integral para potenciar la funcionalidad del edificio, considerando al mismo tiempo aspectos fundamentales para el desarrollo académico y la vivencia de los que usan el espacio.

***Figura 10***.

*Modelo arquitectónico de pisos para edifico de servicios académicos.*



*Nota.* Autores.

***Tabla 11.***

*Dimensiones en ejes X e Y de la edificación.*

| NIVEL | DIRECCION Y (N-S) | DIRECCION X (E-O) |
|---|---|---|
| **1, 2, 3 y 4** | Luces de 2.75 + 6 + 2 | Luces de (4.50*8) + (1.75*2) + (2.75*2) |
| **Total, en dirección X, Y** | Longitud = 10.75m | Longitud = 45.00m |

*Nota.* Autores.

### 4.1.3 Perfil de Sitio

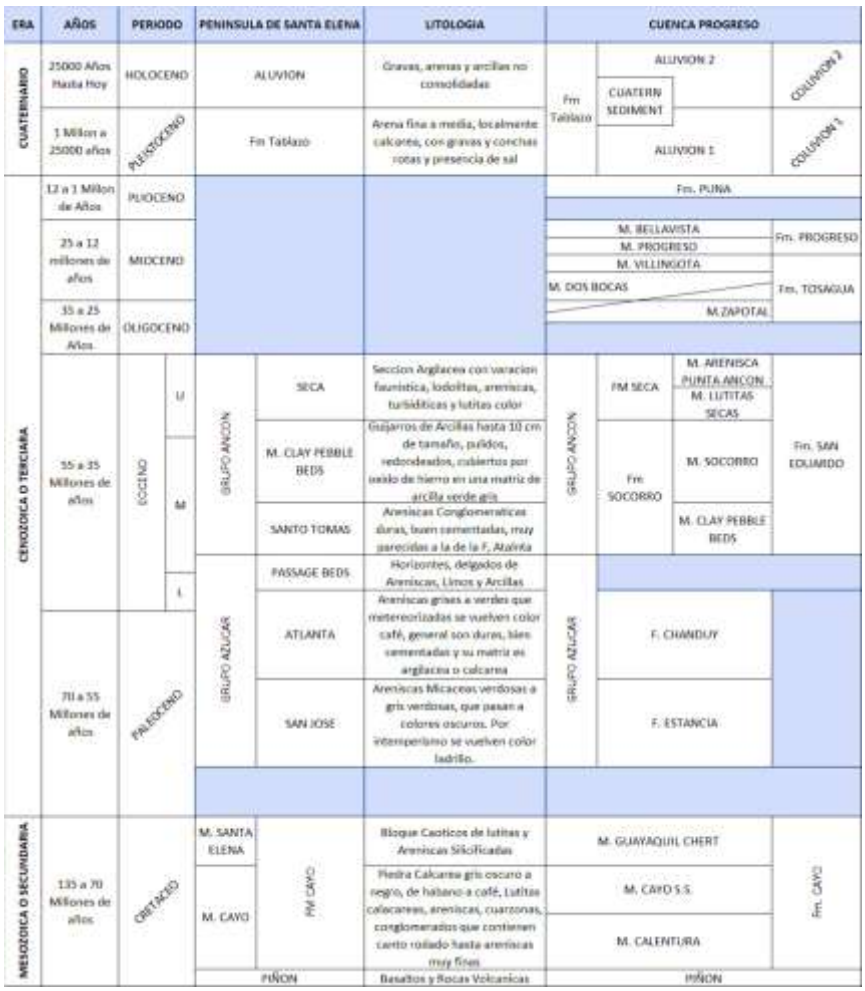
La sección de la norma NEC 2015 en la sección de riesgo sísmico y al diseño resistente a sismos, incluida en su guía, ordena los suelos en categorías que van desde el tipo A hasta el F. Investigaciones como la de Bautista Benalcázar e Inca Encarnación (2023) indican que, en la zona de Santa Elena, es habitual encontrar suelos agrupados entre los tipos C y E. Específicamente, en el cantón La Libertad, se ha considerado el suelo tipo D por presentar una mayor aceleración, haciéndolo clave para el diseño. Este suelo, común en la provincia Santa Elena, no siempre es el más adecuado geotécnicamente para estructuras de gran envergadura. Esta clasificación se basa en el análisis de las cualidades de los materiales presentes.

### 4.1.4 Mapa estratigráfico de Santa Elena

El estudio de la estratigrafía examina cómo se disponen las capas rocosas en nuestro planeta, un rasgo distintivo de cada lugar influenciado por la evolución geológica y los cambios terrestres que allí se han manifestado.

***Figura 11***.

*Vínculo estratigráfico entre las formaciones geológicas de la Península de Santa Elena y Cuenca.*




*Nota.* Tomado de (Moreno-Alcívar, 2014) y (Nuñez del Arco, 2003)

Analizar el sismo de diseño es crucial, hallar este evento implica un análisis profundo del peligro sísmico local, ya sea con estudios concretos o viendo un mapa de riesgo sísmico, tal como se explica aquí. Se diseño de acuerdo a la ubicación y tipo de suelo del sitio de estudio acorde con la normativa NEC-SE-DS 2015.

***Tabla 12.***

*Datos clave para configurar el espectro sísmico de diseño según la NEC 2015 (NEC-SE-DS).*

| DATOS PARA DEFINIR EL ESPECTRO DE DISEÑO | |
|---|---|
| **Ciudad** | La Libertad |
| **Provincia** | Santa Elena |
| **Factor de Zonificación** | 0,5 |
| **Tipo de Suelo** | D |
| **Región** | Costa (Excepto Esmeraldas) |

*Nota.* Autores.

***Tabla 13.***

*Coeficientes espectrales para el suelo de diseño.*

| Factor | Valor |
|---|---|
| $\mathbf{F_a}$ | 1.12 |
| $\mathbf{F_d}$ | 1.11 |
| $\mathbf{F_s}$ | 1.4 |
| $\boldsymbol{\eta}$ | 1.80 |
| **r** | 1 |
| **z** | 0.5 |
| $\mathbf{T_0}$ | 0.139 |
| $\mathbf{T_c}$ | 0.763 |

*Nota.* Autores.

Para evaluar cómo un edificio respondería ante un temblor, resulta esencial establecer el Espectro Elástico de Diseño, hallándose los datos necesarios en las Tablas 14, 15, 16 y 17 extraídas de la norma NEC-SE-DS (2015). Estos valores no son arbitrarios, sino que se obtienen mediante fórmulas concretas que se explican detalladamente en la sección 2.6 del mismo documento. La precisión de estos cálculos, sostenida por bases científicas sólidas, asegura una valoración fiable y certera del peligro sísmico que podría afectar a la edificación.

***Tabla 14.***

*Fa: Coeficiente de amplificación de suelo.*

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.4 | 1.3 | 1.25 | 1.23 | 1.2 | 1.18 |
| D | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.25 | 1.2 | 1.12 |
| E | 1.8 | 1.4 | 1.25 | 1.1 | 1.0 | 0.85 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

***Tabla 15.***

*Fd: factor de ampliación del suelo.*

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.15 | 1.11 | 1.06 |
| D | 1.62 | 1.45 | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.11 |
| E | 2.1 | 1.75 | 1.7 | 1.65 | 1.6 | 1.5 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

***Tabla 16.***

*Fs: Comportamiento no lineal de los suelos.*

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| B | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| C | 0.85 | 0.94 | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.23 |
| D | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.19 | 1.28 | 1.4 |
| E | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

***Tabla 17.***

***η**: Relación de amplificación espectral según la región del Ecuador.*

| **η= Relación de amplificación espectral** | |
|---|---|
| Provincia de la Costa (Excepto esmeraldas) | 1.8 |
| Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos | 2.48 |
| Provincias del Oriente | 2.6 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

### 4.1.5 Factor de Reducción de Resistencia R

Para el diseño de un sistema de pórticos especiales sismo resistente a momentos de hormigón armado, concebidos para resistir temblores, se ha optado por un Factor de Minoración de Resistencia (R) con un valor de R=8. El Factor de Importancia (I), se ha determinado un coeficiente de I=1.30, debido a que según la norma el tipo y uso de esta investigación es de ocupación especial que está destinada para edificios de usos como museos, iglesias, centro de educación, etc.

***Tabla 18.***

*Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.*

| **Sistemas Estructurales Dúctiles** | **R** |
|---|---|
| Sistemas Duales | |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales). | 8 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado. | 8 |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas). | 8 |
| **Sistemas Estructurales Dúctiles** | **R** |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras. | 7 |
| **Pórticos resistentes a momentos** | |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas. | 8 |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas. Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente. | 8 |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente. | 8 |
| **Otros sistemas estructurales para edificaciones** | |
| Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado. | 5 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda. | 5 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

***Tabla 19.***

*Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.*

| Categoría | Tipo de uso, destino e importancia | Coeficiente I |
|---|---|---|
| **Edificaciones esenciales** | Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas. | 1.5 |
| **Estructuras de ocupación especial** | Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente | 1.3 |
| **Otras estructuras** | Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores | 1.0 |

*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

Los factores de configuración estructural (ØP, ØE) son elementos cruciales dentro del proceso de diseño, particularmente al evaluar la presencia de anomalías en la construcción. Designados como ØE para las incongruencias verticales y ØP para las faltas de horizontalidad, la definición de sus magnitudes se basa pertinentemente en la edificación concreta y sus cambios de diseño. Dada la forma regular de la estructura bajo análisis, las magnitudes escogidas concuerdan con la Tabla 20, donde se señalan los coeficientes apropiados para edificaciones regulares.

***Tabla 20.***

*Factores y coeficientes estructurales para el edificio de estudio.*

| Factores y Coeficientes | Valor |
|---|---|
| $I$ | 1.30 |
| $R$ | 8 |
| $Ø_P$ | 1 |

| | |
|---|---|
| $\emptyset_E$ | 1 |
| $Sa$ | 1,008 |

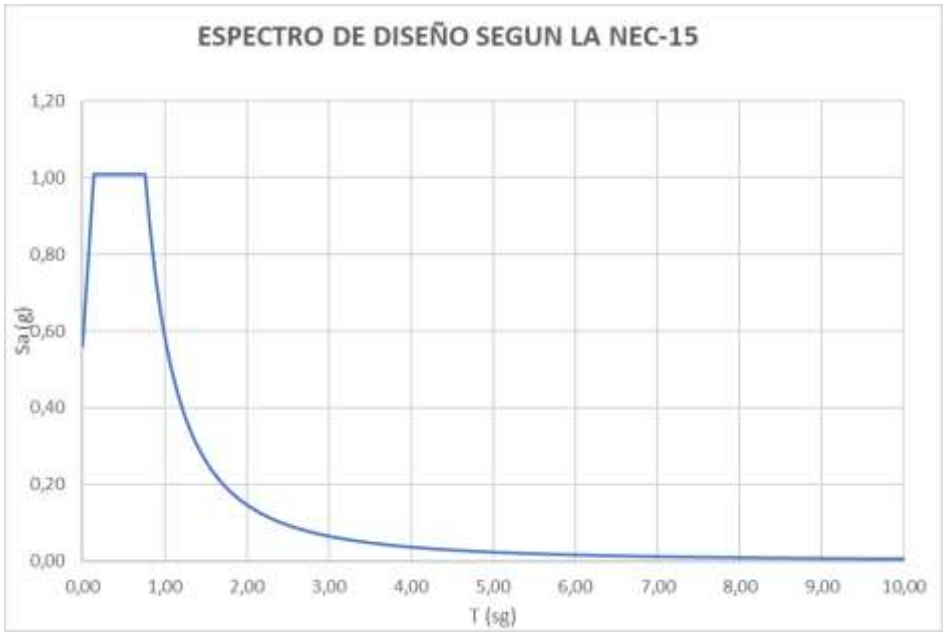
*Nota.* Tomado de NEC-SE-DS (2015).

### 4.1.6 Espectro de diseño elástico

El espectro de diseño elástico calculado se presenta en la Figura 12.

***Figura 12.***

*Espectro de Respuesta elástica para suelo tipo D en el Cantón La Libertad Provincia de Santa Elena.*




*Nota.* Autores.

### 4.1.7 Especificaciones estructurales y elementos de diseño arquitectónico en hormigón armado

El edificio de hormigón armado se construye sobre pórticos, con columnas de tres metros que unen cada piso. Para garantizar que se mantenga firme, se colocaron veinticuatro columnas principales. Es importante señalar que los cuatro pisos del edificio están pensados solo para aulas.

Al cambiar los tamaños de las partes que sostienen la estructura, se hará un ajuste cuidadoso siguiendo las normas de NEC-2015 y ACI 318. Esta elección se basa en un análisis exacto de las características mostradas en la Tabla 20 que se

adjunta. Esta forma de trabajar, técnica y basada en reglas, asegura que se sigan los estándares de construcción y que se tengan en cuenta los detalles que harán que el edificio sea más fuerte y dure más.

Además, elegir seguir las reglas de NEC-2015 y ACI 318 muestra un compromiso con las mejores prácticas de construcción, asegurando que el edificio sea seguro y útil. Esta elección cuidadosa y basada en normas conocidas es una forma completa de asegurar que la estructura sea sólida y que el edificio funcione bien para la enseñanza.

***Tabla 21.***

*Propiedades del Hormigón y Acero de Refuerzo.*

| **DATOS** | |
|---|---|
| **F'c** | 240 kg/cm$^2$ |
| **Fy** | 4200 kg/cm$^2$ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.8 Cargas de diseño

#### 4.1.8.1 Cargas vivas para la edificación de servicios académicos

Las cargas de ocupación consideradas en este estudio se presentan en la Tabla 22.

***Tabla 22.***

*Cargas vivas para el edificio de servicios académicos.*

| **CARGA VIVA** | |
|---|---|
| **Ocupación o uso** | **Carga Uniforme** |
| Aulas | 200 kg/m$^2$ |
| Corredores | 400 kg/m$^2$ |
| Cubierta plana | 71.38 kg/m$^2$ |

*Nota.* Tomado de la norma NEC-SE-CG (2015).

Por fines prácticos se usó la mayor carga (400 kg/cm$^2$) para observar el comportamiento estructural de este edificio ante el evento más crítico posible.

***Tabla 23***.

*Cargas vivas actuantes por nivel.*

| NIVEL | CARGA VIVA |
|---|---|
| **1, 2, 3** | 400 kg/m$^2$ |
| **4** | 71.38 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.8.2 Cargas muertas para la edificación de servicios académicos

Se utilizaron algunas propiedades de materiales establecidos en la normativa NEC 2015.

***Tabla 24.***

*Pesos unitarios considerados en el análisis de cargas.*

| Material | Peso Unitario (kN/m$^3$) |
|---|---|
| Baldosa cerámica | 18.0 |
| Bloque hueco de hormigón | 12.0 |
| Mortero | 20.0 |
| Yeso | 10 |
| Bloque hueco de hormigón alivianado | 8.5 |

*Nota.* Tomado de la norma NEC-SE-CG (2015).

Se considero el peso unitario de los bloques de pómez acorde a la normativa anterior mencionada debido a que son bloques estándares y alivianados.

Para los bloques de hormigón celular se tomó el peso unitario promedio de 569,123 kg/m3 de acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados por (Cruz et al., 2023) de la mezcla de hormigón celular con mayor resistencia de ese estudio realizado que fue la dosificación con espumante de KV-LITE y Jaboncillo (Sapindus Saponaria).

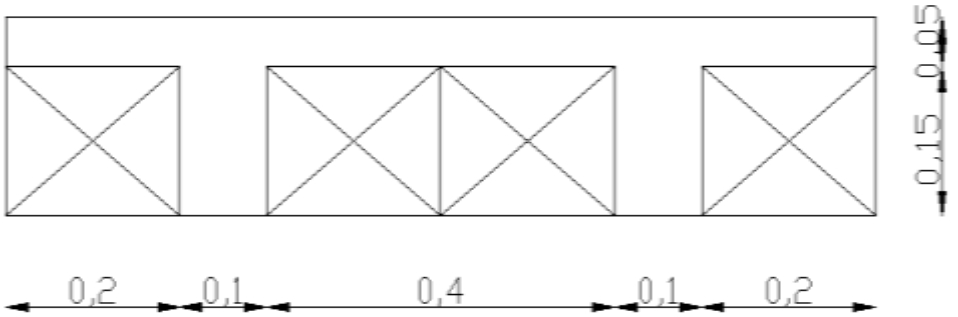
### 4.1.8.3 Predimensionamiento de losas nervadas en una dirección.

Para ajustarse a las dimensiones de los vacíos entre los nervios, se optó por losas unidireccionales en los cuatro pisos del edificio. Se utilizaron losas nervadas de 20 cm de altura, con nervios de 10 cm de ancho orientados en la dirección más corta del vano.

Las medidas cumplen con los requerimientos mínimos de la norma ACI 318-19, evitando así la necesidad de cálculos de deflexión. En cada nivel, las losas actuarán como diafragmas rígidos, repartiendo equitativamente su propio peso y las cargas a las que estén sometidas entre los elementos conectados, como vigas y pilares.

***Figura 13***.

*Dimensiones asumidas de losa nervada en una dirección.*




*Nota.* Autores.

Con esta información y la información de los planos es posible calcular las cargas estáticas por nivel que se muestran en las siguientes tablas:

***Tabla 25.***

*Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular nivel 1, 2 y 3.*

| CARGA MUERTA | |
|---|---|
| Cerámica | 36,71 kg/m$^2$ |
| Instalaciones | 40,00 kg/m$^2$ |

| | |
|---|---|
| Tumbado | 20,39 kg/m$^2$ |
| Mampostería | 107,96 kg/m$^2$ |
| Enlucido | 71,80 kg/m$^2$ |
| Losa | 260,30 kg/m$^2$ |
| **CM TOTAL** | 537,19 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 26.***

*Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular nivel 4.*

| **CARGA MUERTA** | |
|---|---|
| Enlucido de Losa | 40,80 kg/m$^2$ |
| Mampostería | 1,10 kg/m$^2$ |
| Enlucido | 0,70 kg/m$^2$ |
| Losa | 260,30 kg/m$^2$ |
| **CM TOTAL** | 302,84 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 27.***

*Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez nivel 1, 2 y 3.*

| **CARGA MUERTA** | |
|---|---|
| Cerámica | 36,71 kg/m$^2$ |
| Instalaciones | 40,00 kg/m$^2$ |
| Tumbado | 20,39 kg/m$^2$ |
| Mampostería | 107,96 kg/m$^2$ |
| Enlucido | 71,83 kg/m$^2$ |
| Losa | 294,00 kg/m$^2$ |
| **CM TOTAL** | 570,90 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 28.***

*Cargas muertas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez nivel 4.*

| CARGA MUERTA | |
|---|---|
| Enlucido de Losa | 40,80 kg/m$^2$ |
| Mampostería | 1,10 kg/m$^2$ |
| Enlucido | 0,70 kg/m$^2$ |
| Losa | 294,00 kg/m$^2$ |
| **CM TOTAL** | 336,54 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.8.4. Mayoración de Cargas

Según menciona NEC-15 en el capítulo Cargas No Sísmicas específicamente en el apartado 3.4.3, la combinación para el diseño por ultima resistencia a considerar para el cálculo estructural se define a través de la siguiente expresión matemática:

**Ecuación 2**

$$\boldsymbol{U = 1.2CM + 1.6CV}$$

*Donde:*

***CM:*** *carga muerta*

***CV:*** *carga viva*

***U:*** *carga mayorada*

***Tabla 29.***

*Cargas mayoradas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular.*

| MAYORACION 1.2D+1.6L |
|---|

| Nivel | CM | CV | U |
|---|---|---|---|
| 1, 2 y 3 | 537,19 kg/m$^2$ | 400 kg/m$^2$ | 1284,63 kg/m$^2$ |
| 4 | 302,84 kg/m$^2$ | 71,38 kg/m$^2$ | 477,61 kg/m$^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 30.***

*Cargas mayoradas para el sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.*

| MAYORACION 1.2D+1.6L | | | |
|---|---|---|---|
| **Nivel** | **CM** | **CV** | **U** |
| 1, 2 y 3 | 570,90 kg/m$^2$ | 400 kg/m$^2$ | 1325,08 kg/m2 |
| 4 | 336,54 kg/m$^2$ | 71,38 kg/m$^2$ | 518,06 kg/m2 |

*Nota.* Autores.

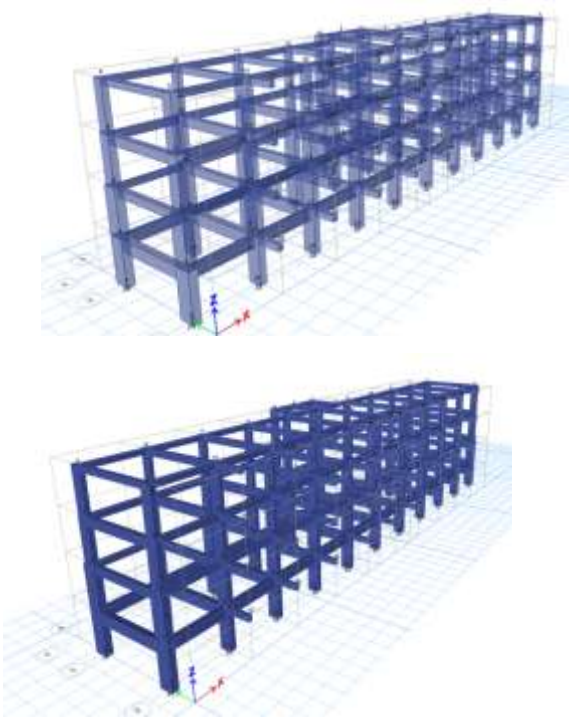
### 4.1.9 Resultados de la estructura del diseño sismorresistente

Se modeló un edificio de servicios académicos considerando las cargas de los materiales de aligeramiento en las losas nervadas en una dirección para evaluar el desempeño de las estructuras. La primera propuesta se basa en una estructura de hormigón armado que soporta las cargas usando bloques de concreto celular a modo de aligeramiento. La segunda propuesta se distingue por presentar una configuración donde las medidas de sus elementos son semejantes a las de la primera opción, pero considerando el aporte de peso de un bloque de pómez como material tradicional, con el fin de analizar el efecto en las dimensiones y cuantías de los elementos estructurales resultantes del análisis.

Para calcular las medidas de las vigas perimetrales y centrales, se empleó el enfoque de áreas de influencia, garantizando que cumplieran con los parámetros de tamaño mínimos indicados en ACI 318-19. Asimismo, se comprobó que fueran adecuadas en los estudios de respuesta sísmica global.

**Figura 14.**

*Modelos utilizados para el caso de estudio.*



*Nota.* Autores.

### 4.1.9.1 Dimensiones de vigas

Para determinar las dimensiones de las vigas del borde y las internas, se aplicó el método de áreas tributarias, asegurando el cumplimiento de los criterios mínimos de dimensionamiento según ACI 318-19. Además, se verificó su idoneidad frente a los análisis de desempeño sísmico globales. Las cargas aplicadas, dimensiones iniciales y definitivas son las que se detallan a continuación:

***Tabla 31.***

*Tributación de cargas hacia las vigas para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular.*

| PISO | UBICACION | CASOS DE CARGAS | |
|---|---|---|---|
| | | CM (kg/m2) | CV (kg/m2) |
| 1,2 y 3 | V4 BORDE, EJE 3-2 | 1208,68 | 900,00 |
| | CENTRAL, EJE 3-2 | 2417,36 | 1800,00 |
| | VOLADO BORDE, EJE 2-1 | 1208,68 | 900,00 |
| | VOLADO CENTRAL EJE 2-1 | 2417,36 | 1800,00 |
| | BORDE, EJE 4-3 | 738,64 | 550,00 |
| | CENTRAL, EJE 4-3 | 1477,27 | 1100,00 |
| 4 | BORDE EJE 3-2 | 1074,63 | 160,60 |
| | CENTRAL, EJE 3-2 | 2149,26 | 321,21 |
| | VOLADO BORDE, EJE 2-1 | 1074,63 | 160,60 |
| | VOLADO CENTRAL EJE 2-1 | 2149,26 | 321,21 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | BORDE, EJE 4-3 | 656,72 | 98,15 |
| | CENTRAL, EJE 4-3 | 1313,44 | 196,29 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 32.***

*Tributación de cargas hacia las vigas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez.*

| **PISO** | **UBICACION** | **CASOS DE CARGAS** | |
|---|---|---|---|
| | | **CM (kg/m2)** | **CV (kg/m2)** |
| 1,2 y 3 | V4 BORDE, EJE 3-2 | 1284,52 | 900,00 |
| | CENTRAL, EJE 3-2 | 2569,03 | 1800,00 |
| | VOLADO BORDE, EJE 2-1 | 1284,52 | 900,00 |
| | VOLADO CENTRAL EJE 2-1 | 2569,03 | 1800,00 |
| | BORDE, EJE 4-3 | 784,98 | 550,00 |
| | CENTRAL, EJE 4-3 | 1569,96 | 1100,00 |
| 4 | BORDE EJE 3-2 | 1165,63 | 160,60 |
| | CENTRAL, EJE 3-2 | 2331,27 | 321,21 |
| | VOLADO BORDE, EJE 2-1 | 1165,63 | 160,60 |
| | VOLADO CENTRAL EJE 2-1 | 2331,27 | 321,21 |
| | BORDE, EJE 4-3 | 712,33 | 98,15 |
| | CENTRAL, EJE 4-3 | 1424,66 | 196,29 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 33.***

*Dimensiones iniciales para ambos sistemas.*

| **Tipo** | **Predimensionamiento (cm)** |
|---|---|
| Borde V1-X | 25x35 |
| Centro V1-X | 25x40 |
| Borde V1-Y | 25x40 |
| Centro V1-Y | 30x50 |
| Volado V1-Y | 20x25 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 34.***

*Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa con bloques de hormigón celular.*

| Nivel | Tipo | Dimensionamiento (cm) |
|---|---|---|
| 1 | Borde V1-X | 40x65 |
| | Centro V1-X | 40x70 |
| | Borde V1-Y | 40x75 |
| | Centro V1-Y | 40x75 |
| | Volado V1-Y | 25x40 |
| 2 | Borde V2-X | 30x35 |
| | Centro V2-X | 30x35 |
| | Borde V2-Y | 30x50 |
| | Centro V2-Y | 30x50 |
| | Volado V2-Y | 25x40 |
| 3 | Borde V3-X | 30x45 |
| | Centro V3-X | 25x45 |
| | Borde V3-Y | 30x55 |
| | Centro V3-Y | 30x60 |
| | Volado V3-Y | 25x40 |
| 4 | Borde V4-X | 25x35 |
| | Centro V4-X | 25x40 |
| | Borde V4-Y | 25x35 |
| | Centro V4-Y | 30x35 |
| | Volado V4-Y | 25x30 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 35.***

*Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez.*

| Nivel | Tipo | Dimensionamiento (cm) |
|---|---|---|
| 1 | Borde V1-X | 40x65 |
| | Centro V1-X | 40x70 |
| | Borde V1-Y | 40x75 |
| | Centro V1-Y | 40x75 |
| | Volado V1-Y | 30x40 |
| 2 | Borde V2-X | 30x35 |
| | Centro V2-X | 30x40 |
| | Borde V2-Y | 30x50 |
| | Centro V2-Y | 30x55 |
| | Volado V2-Y | 30x40 |
| 3 | Borde V3-X | 30x45 |
| | Centro V3-X | 30x50 |
| | Borde V3-Y | 30x55 |
| | Centro V3-Y | 30x60 |
| | Volado V3-Y | 30x40 |
| 4 | Borde V4-X | 25x35 |
| | Centro V4-X | 25x40 |
| | Borde V4-Y | 30x35 |
| | Centro V4-Y | 30x40 |
| | Volado V4-Y | 25x35 |

*Nota.* Autores.

### 4.1.9.2 Dimensiones de columnas

Para el diseño de las columnas, se aplicó la técnica de áreas tributarias, buscando garantizar un comportamiento sísmico óptimo. Se optó por usar tres clases distintas de soportes: los ubicados en las esquinas (C3), los de los bordes (C2) y los centrales (C1). Las dimensiones definitivas para cada uno de estos grupos son las que se detallan a continuación:

***Tabla 36.***

*Dimensiones iniciales para ambos casos de estudio.*

| Tipo | Predimensionamiento (cm) |
|---|---|
| Central C1 | 45x45 |
| Borde C2 | 35x35 |
| Esquinero C3 | 30x30 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 37.***

*Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular.*

| Nivel | Tipo | Dimensionamiento (cm) |
|---|---|---|
| 1 | Central C1 | 45x80 |
| | Borde C2 | 45x85 |
| | Esquinero C3 | 50x95 |
| 2 | Central C1 | 45x80 |
| | Borde C2 | 45x85 |
| | Esquinero C3 | 50x95 |
| 3 | Central C1 | 40x65 |
| | Borde C2 | 35x60 |
| | Esquinero C3 | 40x70 |
| 4 | Central C1 | 35x60 |
| | Borde C2 | 30x55 |
| | Esquinero C3 | 35x65 |

*Nota.* Autores.

***Tabla 38.***

*Dimensiones corregidas por derivas para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez.*

| Nivel | Tipo | Dimensionamiento (cm) |
|---|---|---|
| 1 | Central C1 | 45x90 |
| | Borde C2 | 50x95 |
| | Esquinero C3 | 50x100 |
| 2 | Central C1 | 45x90 |
| | Borde C2 | 50x95 |
| | Esquinero C3 | 50x100 |
| 3 | Central C1 | 40x65 |
| | Borde C2 | 35x65 |
| | Esquinero C3 | 40x75 |
| 4 | Central C1 | 35x60 |
| | Borde C2 | 30x55 |
| | Esquinero C3 | 35x65 |

*Nota.* Autores.

### 4.1.9.3 Periodo de vibración.

Mediante análisis modal se obtuvieron los periodos de la estructura para cada modo de vibración, cuya cantidad fue normalizada a 3 modos por número de pisos.

***Tabla 39.***

*Periodos de vibración para el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular*

| Modo | Periodo (s) | UX | UY | RZ |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,731 | 0,8070 | 0,0000 | 0,0352 |
| 2 | 0,675 | 0,0000 | 0,8279 | 0,0000 |
| 3 | 0,632 | 0,0351 | 0,0000 | 0,7893 |
| 4 | 0,255 | 0,1293 | 0,000 | 0,0005 |
| 5 | 0,200 | 0,0000 | 0,1222 | 0,0000 |
| 6 | 0,186 | 0,0006 | 0,0000 | 0,1233 |
| 7 | 0,139 | 0,0232 | 0,000 | 0,0001 |
| 8 | 0,089 | 0,0000 | 0,0391 | 0,0000 |
| 9 | 0,081 | 2,81E-05 | 0,0000 | 0,0400 |
| 10 | 0,074 | 0,0047 | 0,0000 | 1,463E-05 |
| 11 | 0,045 | 0,0000 | 0,0108 | 0,0000 |
| 12 | 0,041 | 6,043E-06 | 0,0000 | 0,0000 |

*Nota.* Tomado del Software Etabs.

***Tabla 40.***

*Periodos de vibración para el sistema de losa aligerada con bloques de pómez.*

| **Modo** | **Periodo (s)** | **UX** | **UY** | **RZ** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,713 | 0,7974 | 0 | 0,045 |
| 2 | 0,67 | 0 | 0,8284 | 0 |
| 3 | 0,631 | 0,0437 | 0 | 0,7803 |
| 4 | 0,25 | 0,1248 | 0 | 0,0002 |
| 5 | 0,193 | 0 | 0,1166 | 0 |
| 6 | 0,18 | 0,0005 | 0 | 0,1189 |
| 7 | 0,137 | 0,0272 | 0 | 4,18E-05 |
| 8 | 0,084 | 0 | 0,041 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 | 0,077 | 3,263E-05 | 0 | 0,0417 |
| 10 | 0,072 | 0,0062 | 0 | 1,113E-05 |
| 11 | 0,042 | 0 | 0,014 | 0 |
| 12 | 0,039 | 8,619E-06 | 0 | 0,0138 |

*Nota.* Tomado del Software Etabs.

### 4.1.9.4 Cortante Basal

Para estimar la fuerza cortante en la base, se tuvo en cuenta un peso sísmico. Por fines didácticos y para observar una mayor influencia del comportamiento de las cargas de los bloques para las losas aligeradas en una dirección, este peso abarca las cargas muertas y peso propio de la estructura modelada. Se determino la cortante basal de acuerdo con los criterios de diseño del método de resistencia establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

***Tabla 41.***

*Casos de carga por piso del sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular.*

| Story Forces | | | |
|---|---|---|---|
| **Story** | **Output Case** | **Location** | **P** |
| | | | **Ton** |
| Story4 | L | Bottom | 25,4915 |
| Story4 | CM | Bottom | 170,5677 |
| Story4 | D | Bottom | 212,9749 |
| Story3 | L | Bottom | 168,3415 |
| Story3 | CM | Bottom | 362,4121 |
| Story3 | D | Bottom | 469,4422 |
| Story2 | L | Bottom | 311,1915 |
| Story2 | CM | Bottom | 554,2564 |
| Story2 | D | Bottom | 736,2498 |
| Story1 | L | Bottom | 454,0415 |
| Story1 | CM | Bottom | 746,1008 |
| Story1 | D | Bottom | 1051,4281 |

*Nota.* Tomado de Software Etabs.

***Tabla 42.***

*Peso sísmico sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular.*

| Nivel | PP+CM<br>Ton | Peso Sísmico<br>Ton |
|---|---|---|
| Piso 4 | 212,9749 | 212,9749 |
| Piso 3 | 256,4673 | 256,4673 |
| Piso 2 | 266,8076 | 266,8076 |
| Piso 1 | 315,1783 | 315,1783 |
| **Total** | **1051,4281** | **1051,4281** |

*Nota.* Autores.

**Tabla 43.**

*Casos de carga por piso del sistema de losas aligeradas con bloques de pómez.*

| | Story Forces | | |
|---|---|---|---|
| **Story** | **Output Case** | **Location** | **P** |
| | | | Ton |
| Story4 | L | Bottom | 25,4915 |
| Story4 | CM | Bottom | 185,0121 |
| Story4 | D | Bottom | 229,9601 |
| Story3 | L | Bottom | 168,3415 |
| Story3 | CM | Bottom | 388,8932 |
| Story3 | D | Bottom | 503,5985 |
| Story2 | L | Bottom | 311,1915 |
| Story2 | CM | Bottom | 592,7744 |
| Story2 | D | Bottom | 793,7357 |
| Story1 | L | Bottom | 454,0415 |
| Story1 | CM | Bottom | 796,6555 |
| Story1 | D | Bottom | 1128,8393 |

*Nota.* Tomado de Software Etabs.

***Tabla 44.***

*Peso sísmico sistema de losas aligeradas con bloques de pómez.*

| Nivel | PP+CM<br>Ton | Peso Sísmico<br>Ton |
|---|---|---|
| Piso 4 | 229,9601 | 229,9601 |
| Piso 3 | 273,6384 | 273,6384 |
| Piso 2 | 290,1372 | 290,1372 |
| Piso 1 | 335,1036 | 335,1036 |
| **Total** | **1128,8393** | **1128,8393** |

*Nota.* Autores.

La fuerza cortante en la base, una vez calculada, se repartió verticalmente siguiendo los criterios que marca la NEC-15, considerando el peso sísmico particular de cada piso del edificio. Los vectores de carga, que se usaron en el modelo de ETABS, se definieron como casos de carga lateral, y se aplicaron a cada diafragma horizontal con una excentricidad del 5%. Esta información detallada se presenta en la columna Fi de las tablas presentadas a continuación.

***Tabla 45.***

*Cortante basal sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular.*

| Piso | $h_i$<br>m | $W_i$<br>Ton | $W_i * (h_i)^k$ | $\frac{W_i * (h_i)^k}{\sum W_i * (h_i)^k}$ | $Fi$<br>Ton | $Vx$<br>Ton |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 12 | 212,9749 | 3405,298 | 0,36 | 62,241 | 62,241 |
| 3 | 9 | 256,4673 | 2975,017 | 0,32 | 54,376 | 116,617 |
| 2 | 6 | 266,8076 | 1968,910 | 0,21 | 35,987 | 152,604 |
| 1 | 3 | 315,1783 | 1073,458 | 0,11 | 19,620 | 172,224 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Total** | **1051,4281** | **9422,684** | | **172,224** | |

*Nota.* Autores.

***Tabla 46.***

*Cortante basal sistema de losas aligeradas con bloques de pómez.*

| **Piso** | $h_i$ | $W_i$ | $W_i * (h_i)^k$ | $\frac{W_i * (h_i)^k}{\sum W_i * (h_i)^k}$ | $Fi$ | $Vx$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **m** | **Ton** | | | **Ton** | **Ton** |
| 4 | 12 | 229,9601 | 3595,560 | 0,36 | 66,854 | 66,854 |
| 3 | 9 | 273,6384 | 3112,049 | 0,31 | 57,864 | 124,718 |
| 2 | 6 | 290,1372 | 2106,822 | 0,21 | 39,173 | 163,891 |
| 1 | 3 | 335,1036 | 1130,092 | 0,11 | 21,012 | 184,904 |
| **Total** | | **1128,8393** | **9944,522** | | **184,904** | |

*Nota.* Autores.

***Tabla 47.***

*Coeficientes sísmicos de los sistemas constructivos presentados.*

| **COEFICIENTE SISMICO (Cs)** | |
|---|---|
| Losas Aligeradas con bloques de hormigón celular (Modelo 1) | 0,16380007 |
| Losas Aligeradas con bloques de hormigón celular (Modelo 2) | 0,16380011 |

*Nota.* Autores.

### 4.1.9.5 Análisis de Derivas de piso

Las deformaciones fueron controladas debido al cálculo de derivas inelásticas de piso dicho calculo se obtuvo mediante el proceso de Diseño Basado en Fuerzas como en sus siglas DBF estipulado por la NEC-15.

Los resultados arrojados del cálculo verifican que las derivas de cada piso están por debajo de la deriva inelástica máxima. Dichos resultados se desplazan a continuación.

## Modelo 1: Sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular.

***Tabla 48.***

*Chequeo de derivas máximas para Sismo X de Modelo 1.*

| Story | Joint | U1<br>cm | U2<br>cm | U<br>cm | ΔE<br>cm | hx<br>cm | Δe i<br>cm/cm | Deriva inelástica<br>ΔM = 0.75*R*ΔE<br>(cm/cm) | < 2%<br>"NEC-15" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 3,4112 | -0,5217 | 3,451 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 1,48% | SI CUMPLE |
| Story4 | 10 | 3,3474 | -0,0638 | 3,348 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE |
| Story4 | 14 | 3,4112 | 0 | 3,411 | 0,729 | 300 | 0,00243 | 1,46% | SI CUMPLE |
| Story4 | 16 | 3,4112 | -0,4174 | 3,437 | 0,736 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE |
| Story4 | 25 | 3,5503 | -0,1043 | 3,552 | 0,762 | 300 | 0,00254 | 1,52% | SI CUMPLE |
| Story4 | 5 | 3,3474 | 0 | 3,347 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE |
| Story3 | 4 | 2,6819 | -0,3988 | 2,711 | 0,964 | 300 | 0,00321 | 1,93% | SI CUMPLE |
| Story3 | 10 | 2,6331 | -0,0487 | 2,634 | 0,938 | 300 | 0,00313 | 1,88% | SI CUMPLE |
| Story3 | 14 | 2,6819 | 0 | 2,682 | 0,954 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| Story3 | 16 | 2,6819 | -0,319 | 2,701 | 0,960 | 300 | 0,00320 | 1,92% | SI CUMPLE |
| Story3 | 25 | 2,7882 | -0,0798 | 2,789 | 0,991 | 300 | 0,00330 | 1,98% | SI CUMPLE |
| Story3 | 5 | 2,6331 | 0 | 2,633 | 0,938 | 300 | 0,00313 | 1,88% | SI CUMPLE |
| Story2 | 4 | 1,7276 | -0,2641 | 1,748 | 0,790 | 300 | 0,00263 | 1,58% | SI CUMPLE |
| Story2 | 10 | 1,6953 | -0,0323 | 1,696 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE |
| Story2 | 14 | 1,7276 | 0 | 1,728 | 0,779 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE |
| Story2 | 16 | 1,7276 | -0,2113 | 1,740 | 0,786 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE |
| Story2 | 25 | 1,798 | -0,0528 | 1,799 | 0,813 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE |
| Story2 | 5 | 1,6953 | 0 | 1,695 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE |
| Story1 | 4 | 0,9483 | -0,137 | 0,958 | 0,958 | 300 | 0,00319 | 1,92% | SI CUMPLE |
| Story1 | 10 | 0,9316 | -0,0167 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story1 | 14 | 0,9483 | 0 | 0,948 | 0,948 | 300 | 0,00316 | 1,90% | SI CUMPLE |
| Story1 | 16 | 0,9483 | -0,1096 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| Story1 | 25 | 0,9849 | -0,0274 | 0,985 | 0,985 | 300 | 0,00328 | 1,97% | SI CUMPLE |
| Story1 | 5 | 0,9316 | 0 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE |

*Nota.* Autores.

***Tabla 49.***

*Chequeo de derivas máximas para Sismo Y de Modelo 1.*

| Story | Joint | U1<br>cm | U2<br>cm | U<br>cm | ΔE<br>cm | hx<br>cm | Δe i<br>cm/cm | Deriva inelástica<br>ΔM = 0.75*R*ΔE<br>(cm/cm) | < 2%<br>"NEC-15" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 0,0961 | 3,8959 | 3,897 | 0,959 | 300 | 0,00320 | 1,92% | SI CUMPLE |
| Story4 | 10 | 0,1965 | 3,1748 | 3,181 | 0,781 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE |
| Story4 | 14 | 0,0961 | 3,0744 | 3,076 | 0,755 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE |
| Story4 | 16 | 0,0961 | 3,7316 | 3,733 | 0,918 | 300 | 0,00306 | 1,84% | SI CUMPLE |
| Story4 | 25 | -0,123 | 3,2387 | 3,241 | 0,796 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE |
| Story4 | 5 | 0,1965 | 3,0744 | 3,081 | 0,756 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE |
| Story3 | 4 | 0,0706 | 2,9373 | 2,938 | 0,998 | 300 | 0,00333 | 2,00% | SI CUMPLE |
| Story3 | 10 | 0,146 | 2,3957 | 2,400 | 0,814 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE |
| Story3 | 14 | 0,0706 | 2,3203 | 2,321 | 0,787 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE |
| Story3 | 16 | 0,0706 | 2,8139 | 2,815 | 0,956 | 300 | 0,00319 | 1,91% | SI CUMPLE |
| Story3 | 25 | -0,0939 | 2,4437 | 2,446 | 0,830 | 300 | 0,00277 | 1,66% | SI CUMPLE |
| Story3 | 5 | 0,146 | 2,3203 | 2,325 | 0,789 | 300 | 0,00263 | 1,58% | SI CUMPLE |
| Story2 | 4 | 0,0464 | 1,9397 | 1,940 | 0,935 | 300 | 0,00312 | 1,87% | SI CUMPLE |
| Story2 | 10 | 0,0961 | 1,5829 | 1,586 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE |
| Story2 | 14 | 0,0464 | 1,5332 | 1,534 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 1,48% | SI CUMPLE |
| Story2 | 16 | 0,0464 | 1,8584 | 1,859 | 0,896 | 300 | 0,00299 | 1,79% | SI CUMPLE |
| Story2 | 25 | -0,0619 | 1,6145 | 1,616 | 0,779 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE |
| Story2 | 5 | 0,0961 | 1,5332 | 1,536 | 0,740 | 300 | 0,00247 | 1,48% | SI CUMPLE |
| Story1 | 4 | 0,024 | 1,0045 | 1,005 | 1,005 | 300 | 0,00335 | 2,00% | SI CUMPLE |
| Story1 | 10 | 0,0497 | 0,8202 | 0,822 | 0,822 | 300 | 0,00274 | 1,64% | SI CUMPLE |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story1 | 14 | 0,024 | 0,7945 | 0,795 | 0,795 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE |
| Story1 | 16 | 0,024 | 0,9625 | 0,963 | 0,963 | 300 | 0,00321 | 1,93% | SI CUMPLE |
| Story1 | 25 | -0,032 | 0,8365 | 0,837 | 0,837 | 300 | 0,00279 | 1,67% | SI CUMPLE |
| Story1 | 5 | 0,0497 | 0,7945 | 0,796 | 0,796 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE |

*Nota.* Autores.

## Modelo 2: Sistema de losas aligeradas con bloques de pómez.

***Tabla 50.***

*Chequeo de derivas máximas para Sismo X de Modelo 2.*

| Story | Joint | U1 cm | U2 cm | U cm | ΔE cm | hx cm | Δe i cm/cm | Deriva inelástica ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm) | < 2% | "NEC-15" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 3,2593 | -0,4847 | 3,295 | 0,717 | 300 | 0,00239 | 1,43% | SI CUMPLE | |
| Story4 | 10 | 3,2 | -0,0592 | 3,201 | 0,697 | 300 | 0,00232 | 1,39% | SI CUMPLE | |
| Story4 | 14 | 3,2593 | 0 | 3,259 | 0,709 | 300 | 0,00236 | 1,42% | SI CUMPLE | |
| Story4 | 16 | 3,2593 | -0,3878 | 3,282 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE | |
| Story4 | 5 | 3,2 | 0 | 3,200 | 0,696 | 300 | 0,00232 | 1,39% | SI CUMPLE | |
| Story4 | 26 | 3,4316 | -0,2908 | 3,444 | 0,749 | 300 | 0,00250 | 1,50% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 4 | 2,55 | -0,3801 | 2,578 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 1,82% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 10 | 2,5036 | -0,0465 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 14 | 2,55 | 0 | 2,550 | 0,901 | 300 | 0,00300 | 1,80% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 16 | 2,55 | -0,304 | 2,568 | 0,906 | 300 | 0,00302 | 1,81% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 5 | 2,5036 | 0 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE | |
| Story3 | 26 | 2,6851 | -0,228 | 2,695 | 0,946 | 300 | 0,00315 | 1,89% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 4 | 1,6492 | -0,2598 | 1,670 | 0,756 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 10 | 1,6174 | -0,0318 | 1,618 | 0,731 | 300 | 0,00244 | 1,46% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 14 | 1,6492 | 0 | 1,649 | 0,746 | 300 | 0,00249 | 1,49% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 16 | 1,6492 | -0,2079 | 1,662 | 0,753 | 300 | 0,00251 | 1,51% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 5 | 1,6174 | 0 | 1,617 | 0,731 | 300 | 0,00244 | 1,46% | SI CUMPLE | |
| Story2 | 26 | 1,7416 | -0,1559 | 1,749 | 0,793 | 300 | 0,00264 | 1,59% | SI CUMPLE | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story1 | 4 | 0,9028 | -0,1371 | 0,913 | 0,913 | 300 | 0,00304 | 1,83% | SI CUMPLE |
| Story1 | 10 | 0,8861 | -0,0168 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| Story1 | 14 | 0,9028 | 0 | 0,903 | 0,903 | 300 | 0,00301 | 1,81% | SI CUMPLE |
| Story1 | 16 | 0,9028 | -0,1097 | 0,909 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 1,82% | SI CUMPLE |
| Story1 | 5 | 0,8861 | 0 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| Story1 | 26 | 0,9516 | -0,0823 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |

*Nota.* Autores.

***Tabla 51.***

*Chequeo de derivas máximas para Sismo Y de Modelo 2.*

| **Story** | **Joint** | **U1 cm** | **U2 cm** | **U cm** | **ΔE cm** | **hx cm** | **Δe i cm/cm** | **Deriva inelástica ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm)** | **< 2% "NEC-15"** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 0,0999 | 3,8462 | 3,847 | 0,934 | 300 | 0,00311 | 1,87% | SI CUMPLE |
| Story4 | 10 | 0,2 | 3,1269 | 3,133 | 0,759 | 300 | 0,00253 | 1,52% | SI CUMPLE |
| Story4 | 14 | 0,0999 | 3,0268 | 3,028 | 0,733 | 300 | 0,00244 | 1,47% | SI CUMPLE |
| Story4 | 16 | 0,0999 | 3,6823 | 3,684 | 0,894 | 300 | 0,00298 | 1,79% | SI CUMPLE |
| Story4 | 5 | 0,2 | 3,0268 | 3,033 | 0,734 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE |
| Story4 | 26 | -0,1915 | 3,5184 | 3,524 | 0,854 | 300 | 0,00285 | 1,71% | SI CUMPLE |
| Story3 | 4 | 0,073 | 2,9122 | 2,913 | 0,984 | 300 | 0,00328 | 1,97% | SI CUMPLE |
| Story3 | 10 | 0,1485 | 2,3699 | 2,375 | 0,802 | 300 | 0,00267 | 1,60% | SI CUMPLE |
| Story3 | 14 | 0,073 | 2,2944 | 2,296 | 0,775 | 300 | 0,00258 | 1,55% | SI CUMPLE |
| Story3 | 16 | 0,073 | 2,7886 | 2,790 | 0,942 | 300 | 0,00314 | 1,88% | SI CUMPLE |
| Story3 | 5 | 0,1485 | 2,2944 | 2,299 | 0,776 | 300 | 0,00259 | 1,55% | SI CUMPLE |
| Story3 | 26 | -0,1467 | 2,6651 | 2,669 | 0,901 | 300 | 0,00300 | 1,80% | SI CUMPLE |
| Story2 | 4 | 0,0467 | 1,9285 | 1,929 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE |
| Story2 | 10 | 0,0967 | 1,5699 | 1,573 | 0,760 | 300 | 0,00253 | 1,52% | SI CUMPLE |
| Story2 | 14 | 0,0467 | 1,5199 | 1,521 | 0,735 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE |
| Story2 | 16 | 0,0467 | 1,8468 | 1,847 | 0,893 | 300 | 0,00298 | 1,79% | SI CUMPLE |
| Story2 | 5 | 0,0967 | 1,5199 | 1,523 | 0,736 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story2 | 26 | -0,0986 | 1,7651 | 1,768 | 0,854 | 300 | 0,00285 | 1,71% | SI CUMPLE |
| Story1 | 4 | 0,0234 | 0,9964 | 0,997 | 0,997 | 300 | 0,00332 | 1,99% | SI CUMPLE |
| Story1 | 10 | 0,0492 | 0,8114 | 0,813 | 0,813 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE |
| Story1 | 14 | 0,0234 | 0,7857 | 0,786 | 0,786 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE |
| Story1 | 16 | 0,0234 | 0,9543 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| Story1 | 5 | 0,0492 | 0,7857 | 0,787 | 0,787 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE |
| Story1 | 26 | -0,0515 | 0,9121 | 0,914 | 0,914 | 300 | 0,00305 | 1,83% | SI CUMPLE |

*Nota.* Autores.

### 4.1.9.6 Análisis por irregularidad torsional

Para verificar que no existieran complicaciones por efectos de torsión, se examinó que la deriva máxima en cada nivel, calculada en los extremos de la estructura, no excediera en 1. 2 veces la deriva media de esos mismos extremos. Se constató que los resultados alcanzados satisfacen los parámetros establecidos por la normativa NEC-15, tanto en el eje X como en el eje Y. Los análisis de torsión, relativos a cada eje principal, se especifican seguidamente.

## Modelo 1: Sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular.

***Tabla 52.***

*Chequeo de irregularidad torsional para Sismo X de Modelo 1.*

| Story | Joint | U1 cm | U2 cm | U cm | ΔE cm | hx cm | Δe i cm/cm | ΔE prom cm/cm | Δei/ΔE prom | < 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 3,4112 | -0,5217 | 3,451 | 0,739 | 300 | 0,00246 | | | |
| Story4 | 10 | 3,3474 | -0,0638 | 3,348 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story4 | 14 | 3,4112 | 0 | 3,411 | 0,729 | 300 | 0,00243 | 0,0024 | 1,041 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 16 | 3,4112 | -0,4174 | 3,437 | 0,736 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story4 | 25 | 3,5503 | -0,1043 | 3,552 | 0,762 | 300 | 0,00254 | | | |
| Story4 | 5 | 3,3474 | 0 | 3,347 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story3 | 4 | 2,6819 | -0,3988 | 2,711 | 0,964 | 300 | 0,00321 | 0,0032 | 1,035 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | 2,6331 | -0,0487 | 2,634 | 0,938 | 300 | 0,00313 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story3 | 14 | 2,6819 | 0 | 2,682 | 0,954 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story3 | 16 | 2,6819 | -0,319 | 2,701 | 0,960 | 300 | 0,00320 | | | |
| Story3 | 25 | 2,7882 | -0,0798 | 2,789 | 0,991 | 300 | 0,00330 | | | |
| Story3 | 5 | 2,6331 | 0 | 2,633 | 0,938 | 300 | 0,00313 | | | |
| Story2 | 4 | 1,7276 | -0,2641 | 1,748 | 0,790 | 300 | 0,00263 | | | |
| Story2 | 10 | 1,6953 | -0,0323 | 1,696 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | |
| Story2 | 14 | 1,7276 | 0 | 1,728 | 0,779 | 300 | 0,00260 | 0,0026 | 1,039 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 16 | 1,7276 | -0,2113 | 1,740 | 0,786 | 300 | 0,00262 | | | |
| Story2 | 25 | 1,798 | -0,0528 | 1,799 | 0,813 | 300 | 0,00271 | | | |
| Story2 | 5 | 1,6953 | 0 | 1,695 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | |
| Story1 | 4 | 0,9483 | -0,137 | 0,958 | 0,958 | 300 | 0,00319 | | | |
| Story1 | 10 | 0,9316 | -0,0167 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | | | |
| Story1 | 14 | 0,9483 | 0 | 0,948 | 0,948 | 300 | 0,00316 | 0,0032 | 1,035 | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 16 | 0,9483 | -0,1096 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story1 | 25 | 0,9849 | -0,0274 | 0,985 | 0,985 | 300 | 0,00328 | | | |
| Story1 | 5 | 0,9316 | 0 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | | | |

*Nota.* Autores.

***Tabla 53.***

*Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Y de Modelo 1.*

| **Story** | **Joint** | **U1** **cm** | **U2** **cm** | **U** **cm** | **ΔE** **cm** | **hx** **cm** | **Δe i** **cm/cm** | **ΔE prom** **cm/cm** | **Δei/ΔE prom** | **< 1.2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 0,0961 | 3,8959 | 3,897 | 0,959 | 300 | 0,00320 | | | |
| Story4 | 10 | 0,1965 | 3,1748 | 3,181 | 0,781 | 300 | 0,00260 | | | |
| Story4 | 14 | 0,0961 | 3,0744 | 3,076 | 0,755 | 300 | 0,00252 | 0,0028 | 1,159 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 16 | 0,0961 | 3,7316 | 3,733 | 0,918 | 300 | 0,00306 | | | |
| Story4 | 25 | -0,123 | 3,2387 | 3,241 | 0,796 | 300 | 0,00265 | | | |
| Story4 | 5 | 0,1965 | 3,0744 | 3,081 | 0,756 | 300 | 0,00252 | | | |
| Story3 | 4 | 0,0706 | 2,9373 | 2,938 | 0,998 | 300 | 0,00333 | | | |
| Story3 | 10 | 0,146 | 2,3957 | 2,400 | 0,814 | 300 | 0,00271 | 0,0029 | 1,157 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 14 | 0,0706 | 2,3203 | 2,321 | 0,787 | 300 | 0,00262 | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story3 | 16 | 0,0706 | 2,8139 | 2,815 | 0,956 | 300 | 0,00319 | | | | |
| Story3 | 25 | -0,0939 | 2,4437 | 2,446 | 0,830 | 300 | 0,00277 | | | | |
| Story3 | 5 | 0,146 | 2,3203 | 2,325 | 0,789 | 300 | 0,00263 | | | | |
| Story2 | 4 | 0,0464 | 1,9397 | 1,940 | 0,935 | 300 | 0,00312 | | | | |
| Story2 | 10 | 0,0961 | 1,5829 | 1,586 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | | |
| Story2 | 14 | 0,0464 | 1,5332 | 1,534 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 0,0027 | 1,156 | NO HAY TORSIÓN | |
| Story2 | 16 | 0,0464 | 1,8584 | 1,859 | 0,896 | 300 | 0,00299 | | | | |
| Story2 | 25 | -0,0619 | 1,6145 | 1,616 | 0,779 | 300 | 0,00260 | | | | |
| Story2 | 5 | 0,0961 | 1,5332 | 1,536 | 0,740 | 300 | 0,00247 | | | | |
| Story1 | 4 | 0,024 | 1,0045 | 1,005 | 1,005 | 300 | 0,00335 | | | | |
| Story1 | 10 | 0,0497 | 0,8202 | 0,822 | 0,822 | 300 | 0,00274 | | | | |
| Story1 | 14 | 0,024 | 0,7945 | 0,795 | 0,795 | 300 | 0,00265 | 0,0029 | 1,156 | NO HAY TORSIÓN | |
| Story1 | 16 | 0,024 | 0,9625 | 0,963 | 0,963 | 300 | 0,00321 | | | | |
| Story1 | 25 | -0,032 | 0,8365 | 0,837 | 0,837 | 300 | 0,00279 | | | | |
| Story1 | 5 | 0,0497 | 0,7945 | 0,796 | 0,796 | 300 | 0,00265 | | | | |

*Nota.* Autores.

## Modelo 2: Sistema de losas aligeradas con bloques de pómez.

***Tabla 54.***

*Chequeo de irregularidad torsional para Sismo X de Modelo 2.*

| Story | Joint | U1 cm | U2 cm | U cm | ΔE cm | hx cm | Δe i cm/cm | ΔE prom cm/cm | Δei/ΔE prom | < 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | 3,2593 | -0,4847 | 3,295 | 0,717 | 300 | 0,00239 | | | |
| Story4 | 10 | 3,2 | -0,0592 | 3,201 | 0,697 | 300 | 0,00232 | | | |
| Story4 | 14 | 3,2593 | 0 | 3,259 | 0,709 | 300 | 0,00236 | 0,0024 | 1,050 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 16 | 3,2593 | -0,3878 | 3,282 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story4 | 5 | 3,2 | 0 | 3,200 | 0,696 | 300 | 0,00232 | | | |
| Story4 | 26 | 3,4316 | -0,2908 | 3,444 | 0,749 | 300 | 0,00250 | | | |
| Story3 | 4 | 2,55 | -0,3801 | 2,578 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 0,0030 | 1,045 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | 2,5036 | -0,0465 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story3 | 14 | 2,55 | 0 | 2,550 | 0,901 | 300 | 0,00300 | | | |
| Story3 | 16 | 2,55 | -0,304 | 2,568 | 0,906 | 300 | 0,00302 | | | |
| Story3 | 5 | 2,5036 | 0 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story3 | 26 | 2,6851 | -0,228 | 2,695 | 0,946 | 300 | 0,00315 | | | |
| Story2 | 4 | 1,6492 | -0,2598 | 1,670 | 0,756 | 300 | 0,00252 | | | |
| Story2 | 10 | 1,6174 | -0,0318 | 1,618 | 0,731 | 300 | 0,00244 | | | |
| Story2 | 14 | 1,6492 | 0 | 1,649 | 0,746 | 300 | 0,00249 | 0,0025 | 1,055 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 16 | 1,6492 | -0,2079 | 1,662 | 0,753 | 300 | 0,00251 | | | |
| Story2 | 5 | 1,6174 | 0 | 1,617 | 0,731 | 300 | 0,00244 | | | |
| Story2 | 26 | 1,7416 | -0,1559 | 1,749 | 0,793 | 300 | 0,00264 | | | |
| Story1 | 4 | 0,9028 | -0,1371 | 0,913 | 0,913 | 300 | 0,00304 | | | |
| Story1 | 10 | 0,8861 | -0,0168 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story1 | 14 | 0,9028 | 0 | 0,903 | 0,903 | 300 | 0,00301 | 0,0030 | 1,051 | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 16 | 0,9028 | -0,1097 | 0,909 | 0,909 | 300 | 0,00303 | | | |
| Story1 | 5 | 0,8861 | 0 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story1 | 26 | 0,9516 | -0,0823 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |

*Nota.* Autores.

***Tabla 55***.

*Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Y de Modelo 2.*

| **Story** | **Joint** | **U1** | **U2** | **U** | **ΔE** | **hx** | **Δe i** | **ΔE prom** | **Δei/ΔE prom** | **< 1.2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **cm** | **cm** | **cm** | **cm** | **cm** | **cm/cm** | **cm/cm** | | |
| Story4 | 4 | 0,0999 | 3,8462 | 3,847 | 0,934 | 300 | 0,00311 | | | |
| Story4 | 10 | 0,2 | 3,1269 | 3,133 | 0,759 | 300 | 0,00253 | | | |
| Story4 | 14 | 0,0999 | 3,0268 | 3,028 | 0,733 | 300 | 0,00244 | 0,0027 | 1,142 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 16 | 0,0999 | 3,6823 | 3,684 | 0,894 | 300 | 0,00298 | | | |
| Story4 | 5 | 0,2 | 3,0268 | 3,033 | 0,734 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story4 | 26 | -0,1915 | 3,5184 | 3,524 | 0,854 | 300 | 0,00285 | | | |
| Story3 | 4 | 0,073 | 2,9122 | 2,913 | 0,984 | 300 | 0,00328 | | | |
| Story3 | 10 | 0,1485 | 2,3699 | 2,375 | 0,802 | 300 | 0,00267 | 0,0029 | 1,140 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 14 | 0,073 | 2,2944 | 2,296 | 0,775 | 300 | 0,00258 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story3 | 16 | 0,073 | 2,7886 | 2,790 | 0,942 | 300 | 0,00314 | | | |
| Story3 | 5 | 0,1485 | 2,2944 | 2,299 | 0,776 | 300 | 0,00259 | | | |
| Story3 | 26 | -0,1467 | 2,6651 | 2,669 | 0,901 | 300 | 0,00300 | | | |
| Story2 | 4 | 0,0467 | 1,9285 | 1,929 | 0,932 | 300 | 0,00311 | | | |
| Story2 | 10 | 0,0967 | 1,5699 | 1,573 | 0,760 | 300 | 0,00253 | | | |
| Story2 | 14 | 0,0467 | 1,5199 | 1,521 | 0,735 | 300 | 0,00245 | 0,0027 | 1,139 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 16 | 0,0467 | 1,8468 | 1,847 | 0,893 | 300 | 0,00298 | | | |
| Story2 | 5 | 0,0967 | 1,5199 | 1,523 | 0,736 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story2 | 26 | -0,0986 | 1,7651 | 1,768 | 0,854 | 300 | 0,00285 | | | |
| Story1 | 4 | 0,0234 | 0,9964 | 0,997 | 0,997 | 300 | 0,00332 | | | |
| Story1 | 10 | 0,0492 | 0,8114 | 0,813 | 0,813 | 300 | 0,00271 | | | |
| Story1 | 14 | 0,0234 | 0,7857 | 0,786 | 0,786 | 300 | 0,00262 | | | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 16 | 0,0234 | 0,9543 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story1 | 5 | 0,0492 | 0,7857 | 0,787 | 0,787 | 300 | 0,00262 | 0,0029 | 1,139 | |
| Story1 | 26 | -0,0515 | 0,9121 | 0,914 | 0,914 | 300 | 0,00305 | | | |

*Nota.* Autores.

### 4.1.9.7 Análisis de los efectos de segundo orden P-Δ

Luego de realizar la evaluación de la estabilidad lateral conforme a la normativa NEC-15, los resultados indican que el índice de estabilidad Qi permanece por debajo del límite permitido de 0.1. El examen de cada nivel muestra que la inclusión de los efectos P-Δ en el modelo estructural es innecesaria.

A continuación, se presentan los valores del índice de estabilidad Qi obtenidos para cada una de las principales direcciones evaluadas:

***Tabla 56.***

*Chequeo de efectos P- Δ Sismo X Modelo 1*

| **Story** | **Lebel** | **UX** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Pi** Ton | **Vi** Ton | **$Qi=P_i\Delta_i/h_iV_i$** | **Q< 0.1** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story 4 | D5 | 3,493 | 0,748 | 300 | 238,47 | 62,30 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 3 | D4 | 2,745 | 0,976 | 300 | 399,32 | 116,70 | 0,011 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 2 | D3 | 1,769 | 0,800 | 300 | 1047,44 | 152,66 | 0,018 | Sin Efectos P-Δ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story 1 | D2 | 0,968 | 0,968 | 300 | 1505,47 | 172,23 | 0,028 | Sin Efectos P-Δ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 57.***

*Chequeo de efectos P- Δ Sismo Y Modelo 1.*

| **Story** | **Lebel** | **UY** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Pi** Ton | **Vi** Ton | **$Qi=P_i\Delta_i/h_iV_i$** | **Q< 0.1** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story 4 | D8 | 5,390 | 0,468 | 300 | 238,47 | 62,30 | 0,006 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 3 | D7 | 4,922 | 0,534 | 300 | 637,78 | 116,70 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 2 | D6 | 4,388 | 0,658 | 300 | 1047,44 | 152,66 | 0,015 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 1 | D5 | 3,730 | 3,301 | 300 | 1505,47 | 172,23 | 0,096 | Sin Efectos P-Δ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 58.***

*Chequeo de efectos P- Δ Sismo X Modelo 2.*

| **Story** | **Lebel** | **UX** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Pi** Ton | **Vi** Ton | **$Qi=P_i\Delta_i/h_iV_i$** | **Q< 0.1** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story 4 | D4 | 3,335 | 0,725 | 300 | 255,45 | 66,85 | 0,009 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 3 | D3 | 2,610 | 0,921 | 300 | 416,49 | 124,72 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 2 | D2 | 1,689 | 0,767 | 300 | 1104,93 | 163,89 | 0,017 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 1 | D1 | 0,923 | 0,923 | 300 | 1582,88 | 184,90 | 0,026 | Sin Efectos P-Δ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 59.***

*Chequeo de efectos P- Δ Sismo Y Modelo 2.*

| **Story** | **Lebel** | **UY** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Pi** Ton | **Vi** Ton | **$Qi=P_i\Delta_i/h_iV_i$** | **Q< 0.1** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story 4 | D8 | 5,390 | 0,468 | 300 | 255,45 | 66,85 | 0,006 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 3 | D7 | 4,922 | 0,534 | 300 | 671,94 | 124,72 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 2 | D6 | 4,388 | 0,658 | 300 | 1104,93 | 163,89 | 0,015 | Sin Efectos P-Δ |
| Story 1 | D5 | 3,730 | 3,301 | 300 | 1582,88 | 184,90 | 0,094 | Sin Efectos P-Δ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.10 Diseño de elementos de hormigón armado del sistema de losas aligeradas con bloques de hormigón celular (MODELO 1)

#### 4.1.10.1 Diseño a flexión en vigas

El diseño a flexión de los elementos vigas tomo en consideración el modelo 1 y el modelo 2, comparando las solicitaciones de cada modelo y escogiendo las fuerzas de diseño más críticas obtenidas. Las vigas se diseñaron para resistir los momentos flectores inducidos por acciones de gravedad y sísmicas por medio de una envolvente de combinaciones de carga según las normas usadas en este estudio.

Se verificó el cumplimiento de las consideraciones de diseño como el cumplimiento del área de acero provisto que debe ser mayor que el área de acero requerido por las combinaciones de carga resultantes del análisis estructural. A continuación, se presenta el acero provisto de las vigas utilizadas.

***Tabla 60.***

*Acero longitudinal para piso 1.*

| **Dirección** | **Eje** | **Vano** | **As (-)** | | | **As (+)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** |
| X | 3 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø18 | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø18 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 19,60 $cm^2$ | 10,18 $cm^2$ | 15,27 $cm^2$ | 13,57 $cm^2$ | 10,18 $cm^2$ | 17,81 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø16 | 4 Ø 18 +1Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø14 |
| | | | 19,60 $cm^2$ | 10,18 $cm^2$ | 16,21 $cm^2$ | 11,31 $cm^2$ | 10,18 $cm^2$ | 13,26 $cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,08 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,08 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,08 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 61.***

*Acero longitudinal para piso 2.*

| **Dirección** | **Eje** | **Vano** | **As (-)** | | | **As (+)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** |
| X | 3 | A-B | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø12 5,75 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ |
| | | B-C | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø14 7,70 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14 +4Ø16 12,66 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø14 6,16 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,62 $cm^2$ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08 $cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08 $cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 62.***

*Acero longitudinal para piso 3.*

| **Dirección** | **Eje** | **Vano** | **As (-)** | | | **As (+)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** |
| X | 3 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ |
| | | A-B | 3 Ø 14 +1Ø12<br>5,75 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ |
| | | B-C | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø16<br>12,06 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +2Ø14<br>9,11 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø20<br>15,46 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +1Ø10<br>6,82 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16<br>6,03 $cm^2$ | 3 Ø 12<br>3,39 $cm^2$ | 3 Ø 12<br>3,39 $cm^2$ | 3 Ø 12<br>3,39 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 63.***

*Acero longitudinal para piso 4.*

| Dirección | Eje | Vano | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 3 | A-B | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ |
| | 2 | A-B | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ |
| | | B-C | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 2 Ø 14<br>+1Ø10<br>3,86<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>+1Ø12<br>4,21<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>+3Ø12<br>6,47<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>3,08<br>$cm^2$ | 2 Ø 14<br>+3Ø12<br>6,47<br>$cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14<br>4,62<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+1Ø10<br>5,40<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+3Ø12<br>8,01<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>4,62<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+3Ø14<br>9,24<br>$cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14<br>+2Ø10<br>6,19<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+2Ø10<br>6,19<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+2Ø10<br>6,19<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+3Ø16<br>10,65<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+3Ø16<br>10,65<br>$cm^2$ | 3 Ø 14<br>+3Ø16<br>10,65<br>$cm^2$ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.10.2 Diseño a cortante en viga

Para el diseño a cortante de las vigas, fue importante utilizar las solicitaciones mayoradas de cortante del modelo 1 y 2. Siendo el modelo 1 tener diferencias mínimas con el modelo 2. Se efectuó el diseño tanto del modelo 1 y 2 tomando de referencia las fuerzas de diseño del modelo 1. Se calculó el área de acero transversal requerido a través del cálculo de cortante equivalente. Para el cálculo del requerimiento de acero transversal y vinchas se propusieron cantidades

de acero que satisfagan el cálculo. En las siguientes tablas se detallan las fuerzas de diseño que se tomaron en cuenta para el cálculo del acero transversal.

***Tabla 64.***

*Cortante calculado para vigas piso 1.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 100,37 ton | 75,28 ton | Cumple | 70,97 ton | 47,44 ton | 20,69 ton |
| Vano eje B | 100,37 ton | 75,28 ton | Cumple | 66,91 ton | 47,24 ton | 3,16 ton |
| Vano eje 3 | 57,49 ton | 43,12 ton | Cumple | 33,37 ton | 19,02 ton | 14,52 ton |
| Vano eje 2 | 58,06 ton | 43,54 ton | Cumple | 33,38 ton | 19,56 ton | 13,82 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 65.***

*Cortante calculado para vigas piso 2.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 43,35 ton | 32,52 ton | Cumple | 31,01 ton | 15,10 ton | 9,47 ton |
| Vano eje B | 50,58 ton | 37,93 ton | Cumple | 32,99 ton | 24,82 ton | 3,23 ton |
| Vano eje 3 | 25,56 ton | 19,17 ton | Cumple | 9,67 ton | 6,57 ton | 2,94 ton |
| Vano eje 2 | 25,56 ton | 19,17 ton | Cumple | 9,91 ton | 6,57 ton | 3,33 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 66.***

*Cortante calculado para vigas piso 3*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 67,29 ton | 50,47 ton | Cumple | 27,89 ton | 19,82 ton | 6,52 ton |
| Vano eje B | 52,78 ton | 39,58 ton | Cumple | 38,09 ton | 26,91 ton | 5,26 ton |
| Vano eje 3 | 33,81 ton | 25,36 ton | Cumple | 12,76 ton | 7,43 ton | 5,17 ton |
| Vano eje 2 | 33,81 ton | 25,36 ton | Cumple | 11,06 ton | 6,19 ton | 4,76 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 67.***

*Cortante calculado para vigas piso 4.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 27,71 ton | 20,78 ton | Cumple | 14,07 ton | 9,61 ton | 4,46 ton |
| Vano eje B | 27,27 ton | 20,45 ton | Cumple | 14,61 ton | 10,32 ton | 4,29 ton |
| Vano eje 3 | 27,71 ton | 20,78 ton | Cumple | 5,93 ton | 2,79 ton | 2,80 ton |
| Vano eje 2 | 29,69 ton | 22,27 ton | Cumple | 12,70 ton | 8,17 ton | 4,53 ton |

*Nota.* Autores.

Calculada las fuerzas de diseño, a continuación, se efectuó el cálculo del área de acero transversal y de confinamiento. Los estribos fueron calculados para cumplir con lo descrito en ACI 318-19. El cálculo se detalla a continuación.

***Tabla 68.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 1.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 17,75 cm | 17,75 cm | 15,25 cm | 16,50 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 12,00 cm | 12,00 cm | 9,60 cm | 9,60 cm |
| S recomendado | 7,00 cm | 7,00 cm | 7,00 cm | 7,50 cm |
| #Ramas | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 150,00 cm | 150,00 cm | 130,00 cm | 140,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 69.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 2.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 11,50 cm | 11,50 cm | 7,75 cm | 7,75 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 9,60 cm | 9,60 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 7,00 cm | 6,00 cm | 8,00 cm | 8,00 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 100 cm | 100,00 cm | 70,00 cm | 70,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 70.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 3.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 12,75 cm | 14,00 cm | 10,25 cm | 10,25 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 9,60 cm | 12,00 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 5,00 cm | 7,00 cm | 8,00 cm | 8,00 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 110 cm | 120,00 cm | 90,00 cm | 90,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 71.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas de piso 4.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 5,25 cm | 7,75 cm | 5,25 cm | 9,00 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 8,40 cm | 9,60 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 5,00 cm | 7,50 cm | 5,00 cm | 8,00 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 50 cm | 70,00 cm | 50,00 cm | 80,00 cm |

*Nota.* Autores.

### 4.1.10.3 Diseño a flexión en columnas

Para garantizar más seguridad en el comportamiento ante un sismo, en el cálculo de acero longitudinal se asumió que la carga axial es de 0 Ton para el cálculo de momento de diseño. Además, se tomó en cuenta el chequeo del criterio columna fuerte viga débil para asegurar que se cumplan con todos los requerimientos esenciales para el diseño en todas las columnas diseñadas en esta investigación.

A continuación, se detallan los resultados.

**Columna C1 (Central)**

Los resultados obtenidos de la columna C1 indican que los criterios aplicados en el diseño demuestran el cumplimiento de los parámetros. Debido a que en el criterio columna fuerte viga débil al estipular que ∑Mn en la columna mayor que 1.2∑Mn de las vigas. La cuantía cumple con los requerimientos establecidos en ACI 318-19.

***Tabla 72.***

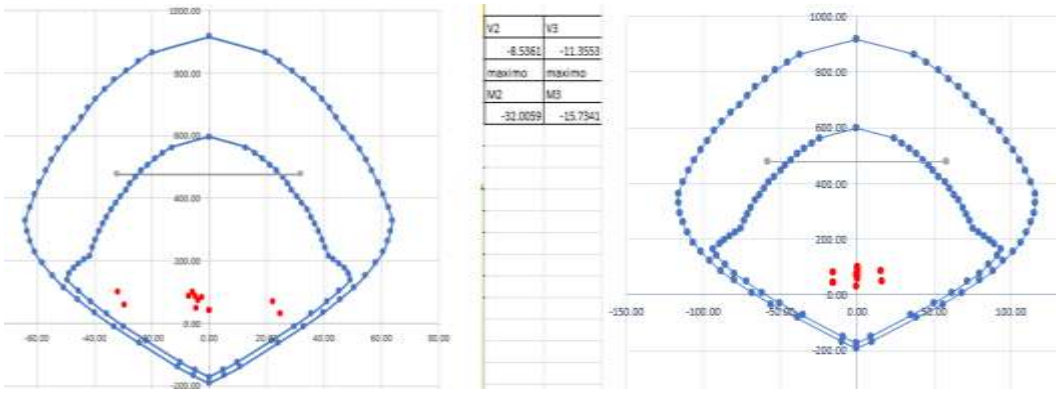
*Columna fuerte viga débil de la columna C1.*

| Piso | Sección | Dirección | ΣMnc Ton*m | 1,2 ΣMnv Ton*m | N Varillas | f mm | r % | As cm2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 45x80cm | X | 69,48 | 63,31 | 18 | 18 | 1.27 | 45,80 |
| | | Y | 131,29 | 103,96 | 18 | 18 | | |
| 3 | 40x65cm | X | 34,13 | 21,96 | 16 | 14 | 1.00 | 24,63 |
| | | Y | 57,59 | 56,93 | 16 | 14 | | |
| 4 | 35x60cm | X | 28,47 | 10,78 | 16 | 14 | 1.17 | 24,63 |
| | | Y | 51,83 | 22,61 | 16 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

***Figura 15***.

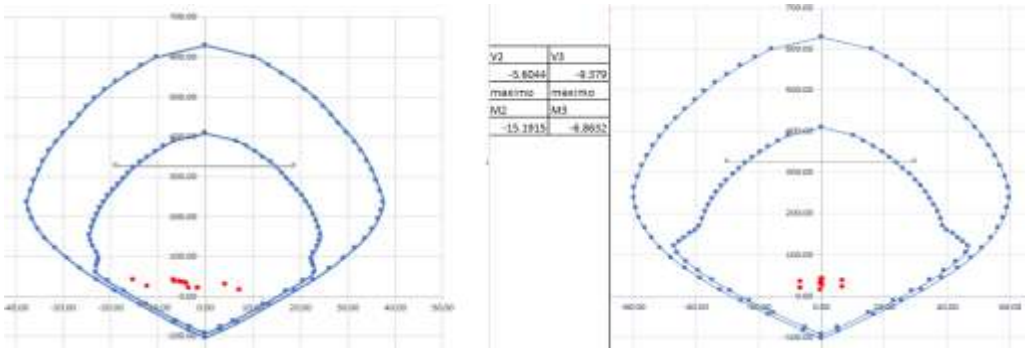
*Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

**Figura 16.**

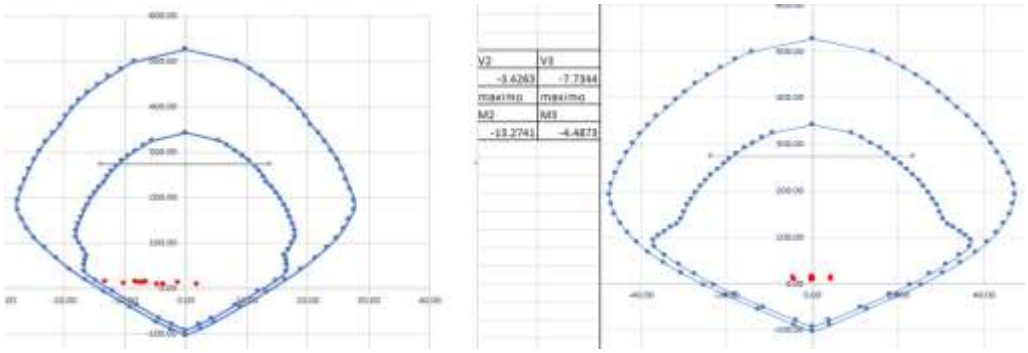
Piso 3, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.



*Nota.* Autores.

***Figura 17.***

*Piso 4, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

**Columnas C2 (Borde)**

Los resultados obtenidos en las columnas C2 cumplió con lo establecido en las normas vigentes. Las columnas de borde tuvieron resultados por encima de límite mínimo en el criterio columna fuerte viga débil. Este diseño se describe a continuación.

***Tabla 73.***

*Columna fuerte viga débil de la columna C2.*

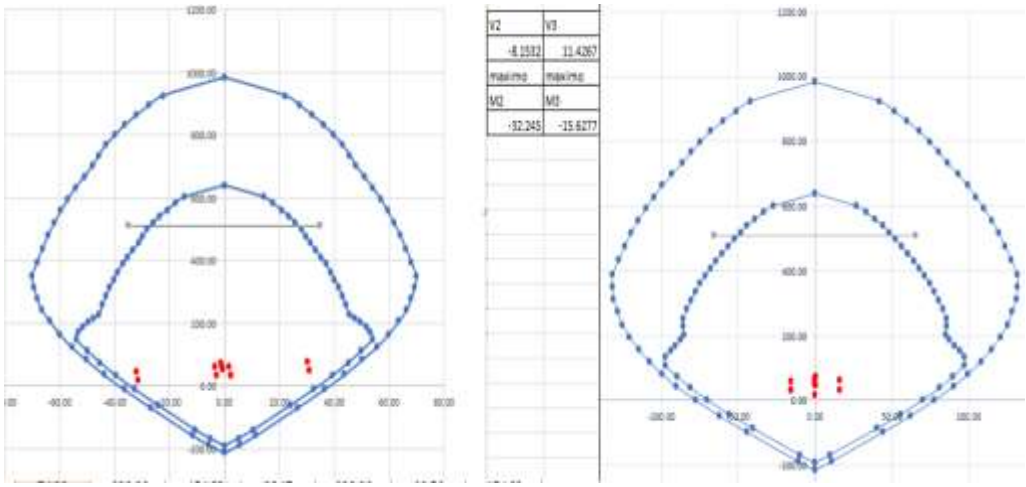
| Piso | Sección | Dirección | ΣMnc | 1,2 ΣMnv | N | f | r | As |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ton*m | Ton*m | Varillas | mm | % | cm2 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 45x85cm | X | 89,05 | 63,31 | 20 | 18 | 1.07 | 50,89 |
| | | Y | 177,82 | 107,63 | 20 | 18 | | |
| 3 | 35x60cm | X | 31,89 | 21,96 | 18 | 14 | 1.21 | 27,70 |
| | | Y | 62,86 | 56,93 | 18 | 14 | | |
| 4 | 30x55cm | X | 22,91 | 10,78 | 16 | 14 | 1.49 | 24,63 |
| | | Y | 60,30 | 22,77 | 16 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

***Figura 18.***

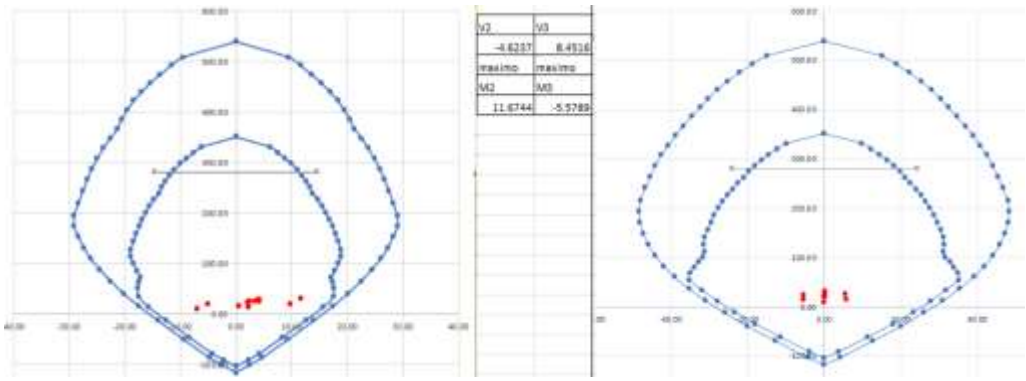
*Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

***Figura 19.***

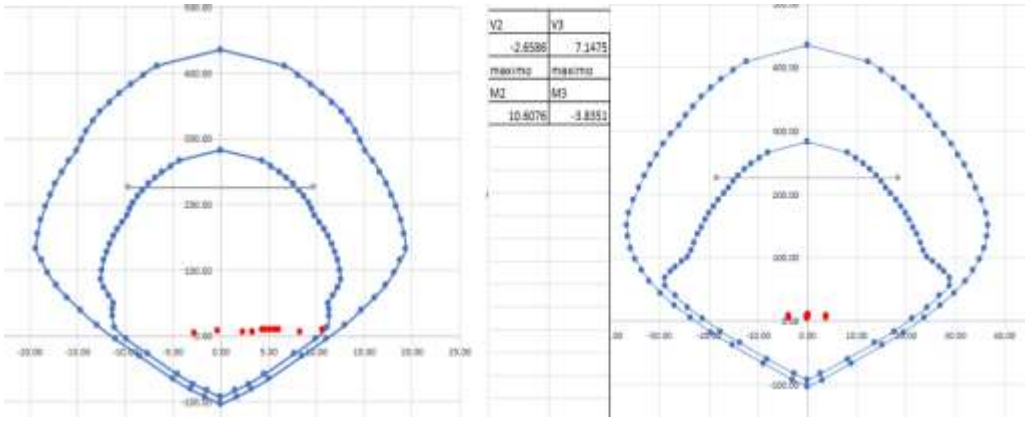
*Piso 3, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

**Figura 20.**

Piso 4, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.



*Nota.* Autores.

### Columnas C3 (Esquinera)

Los resultados obtenidos en las columnas C3 cumplió con lo establecido en las normas vigentes. Las columnas de borde tuvieron resultados por encima de límite mínimo en el criterio columna fuerte viga débil. Este diseño se describe a continuación.

***Tabla 74.***

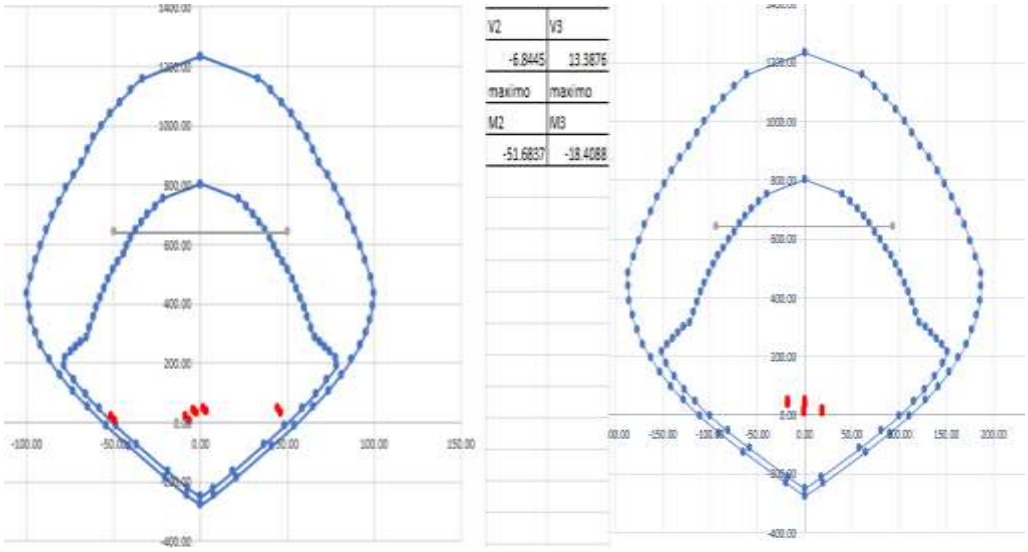
*Columna fuerte viga débil de la columna C3.*

| Piso | Sección | Dirección | S Mnc<br>Ton*m | 1,2 S Mnv<br>Ton*m | N<br>Varillas | f<br>mm | r<br>% | As<br>cm2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 50x95cm | X | 112,54 | 63,31 | 26 | 18 | 1.39 | 66,16 |
| | | Y | 225,06 | 111,23 | 26 | 18 | | |
| 3 | 40x70cm | X | 34,44 | 21,96 | 16 | 14 | 1.00 | 24,63 |
| | | Y | 62,85 | 41,85 | 16 | 14 | | |
| 4 | 35x65cm | X | 25,62 | 10,78 | 14 | 14 | 1.00 | 21,55 |
| | | Y | 50,89 | 13,85 | 14 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

***Figura 21.***

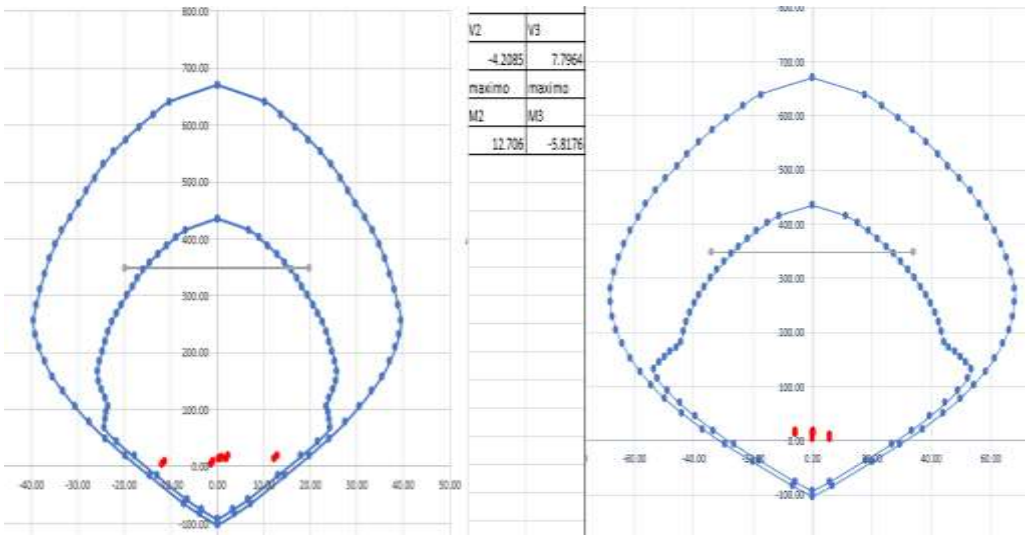
*Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

***Figura 22.***

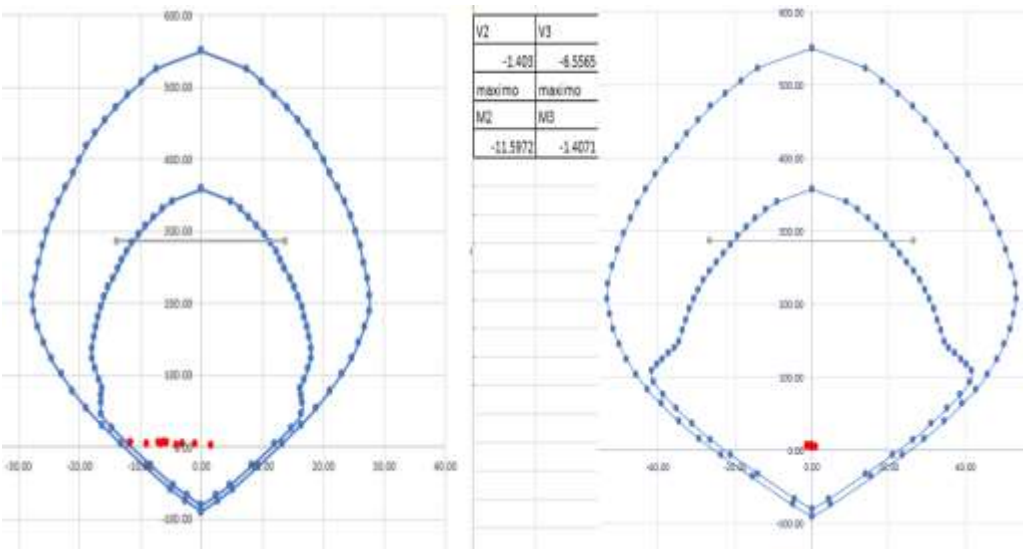
*Piso 3, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

**Figura 23.**

Piso 4, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.




*Nota.* Autores.

### 4.1.10.4 Diseño a cortante en columnas

**Columna C1**

La columna C1 fue diseñado bajo el cumplimiento normativo de ACI 318-19. El cálculo se describe a continuación.

***Tabla 75.***

*Confinamiento de estribos para la columna C1.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 2,230 cm2 | 3 | 10,0 mm | 10,0cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,340 cm2 | 6 | 10,0 mm | 10,0cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,980 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,530 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |
| 4 | X | 2,4 cm2 | 1,950 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,760 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |

*Nota.* Autores.

**Columna C2 y C3**

Las columnas C2 y C3 tuvieron mayores solicitaciones por lo que fueron diseñadas con mayores cantidades de acero transversal. El cálculo de este diseño de describen la Tabla 76 y Tabla 77.

A continuación, se demuestra el diseño de la columna C2.

***Tabla 76.***

*Confinamiento de estribos para la columna C2.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 2,170 cm2 | 3 | 10,0 mm | 10,0cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,520 cm2 | 6 | 10,0 mm | 10,0cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,950 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,760 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |
| 4 | X | 2,4 cm2 | 1,690 cm2 | 3 | 10,0 mm | 7,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,600 cm2 | 5 | 10,0 mm | 7,5cm |

*Nota.* Autores.

La siguiente tabla se demuestra el diseño de la columna C3.

***Tabla 77.***

*Confinamiento de estribos para la columna C3.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 2,160 cm2 | 3 | 10,0 mm | 10,0cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,470 cm2 | 6 | 10,0 mm | 10,0cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,920 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,720 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |
| 4 | X | 2,4 cm2 | 1,770 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,0cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,740 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,0cm |

*Nota.* Autores.

### 4.1.11 Diseño del componente estructural del sistema de losas aligeradas con bloques de pómez (MODELO 2)

#### 4.1.11.1 Diseño a flexión en vigas

Debido al uso de dimensiones similares de las secciones en el modelo 2 y dos las solicitaciones de momentos en las vigas diferían por un pequeño margen, siendo las del modelo 2 las que tenían mayores valores.

En la sección dedicada al diseño a flexión del modelo 2, se profundiza en las especificaciones del diseño a flexión para las vigas correspondiente al modelo 2.

***Tabla 78.***

*Acero longitudinal para piso 1.*

| Dirección | Eje | Vano | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 3 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 $cm^2$ | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 $cm^2$ | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø20 19,60 $cm^2$ | 4 Ø 18 10,18 $cm^2$ | 4 Ø 18 +2Ø18 15,27 $cm^2$ | 4 Ø 18 +3Ø12 13,57 $cm^2$ | 4 Ø 18 10,18 $cm^2$ | 4 Ø 18 +3Ø18 17,81 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø16 16,21 $cm^2$ | 4 Ø 18 10,18 $cm^2$ | 4 Ø 18 +4Ø18 20,36 $cm^2$ | 4 Ø 18 +3Ø12 13,57 $cm^2$ | 4 Ø 18 10,18 $cm^2$ | 4 Ø 18 +1Ø14 11,72 $cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 6,03 $cm^2$ | 6,03 $cm^2$ | 6,03 $cm^2$ | 3,86 $cm^2$ | 3,86 $cm^2$ | 3,86 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 79.***

*Acero longitudinal para piso 2.*

| Dirección | Eje | Vano | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 3 | A-B | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86$cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø12 5,74 $cm^2$ |
| | | B-C | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +0Ø10 4,61 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø14 7,69 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø14 10,64 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +3Ø18 13,66 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +2Ø10 7,60 $cm^2$ | 3 Ø 16 +1Ø10 6,81 $cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 80.***

*Acero longitudinal para piso 3.*

| Dirección | Eje | Vano | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 3 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +3Ø10 10,39 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | | | | | | |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø16 12,06 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +2Ø14 9,11 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +3Ø20 15,45 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 +1Ø14 7,57 $cm^2$ | 3 Ø 16 +1Ø10 6,81 $cm^2$ |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 16 6,03 $cm^2$ | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17 $cm^2$ | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17 $cm^2$ | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

***Tabla 81.***

*Acero longitudinal para piso 4.*

| **Dirección** | **Eje** | **Vano** | **As (-)** | | | **As (+)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** |
| X | 3 | A-B | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ |
| | 2 | A-B | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ |
| | | B-C | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ | 2 Ø 14 3,07 $cm^2$ |
| Y | A | (3-2) | 3 Ø 12 +3Ø12 6,78 $cm^2$ | 3 Ø 12 3,39 $cm^2$ | 3 Ø 12 +2Ø12 5,65 $cm^2$ | 3 Ø 12 3,39 $cm^2$ | 3 Ø 12 3,39 $cm^2$ | 3 Ø 12 3,39 $cm^2$ |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø12 8,01 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64 $cm^2$ | 3 Ø 14 4,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø12 5,74 $cm^2$ | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 $cm^2$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14 +3Ø16 13,61 $cm^2$ | 3 Ø 14 +3Ø16 10,6 $cm^2$ | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18 $cm^2$ | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18 $cm^2$ | 2 Ø 14 +2Ø10 4,64 $cm^2$ |

*Nota.* Autores.

### 4.1.11.2 Diseño a cortante en vigas

En el diseño a cortante de las vigas, se realizó la misma metodología que en el diseño a flexión de las vigas.

***Tabla 82.***

*Cortante calculado para vigas piso 1.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 100,37 ton | 75,28 ton | Cumple | 71,08 ton | 47,45 ton | 14,70 ton |
| Vano eje B | 93,68 ton | 70,26 ton | Cumple | 69,55 ton | 48,12 ton | 3,22 ton |
| Vano eje 3 | 57,49 ton | 43,12 ton | Cumple | 35,42 ton | 21,06 ton | 14,36 ton |
| Vano eje 2 | 58,06 ton | 43,54 ton | Cumple | 41,78 ton | 20,30 ton | 21,48 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 83.***

*Cortante calculado para vigas piso 2.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 37,93 ton | 28,45 ton | Cumple | 24,47 ton | 14,90 ton | 9,57 ton |
| Vano eje B | 42,06 ton | 31,54 ton | Cumple | 30,90 ton | 21,98 ton | 3,51 ton |
| Vano eje 3 | 27,27 ton | 20,45 ton | Cumple | 10,47 ton | 6,57 ton | 3,86 ton |
| Vano eje 2 | 27,94 ton | 20,96 ton | Cumple | 10,83 ton | 6,58 ton | 4,53 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 84.***

*Cortante calculado para vigas piso 3.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 44,86 ton | 33,65 ton | Cumple | 27,66 ton | 19,56 ton | 6,55 ton |
| Vano eje B | 52,78 ton | 39,58 ton | Cumple | 38,36 ton | 27,14 ton | 5,38 ton |
| Vano eje 3 | 33,81 ton | 25,36 ton | Cumple | 12,43 ton | 7,26 ton | 4,96 ton |
| Vano eje 2 | 35,70 ton | 26,78 ton | Cumple | 13,80 ton | 8,39 ton | 5,42 ton |

*Nota.* Autores.

***Tabla 85.***

*Cortante calculado para vigas piso 4.*

| TRAMO | Vs | øVn | øVn>Ve | Ve | V.hiper | V.Isos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vano eje A | 29,22 ton | 21,91 ton | Cumple | 10,94 ton | 8,20 ton | 2,46 ton |
| Vano eje B | 29,69 ton | 22,27 ton | Cumple | 20,17 ton | 12,31 ton | 4,42 ton |
| Vano eje 3 | 27,27 ton | 20,45 ton | Cumple | 8,91 ton | 6,69 ton | 2,22 ton |
| Vano eje 2 | 27,94 ton | 20,96 ton | Cumple | 9,28 ton | 6,14 ton | 2,60 ton |

*Nota.* Autores.

Calculada las fuerzas de diseño, a continuación, se efectuó el cálculo del área de acero transversal y de confinamiento. Los estribos fueron calculados para cumplir con lo descrito en ACI 318-19. El cálculo se detalla a continuación.

**Tabla 86.**

Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 1.

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 17,75 cm | 17,75 cm | 15,25 cm | 16,50 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 12,00 cm | 10,80 cm | 9,60 cm | 9,60 cm |
| S recomendado | 7,00 cm | 7,50 cm | 7,00 cm | 7,50 cm |
| #Ramas | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 150 cm | 150,00 cm | 130,00 cm | 140,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 87.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 2.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 11,50 cm | 12,75 cm | 7,75 cm | 9,00 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 8,40 cm | 9,60 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 8,00 cm | 8,00 cm | 7,50 cm | 8,50 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 100 cm | 110,00 cm | 70,00 cm | 80,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 88.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 3.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 12,75 cm | 14,00 cm | 10,25 cm | 11,50 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 9,60 cm | 12,00 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 7,50 cm | 7,00 cm | 8,00 cm | 8,50 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 110 cm | 120,00 cm | 90,00 cm | 100,00 cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 89.***

*Calculo para obtención de confinamiento de estribos en zona 2H para vigas del piso 4.*

| Zona confinamiento | Vano eje A | Vano eje B | Vano eje 3 | Vano eje 2 |
|---|---|---|---|---|
| ϕ | 10mm | 10mm | 10mm | 10mm |
| d/4 | 7,75 cm | 9,00 cm | 7,75 cm | 9,00 cm |
| S | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm | 15,00 cm |
| 6Db | 7,20 cm | 9,60 cm | 8,40 cm | 8,40 cm |
| S recomendado | 7,00 cm | 8,00 cm | 7,50 cm | 8,50 cm |
| #Ramas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Longitud confinada | 70,00 cm | 80,00 cm | 70,00 cm | 80,00 cm |

*Nota.* Autores.

### 4.1.11.3 Diseño a flexión en columnas

Para este cálculo se consideraron los criterios de columna fuerte viga débil y los criterios de resistencia que son necesarios para soportar combinaciones de cargas de diseño. Como resultado tenemos que todas las columnas del modelo 2 cumplen con los criterios de diseño estipulados en el modelo1.

A continuación, se detallan los resultados.

**Columna C1 (Central)**

Los resultados obtenidos de la columna C1 indican que los criterios aplicados en el diseño demuestran el cumplimiento de los parámetros. Debido a que en el criterio columna fuerte viga débil al estipular que ∑Mn en la columna mayor que 1.2∑Mn de las vigas. La cuantía cumple con los requerimientos establecidos en ACI 318-19.

***Tabla 90.***

*Columna fuerte viga débil de la columna C1.*

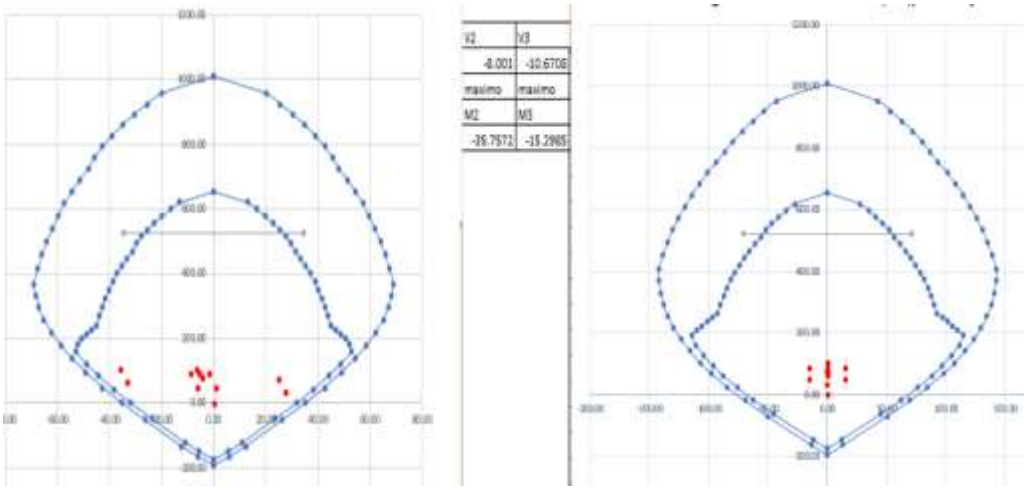
| Piso | Sección | Dirección | ΣMnc Ton*m | 1,2 Σ Mnv Ton*m | N Varillas | f mm | r % | As cm2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 45x90cm | X | 70,31 | 63,31 | 18 | 18 | 1.13 | 45,80 |
| | | Y | 150,60 | 107,63 | 18 | 18 | | |
| 3 | 40x65cm | X | 34,13 | 21,96 | 16 | 14 | 1.00 | 24,63 |
| | | Y | 57,59 | 56,93 | 16 | 14 | | |
| 4 | 35x65cm | X | 28,47 | 10,78 | 16 | 14 | 1.17 | 24,63 |
| | | Y | 51,83 | 22,61 | 16 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

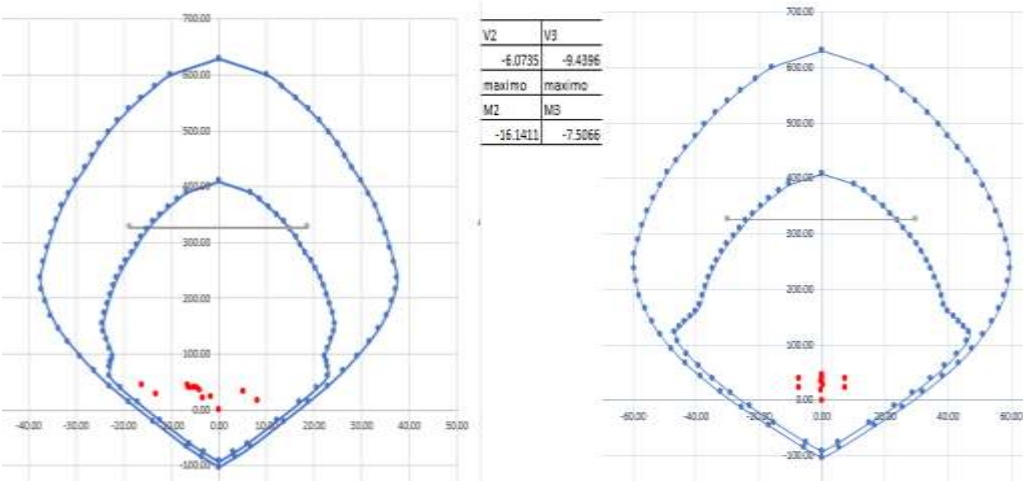
***Figura 24.***

*Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

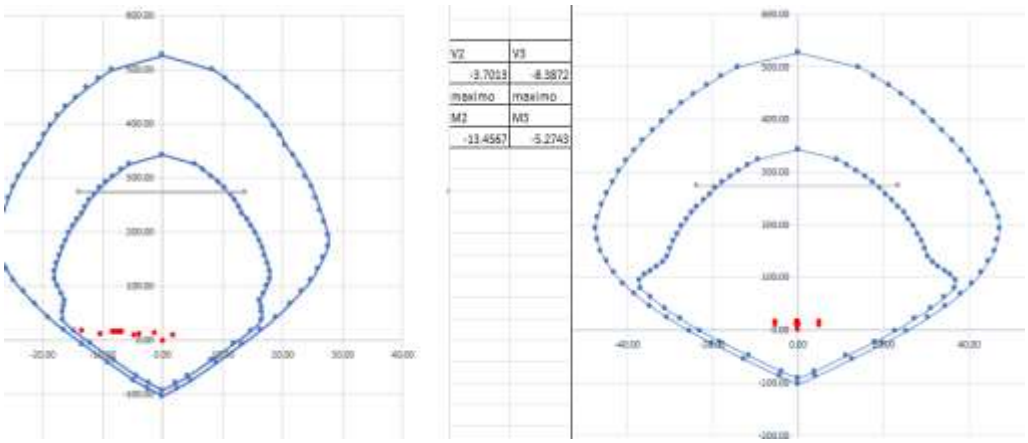
***Figura 25.*** *Piso 3, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

**Figura 26.**

Piso 4, diagrama de interacción de la columna C1 dirección X y Y.




*Nota.* Autores.

### Columnas C2 (Borde)

Los resultados obtenidos en las columnas C2 cumplió con lo establecido en las normas vigentes. Las columnas de borde tuvieron resultados por encima de límite mínimo en el criterio columna fuerte viga débil. Este diseño se describe a continuación.

***Tabla 91.***

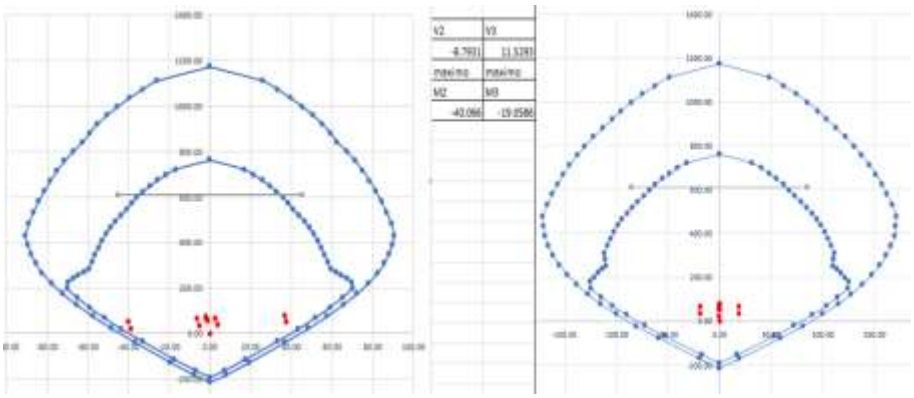
*Columna fuerte viga débil de la columna C2.*

| Piso | Sección | Dirección | Σ Mnc Ton*m | 1,2 Σ Mnv Ton*m | N Varillas | f mm | r % | As cm2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 50x95cm | X | 89,06 | 63,32 | 18 | 20 | 1,07 | 50,89 |
| | | Y | 177,83 | 107,63 | 18 | 20 | | |
| 3 | 35x65cm | X | 32,89 | 21,97 | 18 | 14 | 1,22 | 27,71 |
| | | Y | 62,86 | 56,93 | 18 | 14 | | |
| 4 | 30x55cm | X | 22,91 | 10,78 | 16 | 14 | 1,49 | 24,63 |
| | | Y | 60,31 | 22,78 | 16 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

***Figura 27.***

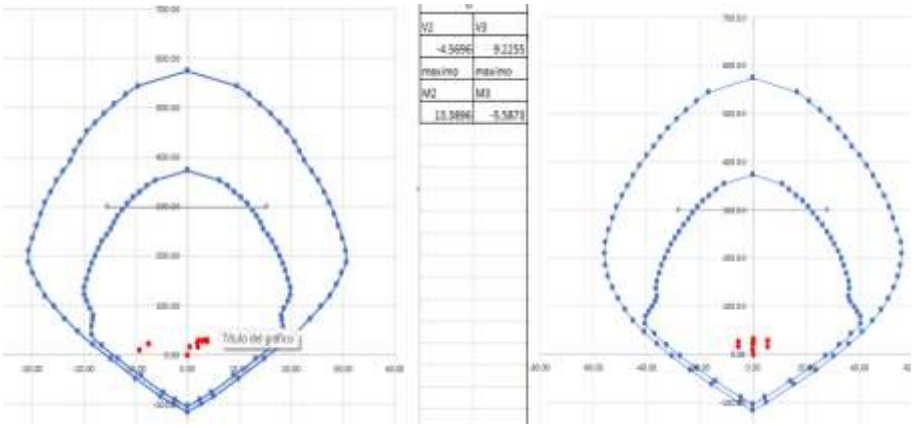
*Piso 1 y 2, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

***Figura 28.***

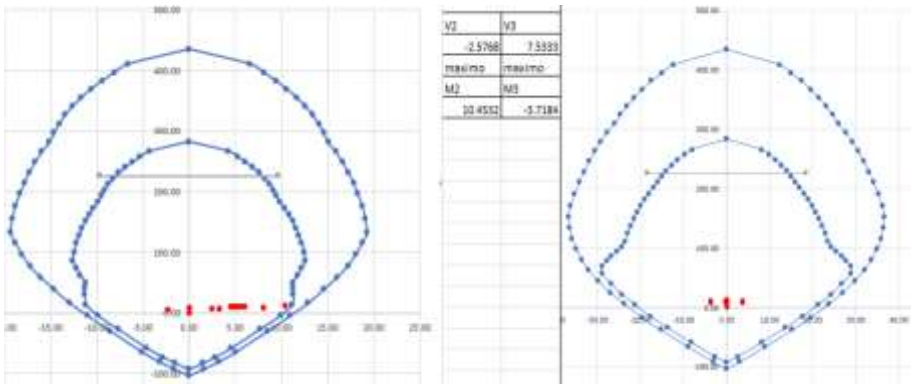
*Piso 3, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

***Figura 29.***

*Piso 4, diagrama de interacción de la columna C2 dirección X y Y.*



*Nota.* Autores.

**Columnas C3 (Esquinera)**

Los resultados obtenidos en las columnas C3 cumplió con lo establecido en las normas vigentes. Las columnas de borde tuvieron resultados por encima de límite mínimo en el criterio columna fuerte viga débil. Este diseño se describe a continuación.

***Tabla 92.***

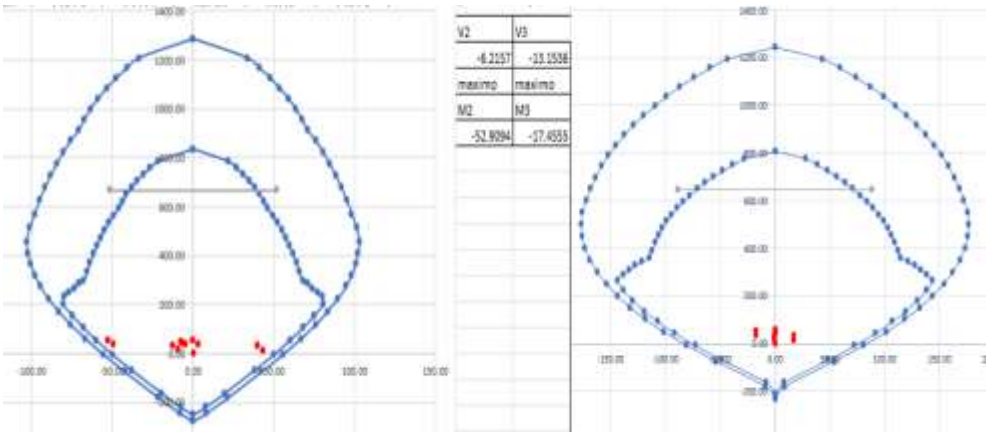
*Columna fuerte viga débil de la columna C3.*

| Piso | Sección | Dirección | Σ Mnc Ton*m | 1,2 Σ Mnv Ton*m | N Varillas | f mm | r % | As cm2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | 50x100cm | X | 112,91 | 63,31 | 26 | 18 | 1,32 | 66,16 |
| | | Y | 169,32 | 111,23 | 26 | 18 | | |
| 3 | 40x75cm | X | 38,54 | 21,97 | 18 | 14 | 1,00 | 27,71 |
| | | Y | 75,24 | 41,86 | 18 | 14 | | |
| 4 | 35x65cm | X | 25,62 | 10,78 | 14 | 14 | 1,00 | 21,55 |
| | | Y | 50,89 | 15,25 | 14 | 14 | | |

*Nota.* Autores.

**Figura 30.**

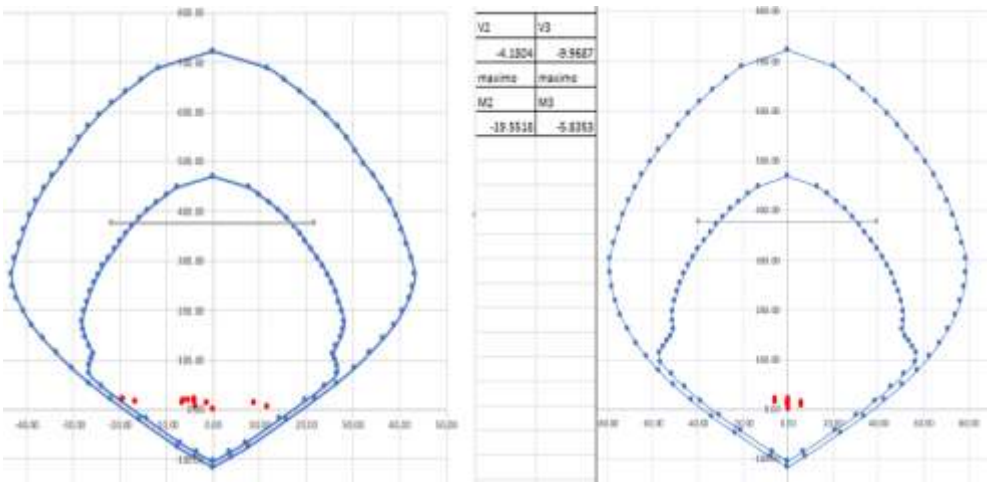
Piso 1 y2, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.



*Nota.* Autores.

**Figura 31.**

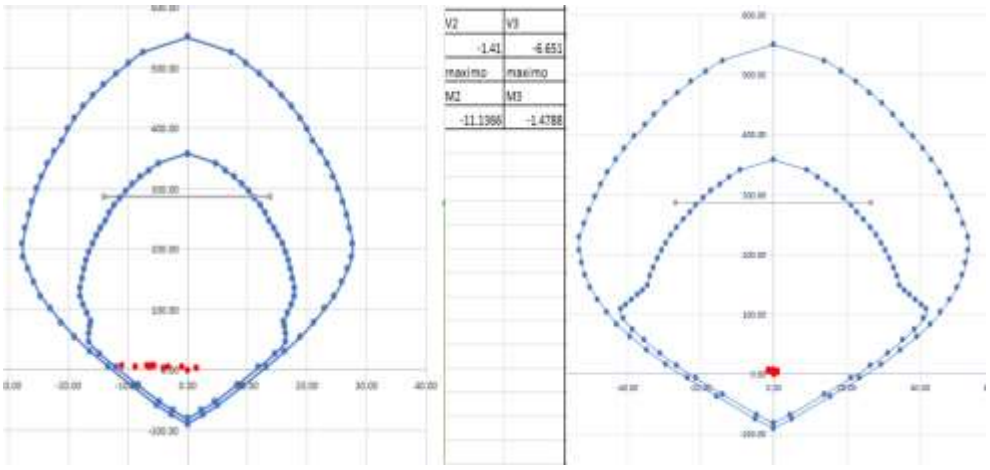
Piso 3, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.




*Nota.* Autores.

***Figura 32.***

*Piso 4, diagrama de interacción de la columna C3 dirección X y Y.*




*Nota.* Autores.

### 4.1.11.4 Diseño a cortante en columnas

#### Columna C1

La columna C1 fue diseñado bajo el cumplimiento normativo de ACI 318-19. El cálculo se describe a continuación.

***Tabla 93.***

*Confinamiento de estribos para la columna C1.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 2,120 cm2 | 3 | 10,0 mm | 10,0cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,710 cm2 | 6 | 10,0 mm | 10,0cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,770 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,0cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,740 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,0cm |
| 4 | X | 2,4 cm2 | 1,950 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,760 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |

*Nota.* Autores.

**Columna C2 y C3**

Las columnas C2 y C3 tuvieron mayores solicitaciones por lo que fueron diseñadas con mayores cantidades de acero transversal. El cálculo de este diseño de describen la Tabla 65 y Tabla 66. A continuación, se demuestra el diseño de la columna C2 y C3.

***Tabla 94.***

*Confinamiento de estribos para la columna C2.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 2,270 cm2 | 3 | 10,0 mm | 10,5cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,700 cm2 | 6 | 10,0 mm | 10,5cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,770 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,0cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,740 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,0cm |
| 4 | X | 2,4 cm2 | 1,690 cm2 | 3 | 10,0 mm | 7,5cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,600 cm2 | 5 | 10,0 mm | 7,5cm |

*Nota.* Autores.

***Tabla 95.***

*Confinamiento de estribos para la columna C3.*

| PISO | Dirección | Ash,prov | Ash,requ | #Ramas | ϕ (mm) | S(cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 y 2 | X | 2,4 cm2 | 1,940 cm2 | 3 | 10,0 mm | 9,0cm |
| | Y | 4,7 cm2 | 4,260 cm2 | 6 | 10,0 mm | 9,0cm |
| 3 | X | 2,4 cm2 | 1,860 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,5cm |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Y | 3,9 cm2 | 3,900 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,5cm |
| | X | 2,4 cm2 | 1,770 cm2 | 3 | 10,0 mm | 8,0cm |
| | Y | 3,9 cm2 | 3,740 cm2 | 5 | 10,0 mm | 8,0cm |

Nota. Autores.

## 4.2. RESULTADOS DEL OE2: Elaborar el presupuesto de la edificación de 4 niveles mediante el análisis de precios unitarios para obtener el costo por metro cuadrado del componente estructural de la edificación con los dos materiales de construcción empleados.

Para evaluar un presupuesto de un proyecto, el método viable es el análisis de precios unitario (APU), este método está basado en dimensionar completamente el edificio lo que implica detallar todos los componentes y actividades que conforma el proyecto. Este método permite una valoración detallada y precisa del presupuesto, ya que incluye las cantidades de los materiales, mano de obra y cotos de cada de las actividades a realizarse. Lo que convierte a este método en un instrumento integral para la valoración y planificación financiera que asegura una estimación detallada y precisa de costo global de un proyecto.

***Tabla 96.***

*Presupuesto del componente estructural del sistema de losas alivianadas con bloques de hormigón celular.*

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD | PRECIO TOTAL USD |
|---|---|---|---|---|---|
| | **ESTRUCTURA DE PORTICOS DE HORMIGON ARMADO** | | | | |
| 1 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO CENTRAL (C1) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 35,50 | 891,61 | 31.652,16 |
| 2 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO DE BORDE (C2) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 26,21 | 891,61 | 23.371,33 |
| 3 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO ESQUINERA (C3) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 25,92 | 891,61 | 23.110,53 |
| 4 | LOSA DE HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 88,31 | 698,00 | 61.637,31 |
| 5 | BLOQUES DE HORMIGON CELULAR 15X20X40 cm. PARA LOSA | M2 | 1.471,76 | 13,22 | 19.456,67 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | LOSA DE CUBIERTA HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 29,44 | 698,00 | 20.545,77 |
| 7 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (BORDE EJE 3 SENTIDO X) | M3 | 29,67 | 523,32 | 15.526,25 |
| 8 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (CENTRAL EJE 2 SENTIDO X) | M3 | 26,80 | 523,32 | 14.023,67 |
| 9 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (BORDE EJE A SENTIDO Y) | M3 | 16,86 | 523,32 | 8.823,18 |
| 10 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (CENTRAL EJE B SENTIDO Y) | M3 | 46,44 | 523,32 | 24.302,98 |
| 11 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS CENTRALES C1) | kg | 6.269,02 | 2,49 | 15.609,86 |
| 12 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS BORDE C2) | kg | 5.310,07 | 2,49 | 13.222,08 |
| 13 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS ESQUINERAS C3) | kg | 4.319,09 | 2,49 | 10.754,54 |
| 14 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA BORDE EJE 3 SENTIDO X) | kg | 5.860,62 | 2,05 | 12.014,27 |
| 15 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA CENTRAL EJE 2 SENTIDO X) | kg | 3.163,62 | 2,05 | 6.485,43 |
| 16 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA BORDE EJE A SENTIDO Y) | kg | 4.870,76 | 2,05 | 9.985,05 |
| 17 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA CENTRAL EJE B SENTIDO Y) | kg | 59.119,23 | 2,05 | 121.194,42 |
| | **TOTAL** | | | | **$431.715,50** |

*Nota.* Autores.

***Tabla 97.***

*Presupuesto del componente estructural del sistema de losas alivianadas con bloques de pómez.*

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD | PRECIO TOTAL USD |
|---|---|---|---|---|---|
| | **ESTRUCTURA DE PORTICOS DE HORMIGON ARMADO** | | | | |
| 1 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO CENTRAL (C1) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 38,40 | 891,61 | 34.237,82 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO DE BORDE (C2) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 30,80 | 891,61 | 27.457,13 |
| 3 | COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO ESQUINERA (C3) f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 27,18 | 891,61 | 24.233,96 |
| 4 | LOSA DE HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 88,31 | 698,00 | 61.637,31 |
| 5 | BLOQUES DE POMEZ 15X20X40 cm. PARA LOSA | M2 | 1.471,76 | 7,42 | 10.920,46 |
| 6 | LOSA DE CUBIERTA HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² | M3 | 29,44 | 698,00 | 20.545,77 |
| 7 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (BORDE EJE 3 SENTIDO X) | M3 | 29,67 | 523,32 | 15.526,25 |
| 8 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (CENTRAL EJE 2 SENTIDO X) | M3 | 28,69 | 523,32 | 15.012,74 |
| 9 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (BORDE EJE A SENTIDO Y) | M3 | 17,28 | 523,32 | 9.042,97 |
| 10 | VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (CENTRAL EJE B SENTIDO Y) | M3 | 49,37 | 523,32 | 25.833,69 |
| 11 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS CENTRALES C1) | kg | 6.423,40 | 2,49 | 15.994,28 |
| 12 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS BORDE C2) | kg | 5.376,13 | 2,49 | 13.386,58 |
| 13 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS ESQUINERAS C3) | kg | 4.501,19 | 2,49 | 11.207,96 |
| 14 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA BORDE EJE 3 SENTIDO X) | kg | 6.177,53 | 2,05 | 12.663,93 |
| 15 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA CENTRAL EJE 2 SENTIDO X) | kg | 3.334,69 | 2,05 | 6.836,12 |
| 16 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA BORDE EJE A SENTIDO Y) | kg | 5.134,14 | 2,05 | 10.524,99 |
| 17 | ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA CENTRAL EJE B SENTIDO Y) | kg | 62.316,04 | 2,05 | 127.747,89 |
| | **TOTAL** | | | | **$442.809,85** |

*Nota.* Autores.

***Tabla 98.***

*Costo del componente estructural por metro cuadrado de la edificación de los sistemas analizados.*

| TIPO DE SISTEMA | PRECIO TOTAL USD | AREA (M2) | COSTO POR M2 |
|---|---|---|---|
| LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE HORMIGON CELULAR | $431.715,50 | 367,94 | $1173,33 |
| LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE POMEZ | $442.809,85 | 367,94 | $1203,48 |

*Nota.* Autores.

Implementar el sistema de losa aligerada con bloques de hormigón celular conlleva un gasto de $431.715,50, aunque el sistema de losa aligerada con pómez sobresale, alcanzando un costo de $442.809,85. Al contrastar los valores de ambos sistemas, resaltan notables disparidades económicas. El precio por cada metro cuadrado del modelo 1 asciende a $1173,33 y en el modelo 2 se sitúa en $1203,48.

## 4.3. RESULTADOS DEL OE3: Comparar la eficiencia de dos materiales de aligeramiento aplicados en losas nervadas, considerando su repercusión en el análisis de precios y desempeño estructural.

Seguidamente, se detallan las conclusiones obtenidas al confrontar los sistemas de aligeramiento con bloques de pómez frente a los bloques de hormigón celular, aplicados en un edificio académico de cuatro niveles. Esta evaluación se fundamenta en tres etapas: estudio estructural, análisis de los costos y la eficacia global de ambos sistemas.

***Tabla 99.***

*Aspectos finales de los sistemas empleados.*

| Propiedades y Resultados | Sistema de losa aligerada con Bloque de hormigón celular | Sistema de losa aligera con Bloque de Pómez | Diferencia (Valor Absoluto) |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Peso Unitario del material (kg/m$^3$) | 569,12 | 850,00 | 280,88 |
| Cuantía Máxima Columnas % | 1,49 | 1,49 | 0,00 |
| As Máxima Vigas (cm$^2$) | 19,60 | 20,36 | 0,76 |
| Cantidad de Varillas principales en Columna C3 Piso 3 | 16ϕ14mm | 18ϕ14mm | 2 ϕ14mm |
| Volumen de hormigón empleado (m$^3$) | 325,14 | 339,12 | 13,98 |
| Costo del componente estructural de la edificación | $431.715,50 | $442.809,85 | $11.094,35 |
| Costo por metro cuadrado de la edificación | $1173,33 | $1203,48 | $30,15 |

*Nota.* Autores.

Como se puede observar en la tabla antes expuesta, los resultados obtenidos demuestran que: En cuestión de peso, el bloque de hormigón celular es más liviano con una diferencia con respecto al bloque de pómez con una diferencia de 280,88 kg/m$^3$ a favor del primer material de aligeramiento mencionado. En las cuantías y cantidad de acero no hubo mayor relevancia ya que los cambios fueron nulos o poco notables, pero en cantidades de hormigón si hubo variación debido a las secciones reducidas por el uso de una menor carga de losa, con un ahorro de 13,98 m3 de concreto y a su vez el diseño de una estructura un poco más ligera. Además, como observación en el Modelo 1, la columna del piso 3 C3 (esquinera) es la única que cumplió los criterios de diseño con una cantidad de acero longitudinal diferente con respecto al modelo 2.

Si observamos, los precios presentados tienen una diferencia de $11.094,35 en presupuesto del componente estructural y de $30,15 en costo por metro cuadrado de una edificación de servicios académicos. En conclusión, se demuestra que el uso del bloque de hormigón celular conlleva ahorro de materiales y de costos.

# CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

Se concluye que el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular influye en la estructura menos peso en comparación al sistema con bloque de pómez; esto, reduce las cargas transmitidas en los elementos estructurales y mejora la eficiencia estructural.

Se determinó que las derivas inelásticas del sistema de aligeramiento con hormigón celular se mantienen dentro de los límites permisibles establecidos por la NEC-15, lo que significa se toleraron hasta el 2% permitido en la norma, lo que demuestra un comportamiento estructural similar al sistema de aligeramiento con bloque de pómez.

Se evidenció que el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular reduce el costo del componente estructural en un 2.51% frente al sistema de aligeramiento con bloque de pómez.

La comparación económica y técnica de esta investigación demuestra que el bloque de hormigón celular es una alternativa más eficiente. Debido que reduce el peso propio de la losa nervada sin comprometer en la seguridad estructural y además que genera un ahorro económico en este caso de estudio.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear el uso del sistema de aligeramiento con bloques de hormigón celular en edificaciones donde el peso propio es crítico, y se deba reducir el peso de la estructura lo que conlleva a la optimización del diseño del componente estructural.

Debido a la limitada disponibilidad del bloque de hormigón celular en la provincia de Santa Elena, se sugiere promover su fabricación y comercialización, fomentando a la innovación de materiales para la construcción en proyectos locales y contribuyendo a opciones más eficientes y sostenibles.

Para obtener mejores resultados y ahorro de costos en el componente estructural, se recomienda reemplazar la mampostería no confinada por una mampostería más liviana de hormigón celular para que se pueda observar una mayor diferencia en el uso de este material comparado con los materiales tradicionales en edificaciones.

Se puede reflejar un mejor ahorro de materiales y costos en el componente estructural en una edificación de 2 o 3 pisos donde las cargas sísmicas no se incrementen por la condición de suelo tipo C (firme). Otra opción de optimización de los recursos económicos podría presentarse en estructuras de hasta 10 pisos sobre suelo tipo E (blando o muy blando), o en cualquier situación donde la aceleración espectral de diseño sea la misma para ambas estructuras en comparación.

Se aconseja examinar detalladamente esta área de estudio, mediante pruebas prácticas de desempeño estructural y solidez de las losas aligeradas hechas con concreto celular, buscando consolidar los hallazgos logrados y aportar la evolución en el sector de materiales constructivos.

# REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


Agentes espumantes para hormigón celular. (2024). *Isoltech.* https://www.isoltech.it/es/agentes-espumantes-hormigon-celular/

American Concrete Institute. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19). *American Concrete Institute*. https://mattia.ir/wp-content/uploads/2020/10/ACI-318R-19.pdf

Avilés Antezana, A., & Carrera Salas, A. (2023). *Aditivos espumantes para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto celular.* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma-URP]. https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cf910683-46be-4df0-af80-c123e28ad49c/content

Barbat, A. (s.f.). Definición de derivas de piso [Imagen]. *ResearchGate.* https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Definicion-de-derivas-de-piso_fig2_271586815

Bautista Benalcázar Brayner e Inca Encarnación Danilo. (2023). *Estudio comparativo entre estructuras de hormigón armado y acero para edificaciones de 4 pisos para centros educativos en la provincia de Santa Elena* [Tesis de grado Universidad Estatal Península de Santa Elena]. https://repositorio.upse.edu.ec/items/d05bae73-7379-475d-bc28-46aeaca625b0

Beltrán Razura, Á. (2012). *Costos y presupuestos* (1era ed.). Instituto tecnológico de Tepic. https://online.fliphtml5.com/fctzi/recn/#p=1

Cámara de la Industria de la Construcción. (2015). Cargas (No sísmicas). Hábitat Y Vivienda. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf

Celigüeta, J. T. (s.f.). Curso de análisis estructural. https://civilrimac.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/analisis-estructural-juan-tomas.pdf#:~:text=1,pensar%20en%20estructuras%20formadas%20por

Cemento Holcim: tipos, cómo se hace y todo lo que debes saber. (2024*). Holcim MX*. https://blog.holcim.com.mx/cemento-holcim-tipos-c%C3%B3mo-se-hace-y-todo-lo-que-debes-saber#:~:text=El%20Cemento%20Holcim%20es%20una,cumple%20con%20las%20normativas%20mexicanas

Champi Flórez, J., & Navarro Durand, C. Y. (2021). *La influencia de ladrillo concreto celular para su uso en la construcción de losas aligeradas, Lima - 2021*. *2015* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67058

Cruz, R., Anrango, C., & Veliz, A. (2023). *Estudio comparativo para la fabricación de hormigón celular de densidad 400 kg/m 3 con diferente líquidos espumantes kv-lite AFFF, Sika poro plus, RV 2000-2 y jaboncillo (Sapindus saponaria)* [Tesis de grado Universidad Estatal Península de Santa Elena]. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9923

Fernando, C. Q. D., & De La Guerra David Alejandro, V. (2022). *Análisis comparativo económico estructural de la utilización de hormigón liviano (f'c=28mpa) vs hormigón normal (f'c=28mpa), usando acero de refuerzo convencional de grado 60 y de alta resistencia de grado 80 en un edificio de 5 pisos para la ciudad de Quito*. https://agris.fao.org/search/en/providers/125009/records/674897b57625988a371e2c6f#abstract_1#

Ghavami, P. (2014). *Mechanics of Materials* (pp. 227–236). Springer Nature Link. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07572-3_10

Góngora Rojas, H., & Huamán Más, F. (2015). *Análisis y diseño estructural comparativo de una vivienda multifamiliar de muros de ductilidad limitada de concreto celular y concreto estructural en Chachapoyas - 2015* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/649

H. Nilson, A., & Darwin, D. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* (12.a ed.). McGRAW-HILL. https://marodyc.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/disec3b1o-de-estructuras-de-concreto-nilson-arthur.pdf

Hidalgo Aching, M., Villarroel Maya, A., & Hidalgo Aching, M. (s.f.). Presupuestos empresariales (1st ed.). Imprenta Tallpa. https://istvicenteleon.edu.ec/cidivl/wp-content/uploads/2020/03/Libro-Presupuesto-Empresarial.pdf

Ingeniería Civil. Las estructuras y su clasificación. (2021). *Colegio De Ingenieros Técnicos De Obras Públicas E Ingenieros Civiles*. https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/1075/ingenieria-civil-para-dummies-las-estructuras-y-su-clasificacion/

Jumikis, A. R. (1984). *Foundation engineering*. (2da ed). Intext Educational Publishers. https://es.scribd.com/document/518366604/Fundation-Engineering-Alfreds-R-Jumikis

Lima, F. (2024). *Presupuesto de obra: qué es y cómo controlar los costes en Construcción Civil*. SYDLE. https://www.sydle.com/es/blog/presupuesto-de-obra-que-es-y-como-controlar-los-costes-en-construccion-civil-667b1023a14707634f09dfe2

Luaces, C. (2010). *Los áridos*. Interempresas. https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html

Mineral - piedra pómez. [Imagen]. (s.f.). *Universidad Autónoma Metropolitana*. https://materialoteca.azc.uam.mx/index.php/catalogo-de-materiales/item/41-de-origen-mineral/3940-mineral-piedra-pomez

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Industria de la Construcción. (2015). Peligro sísmico: diseño sismo resistente [Imagen]. *Hábitat y Vivienda.* https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Cámara de la Industria de la Construcción. (2015). *Estructuras de hormigón armado.* Hábitat Y Vivienda. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Cámara de la Industria de la Construcción. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente.* Hábitat Y Vivienda. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf#:~:text=4,de%20la%20altura%20de%20piso

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-3-ACERO.pdf

Mittelstedt, C. (2023). *Engineering Mechanics 2: Strength of Materials* (pp. 73–126). Springer Nature Link. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66590-9_4

NTE INEN 872. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos*. *Scribd.* https://es.scribd.com/document/515214336/NTE-INEN-872-2011-Aridos-Hormigon-Requisitos

Piedra pómez utilizada en la construcción [Imagen]. (2023). *Grupo Primac.* https://www.grupoprimac.com/piedra-pomez-agregado-ligero

Piedra Pómez utilizado en la construcción. (2023). *Grupo Primac*. https://www.grupoprimac.com/piedra-pomez-agregado-ligero

Proaño, B. (2023). *Análisis financiero* (1.ª ed.). Universidad del Azuay. https://publicaciones.uazuay.edu.ec/flip/books/libro/uazuay-libro-303.pdf

Qué es la Piedra Pómez. (2023). *Global block machines*. https://www.globmac.com/es/que-es-la-piedra-pomez/?utm_source=chatgpt.com

Regalado González, J., & De La Cruz Hernández, D. (2015). *Sistema constructivo basado en hormigón celular y estudio comparativo con el sistema de hormigón tradicional* [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/904

*Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 007 (1R) Cementos, cal y yeso*. (2011). Servicio Ecuatoriano de Normalización. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-007-1R.pdf

Rocas ígneas: tipos y características. (2020). *Ingeoexper*. https://ingeoexpert.com/2020/10/29/rocas-igneas-tipos-caracteristicas/

Sánchez, J. (2022). *Losas nervadas: Todo sobre ellas*. *Arquitectura Pura*. https://arquitecturapura.com/17838/losas-nervadas/

Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. (2017). Cargas mínimas de diseño y criterios asociados para edificios y otras estructuras (ASCE 7-16). Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. https://es.scribd.com/document/677161691/Asce-7-16-Espanol

Suárez Salazar, C. (2002). *Costo y tiempo de edificación* (1st ed.). Limusa & Noriega editorial. https://ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/750c670662e39713bff477f6d3ea9ce8.pdf

Tipos de hormigón celular. [Imagen]. (2024). *Pavyurba Pavimentos Pavimentación Urbana y Civil.* https://pavyurbapavimentos.com/tipos-de-hormigon-celular/

Véliz Aguayo, Alejandro Crisóstomo, Herrera Brunett, Gerardo Antonio, Ramírez Palma, Richard Iván, & Salvatierra Barzola, Miguel. (2023). *El hormigón celular: análisis y difusión a nivel industrial en el Ecuador.* Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU). https://doi.org/10.26423/rctu.v10i1.676

What are the Different Types of Aggregates and Their Uses. (2024). *Armstrongs Group*. https://www.armstrongsgroup.com/what-are-the-different-types-of-aggregates-and-their-uses/

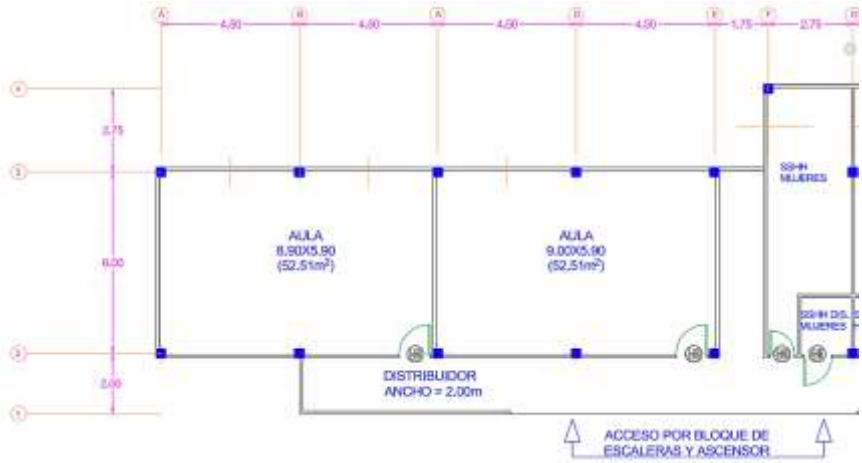
What is aerated concrete. (s. f.). *HESS AAC SYSTEMS*. https://www.hess-aac.com/aerated-concrete/what-is-aerated-concrete

What is aerated concrete. [Imagen]. (s.f.). *HESS AAC Systems*. https://www.hess-aac.com/aerated-concrete/what-is-aerated-concrete

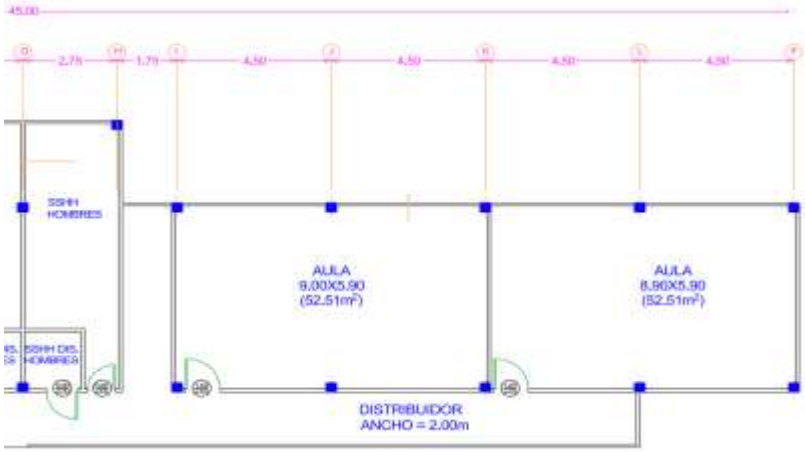
Zea Estrada, F. (2022). *Diseño de losa aligerada con material poliestireno aplicada a la construcción*. Universidad Autónoma de Chiapas. https://www.repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/4066?mode=full

# ANEXOS

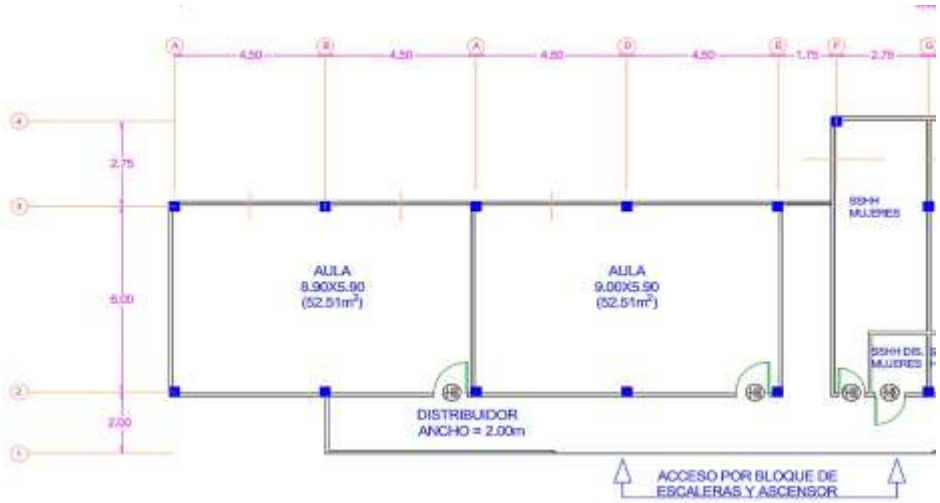
***Anexo 1.*** *Plano arquitectónico de edificio académico de 4 plantas corte de A-G.*



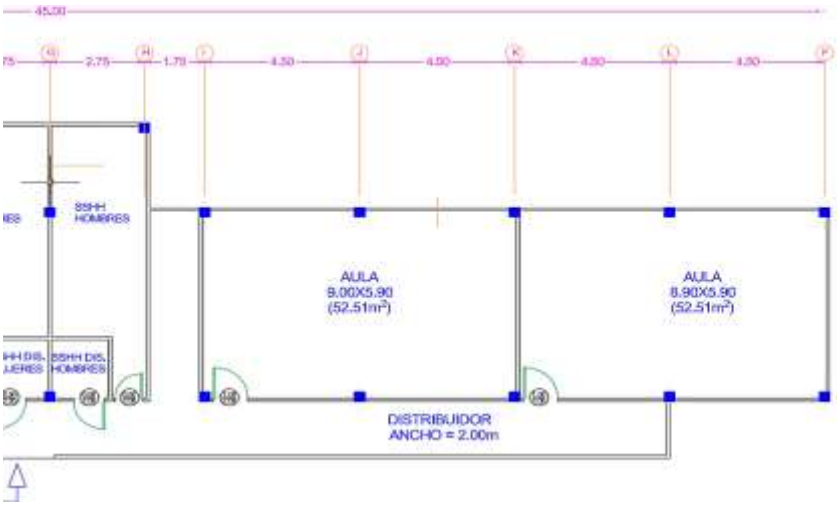

***Anexo 2.*** *Plano arquitectónico de edificio académico de 4 plantas corte de G-F.*



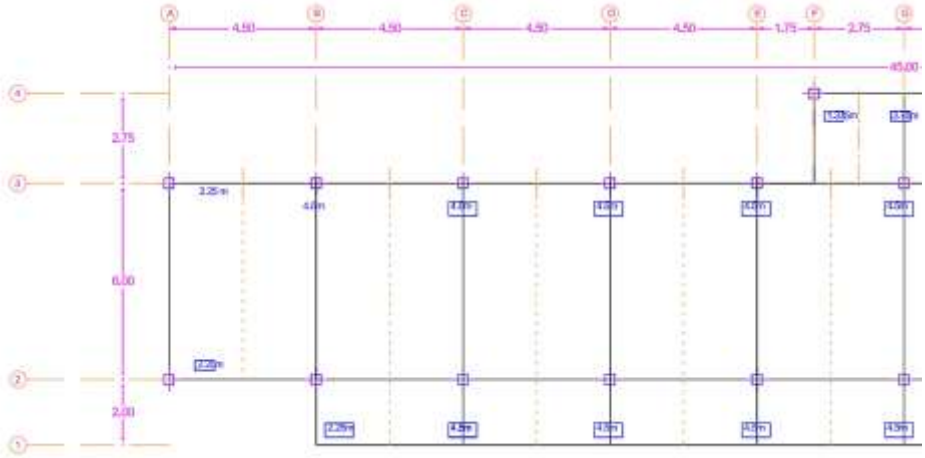

***Anexo 3.*** *Distribución de columnas (Corte A-G).*



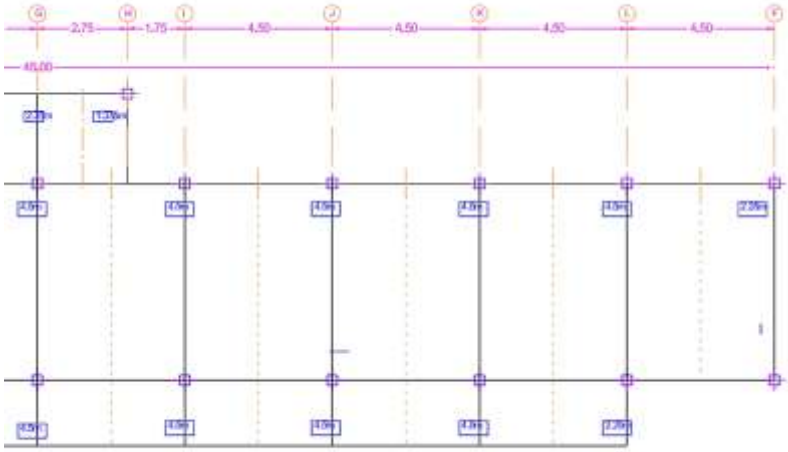
**Anexo 4.** Distribución de columnas (Corte G-F).




***Anexo 5.*** *Distribución de vigas (Corte A-G).*



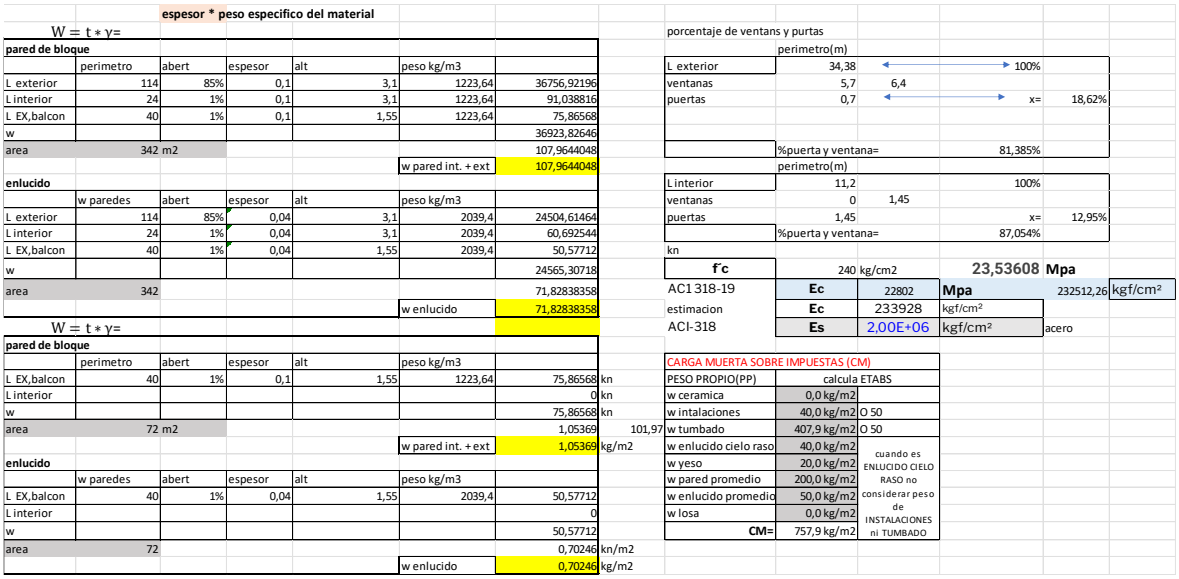

***Anexo 6.*** *Distribución de vigas (Corte G-F).*



***Anexo 7.*** *Detalle de cargas globales para los sistemas de aligeramiento con bloque de pómez y hormigón celular.*

| P1=P2=P3 | losa cajonete no removibles | | | P1=P2=P3 | losa cajonete no removibles | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CARGA VIVA | educativo,corredores de otros pisos | | | CARGA VIVA | educativo,corredores de otros pisos | | |
| L= | 400,00 Kg/m2 | 0,4 | t/m2 | L= | 400,00 Kg/m2 | 0,4 | t/m2 |
| CARGA MUERTA SOBRE IMPUESTAS (CM | D=PP+CM | | | RGA MUERTA SOBRE IMPUESTAS (C | D=PP+CM | | |
| PESO PROPIO(PP) | calcula ETABS | | | PESO PROPIO(PP | calcula ETABS | | |
| w ceramica | 36,71 kg/m2 | 0,037 | t/m2 | w ceramica | 36,71 kg/m2 | 0,037 | t/m2 |
| w intalaciones | 40,0 kg/m2 | 0,040 | t/m2 | w intalaciones | 40,00 kg/m2 | 0,040 | t/m2 |
| w tumbado | 20,39 kg/m2 | 0,020 | t/m2 | w tumbado | 20,39 kg/m2 | 0,020 | t/m2 |
| w pared int. + ext | 107,96 kg/m2 | 0,108 | t/m2 | w pared int. + ex | 107,96 kg/m2 | 0,108 | t/m2 |
| w enlucido | 71,8 kg/m2 | 0,072 | t/m2 | w enlucido | 71,83 kg/m2 | 0,072 | t/m2 |
| w losa | 260,3 kg/m2 | 0,260 | | w losa | 294,00 kg/m2 | 0,294 | |
| CM= | 537,19 kg/m2 | 0,537 | 0 | CM= | 570,90 kg/m2 | 0,571 | 0 |
| MAYORACION DE CARGA | | | | MAYORACION DE CARGA | | | |
| Wu | 1284,63 Kg/m2 | 1,284628898 | t/m2 | Wu | 1325,08 Kg/m2 | 1,325075186 | t/m2 |
| | | | | | | | |
| P4=CUBIERTA | | | | P4=CUBIERTA | | | |
| CARGA VIVA | CUBIERTA ,plana | | | CARGA VIVA | CUBIERTA ,plana | | |
| L= | 71,38 Kg/m2 | 0,071379 | t/m2 | L= | 71,38 Kg/m2 | 0,071379 | t/m2 |
| CARGA MUERTA SOBRE IMPUESTAS (CM | D=PP+CM | | | RGA MUERTA SOBRE IMPUESTAS (C | D=PP+CM | | |
| PESO PROPIO(PP) | calcula ETABS | | | PESO PROPIO(PP | calcula ETABS | | |
| | 0,0 kg/m2 | 0,00 | t/m2 | | 0,0 kg/m2 | 0,00 | t/m2 |
| | 0,0 kg/m2 | 0,00 | t/m2 | | 0,0 kg/m2 | 0,00 | t/m2 |
| w enlucido losa | 40,8 kg/m2 | 0,04 | t/m2 | w enlucido losa | 40,8 kg/m2 | 0,04 | t/m2 |
| w pared int. + ext | 1,1 kg/m2 | 0,00 | t/m2 | w pared int. + ex | 1,1 kg/m2 | 0,00 | t/m2 |
| w enlucido | 0,7 kg/m2 | 0,00 | t/m2 | w enlucido | 0,70 kg/m2 | 0,00 | t/m2 |
| w losa | 260,3 kg/m2 | 0,26 | t/m2 | w losa | 294,0 kg/m2 | 0,29 | t/m2 |
| CM= | 302,84 kg/m2 | 0,30 | t/m2 | CM= | 336,54 kg/m2 | 0,34 | t/m2 |
| AYORACION DE CARGA | | | | MAYORACION DE CARGA | | | |
| Wu | 477,61 Kg/m2 | 0,465417216 | t/m2 | Wu | 518,06 Kg/m2 | 0,5193456 | t/m2 |
| | | | | | | | |
| TOTAL DE CARGA MAYORADA | Bloque H. celular | | | TOTAL DE CARGA MAYORADA | Bloque pomez | | |
| | piso | | cubierta | | piso | | cubierta |
| 1 piso,,,,D = | 537,19 | kg/m2 | 477,61 Kg/m2 | 1 piso,,,,D = | 570,90 | kg/m2 | 518,06 Kg/m2 |
| L = | 400,000 | kg/m2 | 71,38 Kg/m2 | L = | 400,000 | kg/m2 | 71,38 Kg/m2 |
| numero piso | 3 | | | numero piso | 3 | | |
| | | | | | | | |
| para diseño viga | | para diseño columna | | para diseño viga | | para diseño columna | |
| qu.cubierta= | 687,3421104 | qu.total= | 4541,23 kg/m2 | qu.cubierta= | 735,877656 | qu.total= | 4711,10 kg/m2 |
| qu.piso= | 1284,628898 | | | qu.piso= | 1325,075186 | | |

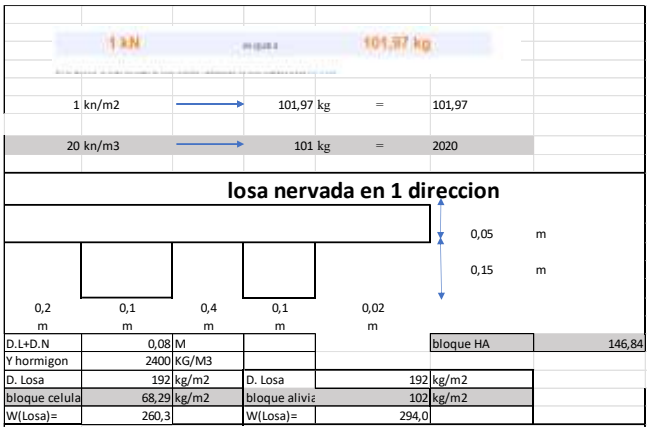
**Anexo 8.** Peso de pared interior y exterior los sistemas de aligeramiento con bloque de pómez y hormigón celular.



| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | espesor * peso especifico del material | | | | | | | | | | |
| W = t * γ= | | | | | | | | | | | | | |
| pared de bloque | | | | | | | | | | | | | |
| | perimetro | abert | espesor | alt | peso kg/m3 | | | | | | | | |
| L exterior | 114 | 85% | 0,1 | 3,1 | 1223,64 | 36756,92196 | | | | | | | |
| L interior | 24 | 1% | 0,1 | 3,1 | 1223,64 | 91,038816 | | | | | | | |
| L EX,balcon | 40 | 1% | 0,1 | 1,55 | 1223,64 | 75,86568 | | | | | | | |
| w | | | | | | 36923,82646 | | | | | | | |
| area | 342 m2 | | | | | 107,9644048 | | | | | | | |
| | | | | | w pared int. + ext | 107,9644048 | | | | | | | |
| enlucido | | | | | | | | | | | | | |
| | w paredes | abert | espesor | alt | peso kg/m3 | | | | | | | | |
| L exterior | 114 | 85% | 0,04 | 3,1 | 2039,4 | 24504,61464 | | | | | | | |
| L interior | 24 | 1% | 0,04 | 3,1 | 2039,4 | 60,692544 | | | | | | | |
| L EX,balcon | 40 | 1% | 0,04 | 1,55 | 2039,4 | 50,57712 | | | | | | | |
| w | | | | | | 24565,30718 | | | | | | | |
| area | 342 | | | | | 71,82838358 | | | | | | | |
| | | | | | w enlucido | 71,82838358 | | | | | | | |
| W = t * γ= | | | | | | | | | | | | | |
| pared de bloque | | | | | | | | | | | | | |
| | perimetro | abert | espesor | alt | peso kg/m3 | | | | | | | | |
| L EX,balcon | 40 | 1% | 0,1 | 1,55 | 1223,64 | 75,86568 | kn | | | | | | |
| L interior | | | | | | 0 | kn | | | | | | |
| w | | | | | | 75,86568 | kn | | | | | | |
| area | 72 m2 | | | | | 1,05369 | 101,97 | | | | | | |
| | | | | | w pared int. + ext | 1,05369 | kg/m2 | | | | | | |
| enlucido | | | | | | | | | | | | | |
| | w paredes | abert | espesor | alt | peso kg/m3 | | | | | | | | |
| L EX,balcon | 40 | 1% | 0,04 | 1,55 | 2039,4 | 50,57712 | | | | | | | |
| L interior | | | | | | 0 | | | | | | | |
| w | | | | | | 50,57712 | | | | | | | |
| area | 72 | | | | | 0,70246 | kn/m2 | | | | | | |
| | | | | | w enlucido | 0,70246 | kg/m2 | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| porcentaje de ventans y purtas | | | | | | |
| | perimetro(m) | | | | | |
| L exterior | 34,38 | ← | 100% | | | |
| ventanas | 5,7 | 6,4 | | | | |
| puertas | 0,7 | ← | x= | 18,62% | | |
| | %puerta y ventana= | | 81,385% | | | |
| | perimetro(m) | | | | | |
| L interior | 11,2 | | 100% | | | |
| ventanas | 0 | 1,45 | | | | |
| puertas | 1,45 | | x= | 12,95% | | |
| | %puerta y ventana= | | 87,054% | | | |
| kn | | | | | | |
| f´c | 240 | kg/cm2 | 23,53608 | Mpa | | |
| AC1 318-19 | Ec | 22802 | Mpa | 232512,26 | kgf/cm² | |
| estimacion | Ec | 233928 | kgf/cm² | | | |
| ACI-318 | Es | 2,00E+06 | kgf/cm² | acero | | |
| CARGA MUERTA SOBRE IMPUESTAS (CM) | | | | | | |
| PESO PROPIO(PP) | calcula ETABS | | | | | |
| w ceramica | 0,0 kg/m2 | | | | | |
| w intalaciones | 40,0 kg/m2 | O 50 | | | | |
| w tumbado | 407,9 kg/m2 | O 50 | | | | |
| w enlucido cielo raso | 40,0 kg/m2 | cuando es ENLUCIDO CIELO RASO no considerar peso de INSTALACIONES ni TUMBADO | | | | |
| w yeso | 20,0 kg/m2 | | | | | |
| w pared promedio | 200,0 kg/m2 | | | | | |
| w enlucido promedio | 50,0 kg/m2 | | | | | |
| w losa | 0,0 kg/m2 | | | | | |
| CM= | 757,9 kg/m2 | | | | | |

***Anexo 9***. *Peso de la losa nervada en una dirección los sistemas de aligeramiento con bloque de pómez y hormigón celular.*



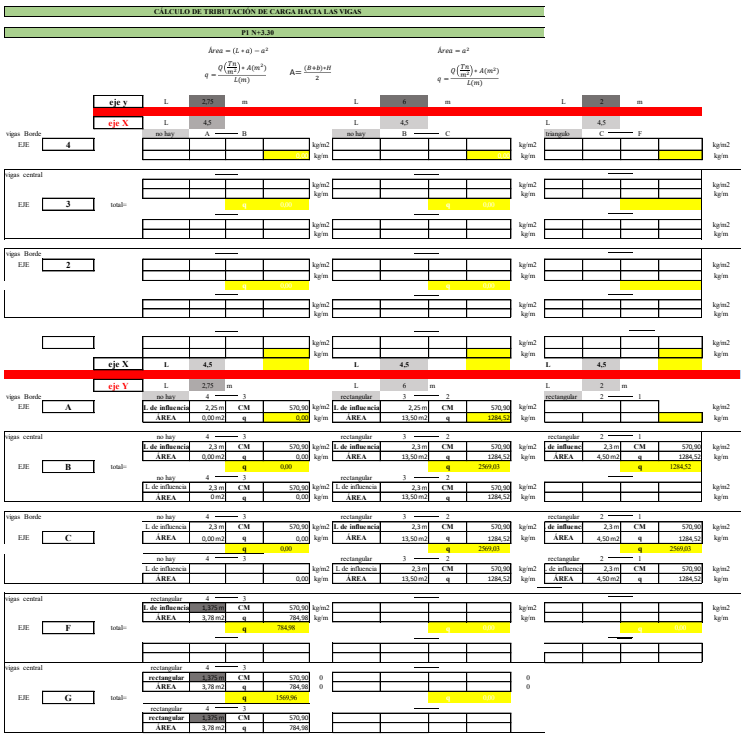
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 kn/m2 | | 101,97 kg | = | 101,97 | | |
| 20 kn/m3 | | 101 kg | = | 2020 | | |
| losa nervada en 1 direccion | | | | | | |
| 0,05 m | | | | | | |
| 0,15 m | | | | | | |
| 0,2 m | 0,1 m | 0,4 m | 0,1 m | 0,02 m | | |
| D.L+D.N | 0,08 | M | | | bloque HA | 146,84 |
| Y hormigon | 2400 | KG/M3 | | | | |
| D. Losa | 192 | kg/m2 | D. Losa | 192 | kg/m2 | |
| bloque celula | 68,29 | kg/m2 | bloque alivia | 102 | kg/m2 | |
| W(Losa)= | 260,3 | | W(Losa)= | 294,0 | | |

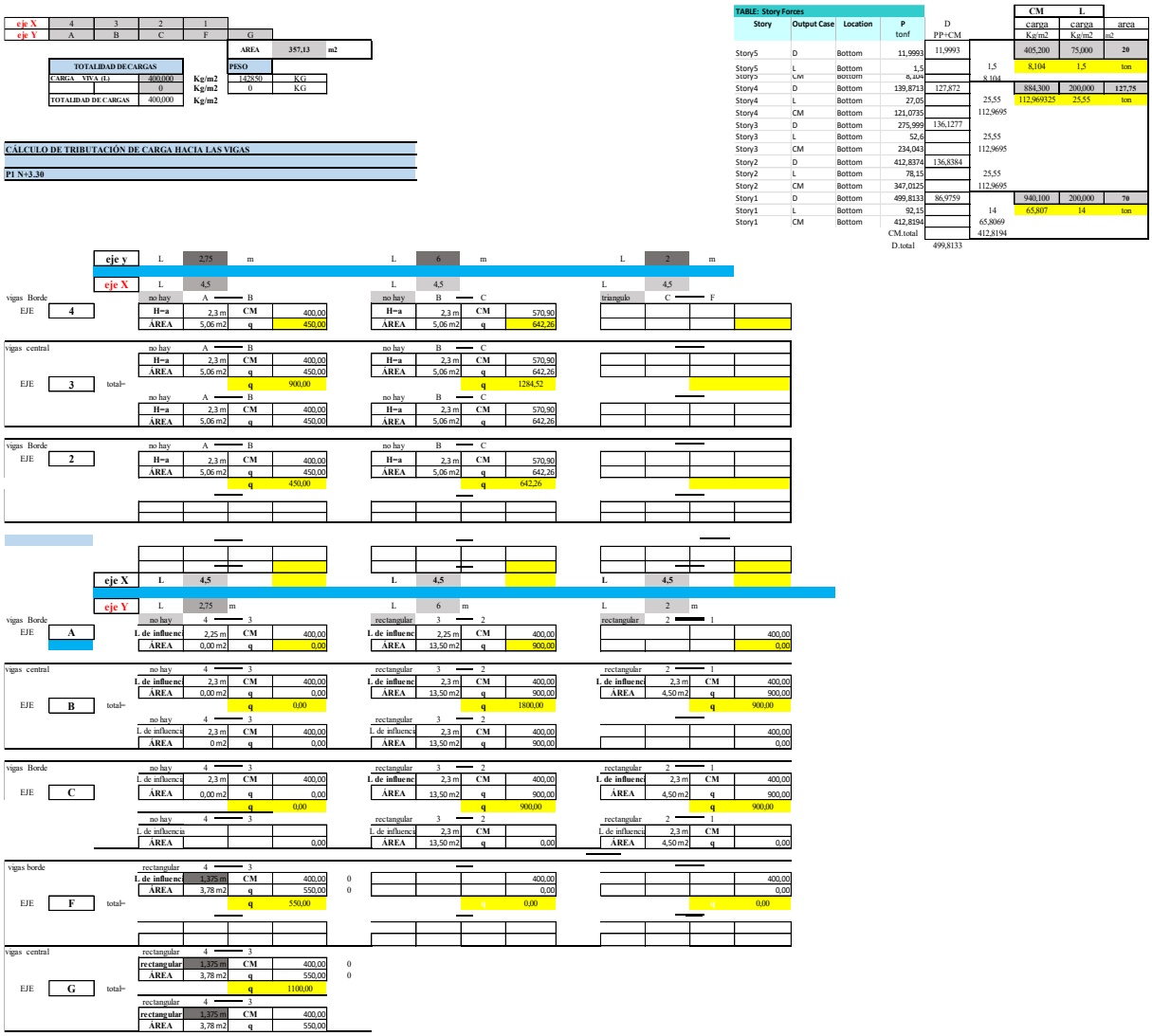
**Anexo 10**. Cargas totales del Piso 1,2 y 3 del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| eje X | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| eje Y | A | B | C | F | G | |
| | | | | | AREA | 357,13 m2 |

| TOTALIDAD DE CARGAS | | | PESO | |
|---|---|---|---|---|
| CARGA MUERTA (CM) | 570,896 | Kg/m2 | 203881,23 | KG |
| CARGA VIVA (L) | 400,000 | Kg/m2 | 142850 | KG |
| TOTALIDAD DE CARGAS | 970,896 | Kg/m2 | | |

**Anexo 11.** Cálculo de tributación de carga hacia las vigas del Piso 1,2 y 3 del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.






***Anexo 12.*** *Cargas totales de la Cubierta (P4) del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.*

| eje X | 4 | 3 | 2 | 1 | |
|---|---|---|---|---|---|
| eje Y | A | B | C | F | G |

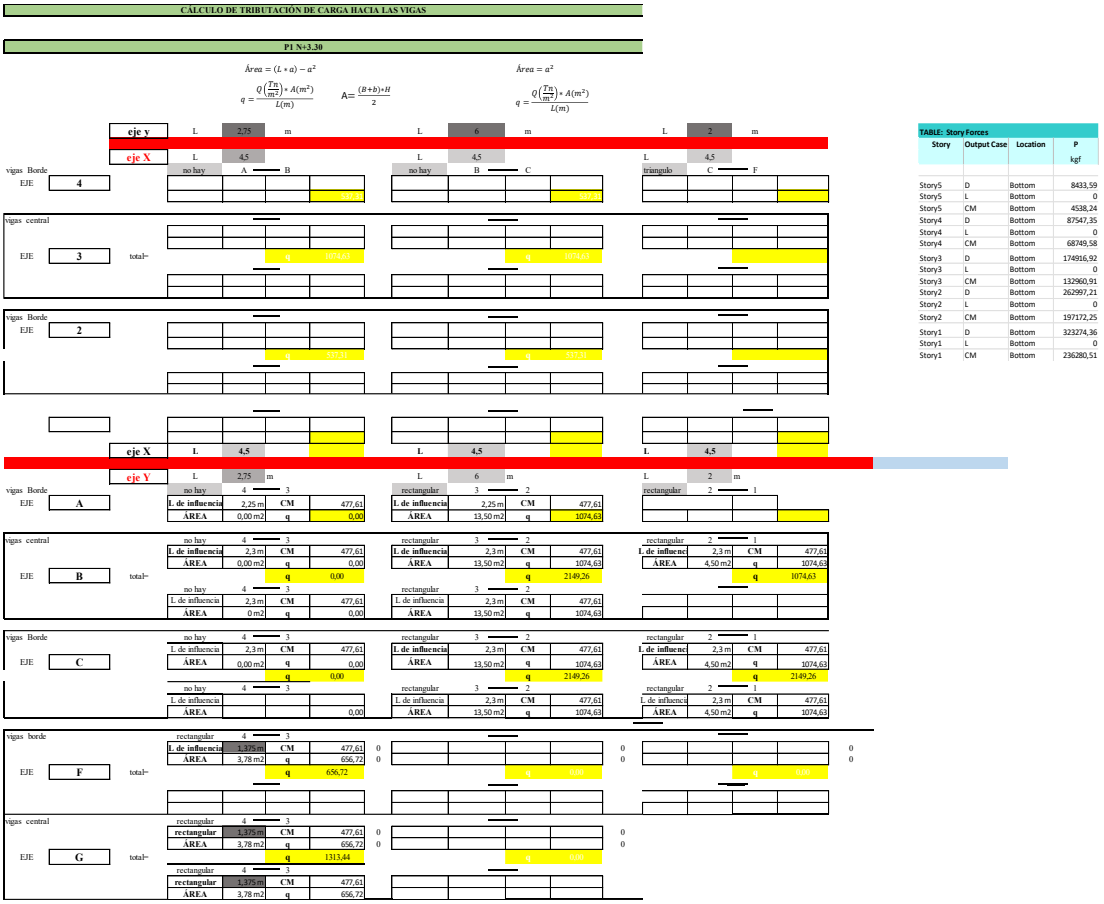
| | | |
|---|---|---|
| **AREA** | **357,13** | **m2** |

| **cubierta** | | | **PESO** | |
|---|---|---|---|---|
| **CARGA MUERTA (CM)** | 477,613 | **Kg/m2** | 170567,575 | KG |
| **CARGA VIVA (L)** | 71,379 | **Kg/m2** | 25491,2254 | KG |
| **TOTALIDAD DE CARGAS** | 548,992 | **Kg/m2** | | |

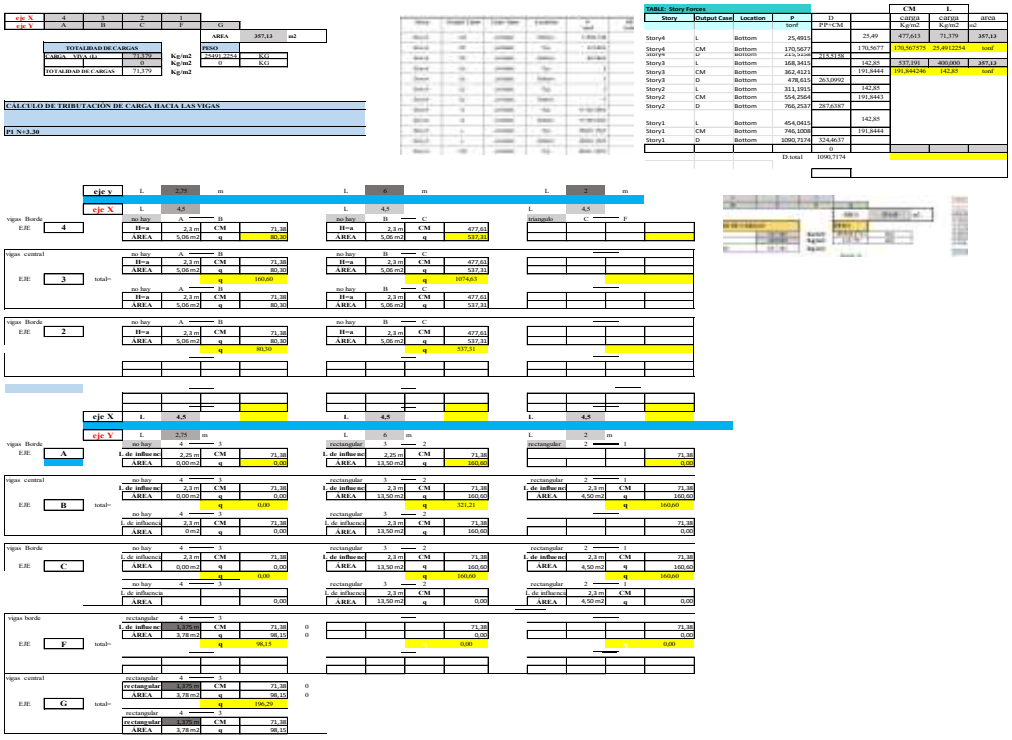
***Anexo 13*** *Corrección de masa y volúmenes de vigas y columnas del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.*

| correcion de masas y volumenes VIGAS Y COLUMNAS | | | | correcion de masas y volumenes CUBIERTA | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VIGA | | | | VIGA | | | |
| hw= | 60 cm | H´= 35,00 | | hw= 40 cm | H´= 20 cm | | |
| t,losa= | 25 cm | ajuste 0,58 | se ubica en el etabs | t,losa= 20 cm | ajuste 0,500 | se ubica en el etabs | |
| COLUMNA | | | | COLUMNA | | | |
| L,piso= | 3,00 m | H´= 2,40 | | L,piso= 3,00 m | H´= 2,60 m | | |
| hw= | 0,60 m | ajuste 0,80 | se ubica en el etabs | hw= 0,40 m | ajuste 0,87 | se ubica en el etabs | |
| COLUMNA | | | | VIGA | | | |
| L,piso= | 3,00 m | H´= 2,60 | | hw= 40 cm | H´= 15 cm | | |
| hw= | 0,40 m | ajuste 0,87 | se ubica en el etabs | t,losa= 25 cm | ajuste 0,375 | se ubica en el etabs | |
| piso 3 y 4 un prom | 0,83 | | | piso 4 y 5 un prom | 0,4375 | | |

***Anexo 14.*** *Cálculo de tributación de carga hacia las vigas de la Cubierta (P4) del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de pómez.*




| TABLE: Story Forces | | | |
|---|---|---|---|
| Story | Output Case | Location | P |
| | | | kgf |
| Story5 | D | Bottom | 8433,59 |
| Story5 | L | Bottom | 0 |
| Story5 | CM | Bottom | 4538,24 |
| Story4 | D | Bottom | 87547,35 |
| Story4 | L | Bottom | 0 |
| Story4 | CM | Bottom | 68749,58 |
| Story3 | D | Bottom | 174916,92 |
| Story3 | L | Bottom | 0 |
| Story3 | CM | Bottom | 132960,91 |
| Story2 | D | Bottom | 262997,21 |
| Story2 | L | Bottom | 0 |
| Story2 | CM | Bottom | 197172,25 |
| Story1 | D | Bottom | 323274,36 |
| Story1 | L | Bottom | 0 |
| Story1 | CM | Bottom | 236280,51 |



***Anexo 15.*** *Cargas totales del Piso 1,2 y 3 del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular.*

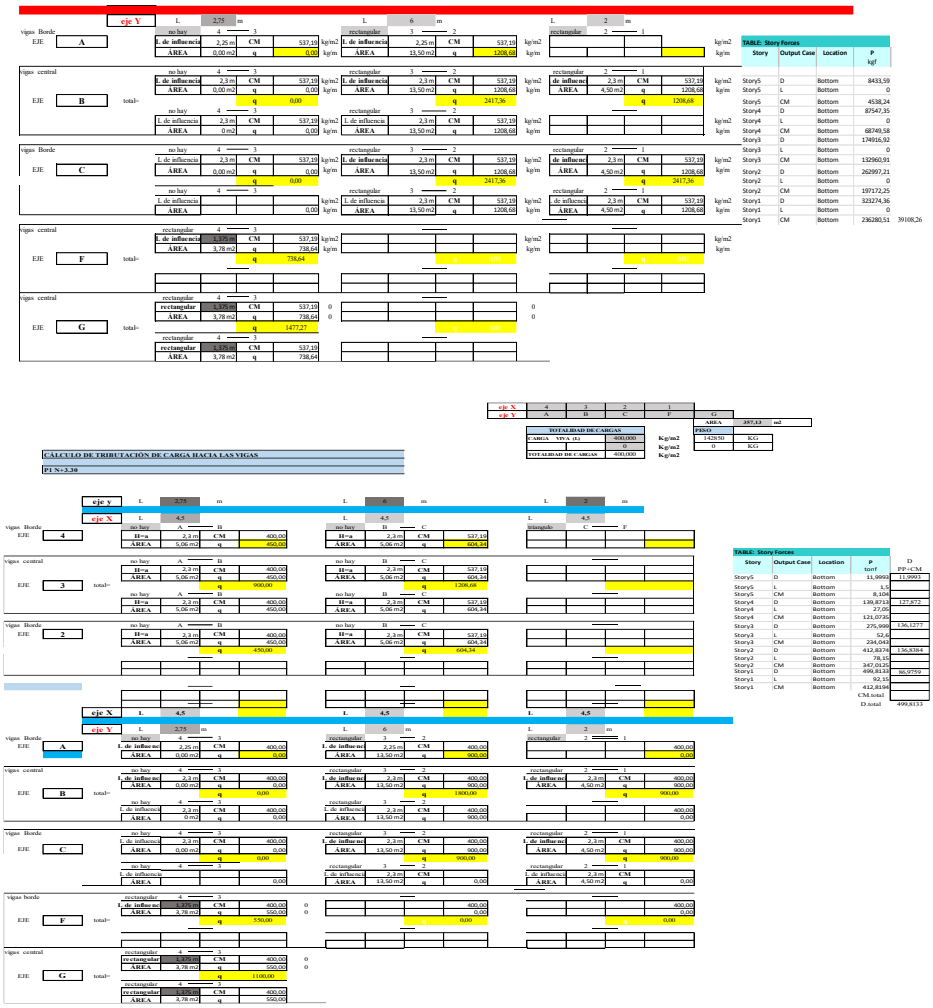
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **eje X** | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| **eje Y** | A | B | C | F | G | | |
| | | | | | **AREA** | **357,13** | **m2** |

| **TOTALIDAD DE CARGAS** | | | **PESO** | |
|---|---|---|---|---|
| **CARGA MUERTA (CM)** | 537,191 | **Kg/m2** | 191844,246 | KG |
| **CARGA VIVA (L)** | 400,000 | **Kg/m2** | 142850 | KG |
| **TOTALIDAD DE CARGAS** | 937,191 | **Kg/m2** | | |

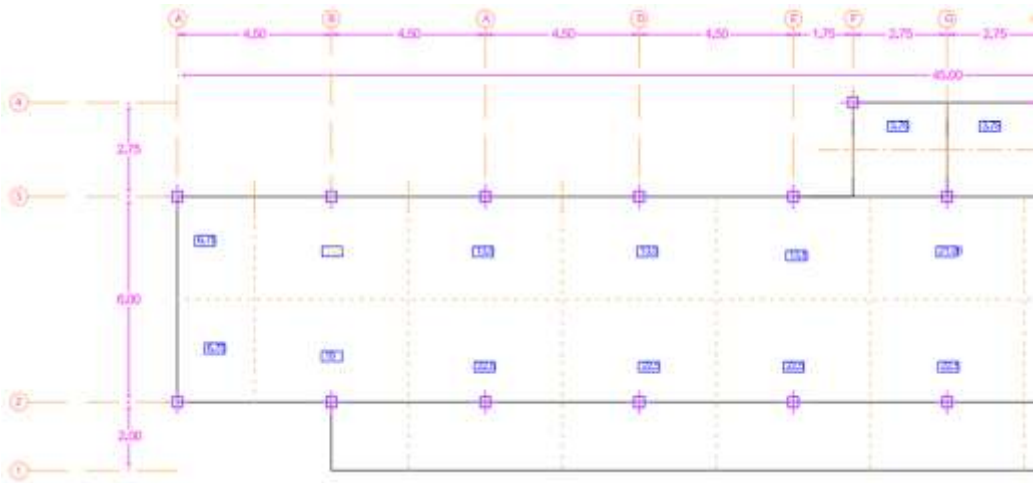
***Anexo 16.*** *Corrección de masa y volúmenes de vigas y columnas del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular.*

| **correcion de masas y volumenes VIGAS Y COLUMNAS** | | | | **correcion de masas y volumenes CUBIERTA** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VIGA | | | | VIGA | | | |
| hw= | 60 cm | H´= 35,00 | | hw= 40 cm | H´= 20 cm | | |
| t,losa= | 25 cm | ajuste 0,58 | se ubica en el etabs | t,losa= 20 cm | ajuste 0,500 | se ubica en el etabs | |
| COLUMNA | | | | COLUMNA | | | |
| L,piso= | 3,00 m | H´= 2,40 | | L,piso= 3,00 m | H´= 2,60 m | | |
| hw= | 0,60 m | ajuste 0,80 | se ubica en el etabs | hw= 0,40 m | ajuste 0,87 | se ubica en el etabs | |
| COLUMNA | | | | VIGA | | | |
| L,piso= | 3,00 m | H´= 2,60 | | hw= 40 cm | H´= 15 cm | | |
| hw= | 0,40 m | ajuste 0,87 | se ubica en el etabs | t,losa= 25 cm | ajuste 0,375 | se ubica en el etabs | |
| piso 3 y 4 un pron | | 0,83 | | piso 4 y 5 un pron | | 0,4375 | |

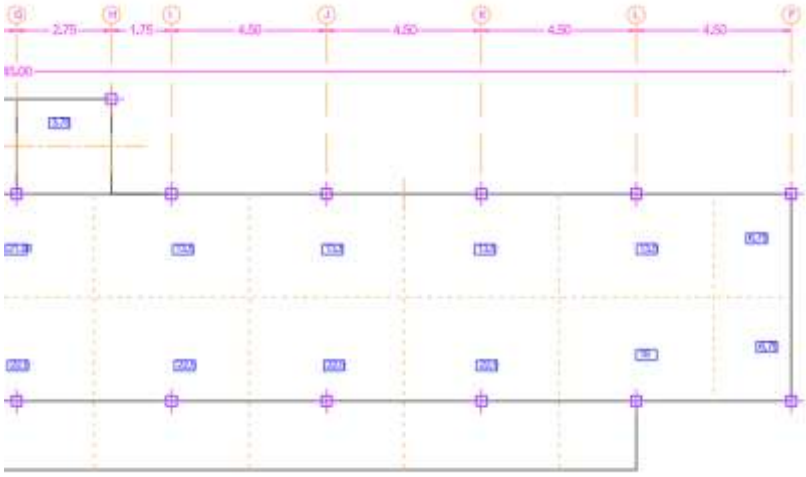
***Anexo 17.*** *Cálculo de tributación de carga hacia las vigas del Piso 1,2 y 3 del sistema de losa aligerada en una dirección con bloques de hormigón celular.*



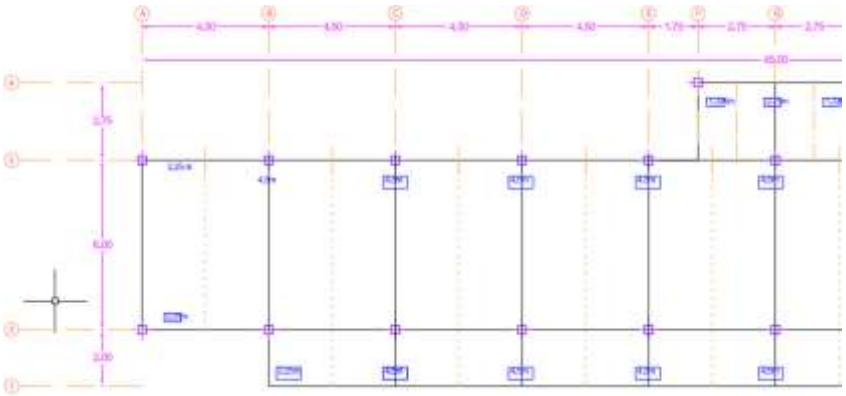
***Anexo 18.*** *Áreas tributarias de las vigas corte A-G.*



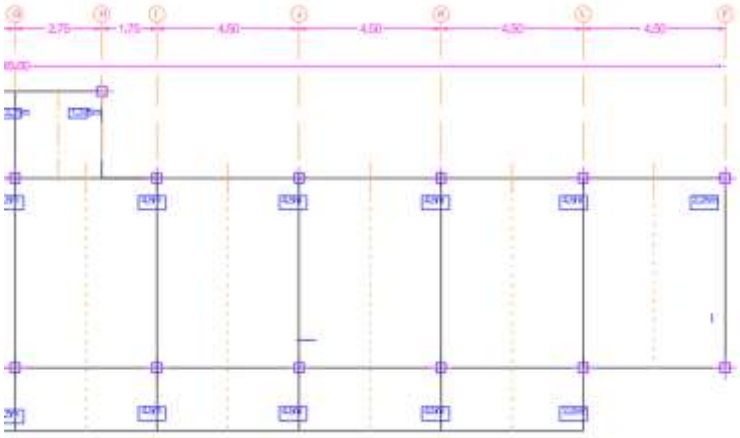
***Anexo 19***. *Áreas tributarias de las columnas corte G-F.*



***Anexo 20***. *Áreas tributarias de las vigas corte A-G.*



***Anexo 21.*** *Áreas tributarias de las vigas corte G-F.*



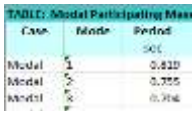
***Anexo 22.*** *Diseño de espectro sísmico según NEC-15.*

| Datos | |
|---|---|
| $Z$ | 0,5 |
| $\eta$ | 1,8 |
| $r$ | 1 |
| $Fa$ | 1,12 |
| $Fd$ | 1,11 |
| $Fs$ | 1,4 |
| To | 0,139 |
| Tc | 0,763 |

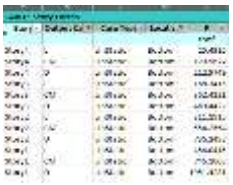
| sa=n.z.Fa | 1,008 | 1.) | | |
|---|---|---|---|---|
| Sa | 1,06 | 1,0551852 | 2) | $Sa = \eta z Fa\left(\frac{Tc}{T}\right)^r$ |
| | | | | |
| $T$ | $S_a$ | $S_a$ | $S_a$ | $S_a$ |
| 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,56 |
| 0,01 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,59 |
| 0,02 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,62 |
| 0,03 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,66 |
| 0,04 | 0,69 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 0,05 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 0,72 |
| 0,06 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,75 |
| 0,07 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,79 |
| 0,08 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,82 |
| 0,09 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,85 |
| 0,10 | 0,88 | 0,00 | 0,00 | 0,88 |
| 0,11 | 0,92 | 0,00 | 0,00 | 0,92 |
| 0,12 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,95 |
| 0,13 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 0,98 |
| 0,14 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 1,01 |
| 0,15 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 1,01 |
| 0,16 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 1,01 |
| 0,17 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 1,01 |

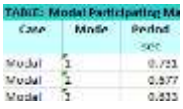
***Anexo 23.*** *Diseño del cortante basal de la estructura empleando el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

| Story | Output Case | Location | P | D | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | tonf | PP+CM | |
| Story4 | L | Bottom | 25,4915 | | 25,49 |
| Story4 | CM | Bottom | 170,5677 | | 170,5677 |
| Story4 | D | Bottom | 212,9749 | 212,9749 | |
| Story3 | L | Bottom | 168,3415 | | 142,85 |
| Story3 | CM | Bottom | 362,4121 | | 191,8444 |
| Story3 | D | Bottom | 469,4422 | 256,4673 | |
| Story2 | L | Bottom | 311,1915 | | 142,85 |
| Story2 | CM | Bottom | 554,2564 | | 191,8443 |
| Story2 | D | Bottom | 736,2498 | 266,8076 | |
| Story1 | L | Bottom | 454,0415 | | 142,85 |
| Story1 | CM | Bottom | 746,1008 | | 191,8444 |
| Story1 | D | Bottom | 1051,4281 | 315,1783 | |




si no se considera 0.25L en la configuracion mas source name el periodo cambia y aumenta ;pero el peso de la estructura es la misma






| 1 | | | Estructura ocupación especial | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I= | 1,30 | Sec 4.1 | | |
| | I | 1,30 | | | | Edificaciones esenciales | 1,5 |
| | R | 8 | | | | Estructura ocupación especial | 1,3 |
| | $\varphi_P$ | 1 | | | | Otras estructuras | 1 |
| | $\varphi_E$ | 1 | | | | | |
| | D | | | | | | |

$sa = n.z.Fa$ — dos casos — Tc≥Ta / Tc≤Ta — $Sa = \eta z Fa\left(\frac{Tc}{T}\right)^r$

| Sa | 1,008 |
|---|---|
| Tc | 0,763125 |

| Sa | 1,052 |
|---|---|

| | Sa | 1,008 |
|---|---|---|
| | $C_S$ | 0,164 |
| | alfa | 0,9 |
| | Hn,total | 12 |
| Ta o T f | T.1 | 0,510 |
| | T.2 | 0,731 |

$C_S = \frac{I * S_a}{R * \varphi_P * \varphi_E}$

aproximado

se obtiene del etabs un avez modficado peso total de la estructura

$T_{ETABS} < \frac{1}{4}$ T1 — ***trabaja (T,etabs)*** — 0,1275

| 2) $k$ | 1,116 | |
|---|---|---|
| $W$ | 1051,43 | tonf |
| $V$ | 172,22 | tonf |

corregir peso

$V = C_S * W$

| PISO | $h_i$ | $\omega_i$ | $\omega_i * (h_i)^k$ | $\frac{\omega_i * (h_i)^k}{\sum \omega_i * (h_i)^k}$ | $F_i$ | V | 0.3*V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 4 | 12 | 212,9749 | 3405,298 | 0,36 | 62,241 | 62,241 | 18,672 |
| 3 | 9 | 256,4673 | 2975,017 | 0,32 | 54,376 | 116,617 | 34,985 |
| 2 | 6 | 266,8076 | 1968,910 | 0,21 | 35,987 | 152,604 | 45,781 |
| 1 | 3 | 315,1783 | 1073,458 | 0,11 | 19,620 | 172,224 | 51,667 |

| | tonf | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TOTAL | 1051,43 | 9422,68 | | 172,224 | |
| | | | peso estructura | 1051,43 | tonf |

***Anexo 24.*** *Diseño del cortante basal de la estructura empleando el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

**TABLE: Story Forces**

| Story | Output Case | Location | P | D | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | tonf | PP+CM | |
| Story4 | L | Bottom | 25,4915 | | 25,49 |
| Story4 | CM | Bottom | 185,0121 | | 185,0121 |
| Story4 | D | Bottom | 229,9601 | 229,9601 | |
| Story3 | L | Bottom | 168,3415 | | 142,85 |
| Story3 | CM | Bottom | 388,8932 | | 203,8811 |
| Story3 | D | Bottom | 503,5985 | 273,6384 | |
| Story2 | L | Bottom | 311,1915 | | 142,85 |
| Story2 | CM | Bottom | 592,7744 | | 203,8812 |
| Story2 | D | Bottom | 793,7357 | 290,1372 | |
| Story1 | L | Bottom | 454,0415 | | 142,85 |
| Story1 | CM | Bottom | 796,6555 | | 203,8811 |
| Story1 | D | Bottom | 1128,8393 | 335,1036 | |
| | | | CM.total | | |
| | | | D.total | 1128,8393 | |

1

Estructura ocupación especial

I= 1,30 Sec 4.1

| | |
|---|---|
| **I** | 1,30 |
| **R** | 8 |
| $\varphi_P$ | 1 |
| $\varphi_E$ | 1 |

D

$sa = n.z.Fa$ dos casos Tc≥Ta Tc≤Ta $Sa = \eta z Fa\left(\frac{Tc}{T}\right)^r$

| | |
|---|---|
| Sa | 1,008 |
| Tc | 0,763125 |

Sa 1,07886396

| | |
|---|---|
| Sa | 1,008 |
| $C_S$ | 0,164 |
| alfa | 0,9 |
| Hn,total | 12 |
| T.1 | 0,510 |
| T.2 | 0,713 |

$C_S = \frac{I * S_a}{R * \varphi_P * \varphi_E}$

Ta o T f

aproximado

se obtiene del etabs un avez modficado peso total de la estructura

$T_{ETABS} < \frac{1}{4}\ T1$ ***trabaja (T,etabs)*** 0,6375

periodo de otro proyecto: 0,80

| | | |
|---|---|---|
| 2) $k$ | 1,107 | |
| $W$ | 1128,84 | tonf |
| $V$ | 184,90 | tonf |

corregir peso $V = C_S * W$

| PISO | $h_i$ | $\omega_i$ | $\omega_i * (h_i)^k$ | $\frac{\omega_i * (h_i)^k}{\sum \omega_i * (h_i)^k}$ | $F_i$ | V | 0.3*V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0 | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | 0 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 4 | 12 | 229,9601 | 3595,560 | 0,36 | 66,854 | 66,854 | 20,056 |
| 3 | 9 | 273,6384 | 3112,049 | 0,31 | 57,864 | 124,718 | 37,415 |
| 2 | 6 | 290,1372 | 2106,822 | 0,21 | 39,173 | 163,891 | 49,167 |
| 1 | 3 | 335,1036 | 1130,092 | 0,11 | 21,012 | 184,904 | 55,471 |

| | tonf | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TOTAL | 1128,84 | 9944,52 | | 184,904 | |
| | | | peso estructura | 1128,84 | tonf |

***Anexo 25.*** *Chequeo de derivas máximas para Sismo Ex empleando el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

| | R = | 8 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Story | Label | Output Case | | | U1=Ux | U2=Uy | U | ΔE | hx | Δe i | Deriva inelástica ΔM | < 2% "NEC-15" |
| | | | | | | cm | cm | cm | cm | cm | cm/cm | ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm) | |
| ESQ.y VIG | Story4 | 4 | 14 | Ex | LinStatic | 3,4112 | -0,5217 | 3,451 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 1,48% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story4 | 10 | 20 | Ex | LinStatic | 3,3474 | -0,0638 | 3,348 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE |
| central | Story4 | 14 | 50 | Ex | LinStatic | 3,4112 | 0 | 3,411 | 0,729 | 300 | 0,00243 | 1,46% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story4 | 16 | 40 | Ex | LinStatic | 3,4112 | -0,4174 | 3,437 | 0,736 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE |
| viga | Story4 | 25 | 94 | Ex | LinStatic | 3,5503 | -0,1043 | 3,552 | 0,762 | 300 | 0,00254 | 1,52% | SI CUMPLE |
| volado | Story4 | 5 | 149 | Ex | LinStatic | 3,3474 | 0 | 3,347 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story3 | 4 | 15 | Ex | LinStatic | 2,6819 | -0,3988 | 2,711 | 0,964 | 300 | 0,00321 | 1,93% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story3 | 10 | 44 | Ex | LinStatic | 2,6331 | -0,0487 | 2,634 | 0,938 | 300 | 0,00313 | 1,88% | SI CUMPLE |
| central | Story3 | 14 | 64 | Ex | LinStatic | 2,6819 | 0 | 2,682 | 0,954 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story3 | 16 | 75 | Ex | LinStatic | 2,6819 | -0,319 | 2,701 | 0,960 | 300 | 0,00320 | 1,92% | SI CUMPLE |
| viga | Story3 | 25 | 160 | Ex | LinStatic | 2,7882 | -0,0798 | 2,789 | 0,991 | 300 | 0,00330 | 1,98% | SI CUMPLE |
| volado | Story3 | 5 | 136 | Ex | LinStatic | 2,6331 | 0 | 2,633 | 0,938 | 300 | 0,00313 | 1,88% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story2 | 4 | 16 | Ex | LinStatic | 1,7276 | -0,2641 | 1,748 | 0,790 | 300 | 0,00263 | 1,58% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story2 | 10 | 46 | Ex | LinStatic | 1,6953 | -0,0323 | 1,696 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE |
| central | Story2 | 14 | 66 | Ex | LinStatic | 1,7276 | 0 | 1,728 | 0,779 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story2 | 16 | 76 | Ex | LinStatic | 1,7276 | -0,2113 | 1,740 | 0,786 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE |
| viga | Story2 | 25 | 161 | Ex | LinStatic | 1,798 | -0,0528 | 1,799 | 0,813 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE |
| volado | Story2 | 5 | 73 | Ex | LinStatic | 1,6953 | 0 | 1,695 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story1 | 4 | 17 | Ex | LinStatic | 0,9483 | -0,137 | 0,958 | 0,958 | 300 | 0,00319 | 1,92% | SI CUMPLE |
| ESQ.y VIG | Story1 | 10 | 47 | Ex | LinStatic | 0,9316 | -0,0167 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE |
| central | Story1 | 14 | 67 | Ex | LinStatic | 0,9483 | 0 | 0,948 | 0,948 | 300 | 0,00316 | 1,90% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story1 | 16 | 77 | Ex | LinStatic | 0,9483 | -0,1096 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| viga | Story1 | 25 | 162 | Ex | LinStatic | 0,9849 | -0,0274 | 0,985 | 0,985 | 300 | 0,00328 | 1,97% | SI CUMPLE |
| volado | Story1 | 5 | 3 | Ex | LinStatic | 0,9316 | 0 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE |
| | Base | 4 | 18 | Ex | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |
| | Base | 10 | 48 | Ex | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |
| | Base | 14 | 68 | Ex | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |
| | Base | 16 | 78 | Ex | LinStatic | 0 | 0 | | | | | | SI CUMPLE |
| | Base | 25 | 163 | Ex | LinStatic | 0 | 0 | | | | | | SI CUMPLE |
| | | | | | | | | | | | | | SI CUMPLE |

***Anexo 26.*** *Chequeo de derivas máximas para Sismo Ey empleando el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

| | | | | | | | | | | | deriva max elastica | | | | | | | | se debe trabjar con la carga mas critica direcc EX-0.3EY | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E x | | R = | 8 | | | | U1=Ux | U2=Uy | U | ΔE | hx | Δe i | Deriva inelástica ΔM | < 2% "NEC-15" | | | | | | | alivianado | |
| | | Story | Label | Output Case | | | cm | cm | cm | cm | cm | cm/cm | ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm | | EY | E x | EY | E x | | | | |
| 1,52% | ESQ.y VIG | Story4 | 4 | 14 | Ey | LinStatic | 0,0961 | 3,8959 | 3,897 | 0,959 | 300 | 0,00320 | 1,92% | SI CUMPLE | 1,92% | 1,52% | 1,87% | 1,50% | | | | |
| | ESQ.y VIG | Story4 | 10 | 20 | Ey | LinStatic | 0,1965 | 3,1748 | 3,181 | 0,781 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | central | Story4 | 14 | 50 | Ey | LinStatic | 0,0961 | 3,0744 | 3,076 | 0,755 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | BOR y VIG | Story4 | 16 | 40 | Ey | LinStatic | 0,0961 | 3,7316 | 3,733 | 0,918 | 300 | 0,00306 | 1,84% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | viga | Story4 | 25 | 94 | Ey | LinStatic | -0,123 | 3,2387 | 3,241 | 0,796 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | volado | Story4 | 5 | 149 | Ey | LinStatic | 0,1965 | 3,0744 | 3,081 | 0,756 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| 1,98% | ESQ.y VIG | Story3 | 4 | 15 | Ey | LinStatic | 0,0706 | 2,9373 | 2,938 | 0,998 | 300 | 0,00333 | 2,00% | SI CUMPLE | 2,00% | 1,98% | 1,97% | 1,89% | | | | |
| | ESQ.y VIG | Story3 | 10 | 44 | Ey | LinStatic | 0,146 | 2,3957 | 2,400 | 0,814 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | central | Story3 | 14 | 64 | Ey | LinStatic | 0,0706 | 2,3203 | 2,321 | 0,787 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | BOR y VIG | Story3 | 16 | 75 | Ey | LinStatic | 0,0706 | 2,8139 | 2,815 | 0,956 | 300 | 0,00319 | 1,91% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | viga | Story3 | 25 | 160 | Ey | LinStatic | -0,0939 | 2,4437 | 2,446 | 0,830 | 300 | 0,00277 | 1,66% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | volado | Story3 | 5 | 136 | Ey | LinStatic | 0,146 | 2,3203 | 2,325 | 0,789 | 300 | 0,00263 | 1,58% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| 1,63% | ESQ.y VIG | Story2 | 4 | 16 | Ey | LinStatic | 0,0464 | 1,9397 | 1,940 | 0,935 | 300 | 0,00312 | 1,87% | SI CUMPLE | 1,87% | 1,63% | 1,86% | 1,59% | | | | |
| | ESQ.y VIG | Story2 | 10 | 46 | Ey | LinStatic | 0,0961 | 1,5829 | 1,586 | 0,764 | 300 | 0,00255 | 1,53% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | central | Story2 | 14 | 66 | Ey | LinStatic | 0,0464 | 1,5332 | 1,534 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 1,48% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | BOR y VIG | Story2 | 16 | 76 | Ey | LinStatic | 0,0464 | 1,8584 | 1,859 | 0,896 | 300 | 0,00299 | 1,79% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | viga | Story2 | 25 | 161 | Ey | LinStatic | -0,0639 | 1,6145 | 1,616 | 0,779 | 300 | 0,00260 | 1,56% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | volado | Story2 | 5 | 73 | Ey | LinStatic | 0,0961 | 1,5332 | 1,536 | 0,740 | 300 | 0,00247 | 1,48% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| 1,97% | ESQ.y VIG | Story1 | 4 | 17 | Ey | LinStatic | 0,024 | 1,0045 | 1,005 | 1,005 | 300 | 0,00335 | 2,0% | SI CUMPLE | 2,0% | 1,97% | 1,99% | 1,91% | | | | |
| | ESQ.y VIG | Story1 | 10 | 47 | Ey | LinStatic | 0,0497 | 0,8202 | 0,822 | 0,822 | 300 | 0,00274 | 1,64% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | central | Story1 | 14 | 67 | Ey | LinStatic | 0,024 | 0,7945 | 0,795 | 0,795 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | BOR y VIG | Story1 | 16 | 77 | Ey | LinStatic | 0,024 | 0,9625 | 0,963 | 0,963 | 300 | 0,00321 | 1,93% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | viga | Story1 | 25 | 162 | Ey | LinStatic | -0,032 | 0,8365 | 0,837 | 0,837 | 300 | 0,00279 | 1,67% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | volado | Story1 | 5 | 3 | Ey | LinStatic | 0,0497 | 0,7945 | 0,796 | 0,796 | 300 | 0,00265 | 1,59% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| 0,00% | | 0 | Base | 4 | 18 | Ey | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE | 0,00% | | | | | | | |
| | | 0 | Base | 10 | 48 | Ey | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE | | | | | | | | |
| | | 0 | Base | 14 | 68 | Ey | LinStatic | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE | | | | | | | | |

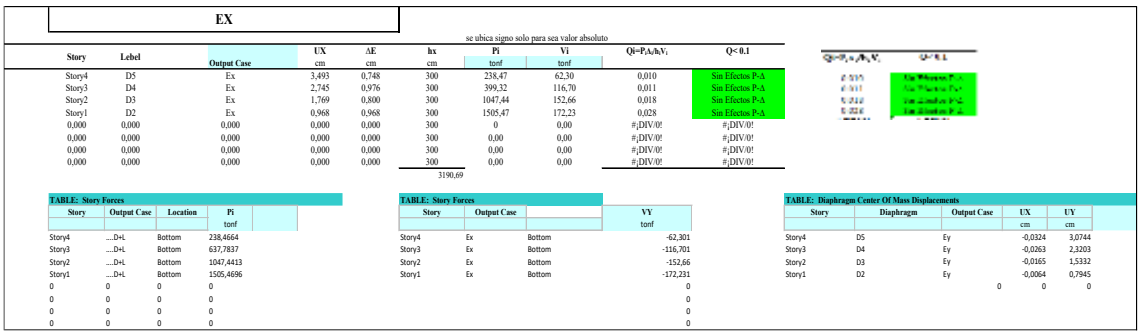
***Anexo 27.*** *Chequeo de irregularidad torsional para Sismo EX en el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

| Story | Label | Output Case | U1=Ux | U2=Uy | U | ΔE | hx | Δe i | ΔE prom | Δei/ΔE prom | < 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | cm | cm | cm | cm | cm | cm/cm | cm/cm | cm/cm | |
| Story4 | 4 | Ex | 3,4112 | -0,5217 | 3,451 | 0,739 | 300 | 0,00246 | 0,0024 | 1,041 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 10 | Ex | 3,3474 | -0,0638 | 3,348 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story4 | 14 | Ex | 3,4112 | 0 | 3,411 | 0,729 | 300 | 0,00243 | | | |
| Story4 | 16 | Ex | 3,4112 | -0,4174 | 3,437 | 0,736 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story4 | 25 | Ex | 3,5503 | -0,1043 | 3,552 | 0,762 | 300 | 0,00254 | | | |
| Story4 | 5 | Ex | 3,3474 | 0 | 3,347 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story3 | 4 | Ex | 2,6819 | -0,3988 | 2,711 | 0,964 | 300 | 0,00321 | 0,0032 | 1,035 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | Ex | 2,6331 | -0,0487 | 2,634 | 0,938 | 300 | 0,00313 | | | |
| Story3 | 14 | Ex | 2,6819 | 0 | 2,682 | 0,954 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story3 | 16 | Ex | 2,6819 | -0,319 | 2,701 | 0,960 | 300 | 0,00320 | | | |
| Story3 | 25 | Ex | 2,7882 | -0,0798 | 2,789 | 0,991 | 300 | 0,00330 | | | |
| Story3 | 5 | Ex | 2,6331 | 0 | 2,633 | 0,938 | 300 | 0,00313 | | | |
| Story2 | 4 | Ex | 1,7276 | -0,2641 | 1,748 | 0,790 | 300 | 0,00263 | 0,0026 | 1,039 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 10 | Ex | 1,6953 | -0,0323 | 1,696 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | |
| Story2 | 14 | Ex | 1,7276 | 0 | 1,728 | 0,779 | 300 | 0,00260 | | | |
| Story2 | 16 | Ex | 1,7276 | -0,2113 | 1,740 | 0,786 | 300 | 0,00262 | | | |
| Story2 | 25 | Ex | 1,798 | -0,0528 | 1,799 | 0,813 | 300 | 0,00271 | | | |
| Story2 | 5 | Ex | 1,6953 | 0 | 1,695 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | |
| Story1 | 4 | Ex | 0,9483 | -0,137 | 0,958 | 0,958 | 300 | 0,00319 | 0,0032 | 1,035 | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 10 | Ex | 0,9316 | -0,0167 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | | | |
| Story1 | 14 | Ex | 0,9483 | 0 | 0,948 | 0,948 | 300 | 0,00316 | | | |
| Story1 | 16 | Ex | 0,9483 | -0,1096 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story1 | 25 | Ex | 0,9849 | -0,0274 | 0,985 | 0,985 | 300 | 0,00328 | | | |
| Story1 | 5 | Ex | 0,9316 | 0 | 0,932 | 0,932 | 300 | 0,00311 | | | |

***Anexo 28.*** *Chequeo de irregularidad torsional para Sismo EY en el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

| Story | Label | Output Case | U1 cm | U2 cm | U cm | ΔE cm | hx cm | Δe i cm/cm | ΔE prom cm/cm | Δei/ΔE prom cm/cm | < 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | Ey | 0,0961 | 3,8959 | 3,897 | 0,959 | 300 | 0,00320 | 0,0028 | 1,159 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 10 | Ey | 0,1965 | 3,1748 | 3,181 | 0,781 | 300 | 0,00260 | | | |
| Story4 | 14 | Ey | 0,0961 | 3,0744 | 3,076 | 0,755 | 300 | 0,00252 | | | |
| Story4 | 16 | Ey | 0,0961 | 3,7316 | 3,733 | 0,918 | 300 | 0,00306 | | | |
| Story4 | 25 | Ey | -0,123 | 3,2387 | 3,241 | 0,796 | 300 | 0,00265 | | | |
| Story4 | 5 | Ey | 0,1965 | 3,0744 | 3,081 | 0,756 | 300 | 0,00252 | | | |
| Story3 | 4 | Ey | 0,0706 | 2,9373 | 2,938 | 0,998 | 300 | 0,00333 | 0,0029 | 1,157 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | Ey | 0,146 | 2,3957 | 2,400 | 0,814 | 300 | 0,00271 | | | |
| Story3 | 14 | Ey | 0,0706 | 2,3203 | 2,321 | 0,787 | 300 | 0,00262 | | | |
| Story3 | 16 | Ey | 0,0706 | 2,8139 | 2,815 | 0,956 | 300 | 0,00319 | | | |
| Story3 | 25 | Ey | -0,0939 | 2,4437 | 2,446 | 0,830 | 300 | 0,00277 | | | |
| Story3 | 5 | Ey | 0,146 | 2,3203 | 2,325 | 0,789 | 300 | 0,00263 | | | |
| Story2 | 4 | Ey | 0,0464 | 1,9397 | 1,940 | 0,935 | 300 | 0,00312 | 0,0027 | 1,156 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 10 | Ey | 0,0961 | 1,5829 | 1,586 | 0,764 | 300 | 0,00255 | | | |
| Story2 | 14 | Ey | 0,0464 | 1,5332 | 1,534 | 0,739 | 300 | 0,00246 | | | |
| Story2 | 16 | Ey | 0,0464 | 1,8584 | 1,859 | 0,896 | 300 | 0,00299 | | | |
| Story2 | 25 | Ey | -0,0619 | 1,6145 | 1,616 | 0,779 | 300 | 0,00260 | | | |
| Story2 | 5 | Ey | 0,0961 | 1,5332 | 1,536 | 0,740 | 300 | 0,00247 | | | |
| Story1 | 4 | Ey | 0,024 | 1,0045 | 1,005 | 1,005 | 300 | 0,00335 | 0,0029 | 1,156 | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 10 | Ey | 0,0497 | 0,8202 | 0,822 | 0,822 | 300 | 0,00274 | | | |
| Story1 | 14 | Ey | 0,024 | 0,7945 | 0,795 | 0,795 | 300 | 0,00265 | | | |
| Story1 | 16 | Ey | 0,024 | 0,9625 | 0,963 | 0,963 | 300 | 0,00321 | | | |
| Story1 | 25 | Ey | -0,032 | 0,8365 | 0,837 | 0,837 | 300 | 0,00279 | | | |
| Story1 | 5 | Ey | 0,0497 | 0,7945 | 0,796 | 0,796 | 300 | 0,00265 | | | |

***Anexo 29.*** *Chequeo de efectos de segundo orden p-Δ para el sismo Ex en el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*



**EX**

se ubica signo solo para sea valor absoluto

| Story | Lebel | Output Case | UX cm | ΔE cm | hx cm | Pi tonf | Vi tonf | $Q_i=P_i\Delta_i/h_iV_i$ | Q< 0.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | D5 | Ex | 3,493 | 0,748 | 300 | 238,47 | 62,30 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story3 | D4 | Ex | 2,745 | 0,976 | 300 | 399,32 | 116,70 | 0,011 | Sin Efectos P-Δ |
| Story2 | D3 | Ex | 1,769 | 0,800 | 300 | 1047,44 | 152,66 | 0,018 | Sin Efectos P-Δ |
| Story1 | D2 | Ex | 0,968 | 0,968 | 300 | 1505,47 | 172,23 | 0,028 | Sin Efectos P-Δ |
| 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 300 | 0 | 0,00 | #¡DIV/0! | #¡DIV/0! |
| 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00 | 0,00 | #¡DIV/0! | #¡DIV/0! |
| 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00 | 0,00 | #¡DIV/0! | #¡DIV/0! |
| 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00 | 0,00 | #¡DIV/0! | #¡DIV/0! |
| | | | | | 3190,69 | | | | |

**TABLE: Story Forces**

| Story | Output Case | Location | Pi tonf |
|---|---|---|---|
| Story4 | ....D+L | Bottom | 238,4664 |
| Story3 | ....D+L | Bottom | 637,7837 |
| Story2 | ....D+L | Bottom | 1047,4413 |
| Story1 | ....D+L | Bottom | 1505,4696 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

**TABLE: Story Forces**

| Story | Output Case | | VY tonf |
|---|---|---|---|
| Story4 | Ex | Bottom | -62,301 |
| Story3 | Ex | Bottom | -116,701 |
| Story2 | Ex | Bottom | -152,66 |
| Story1 | Ex | Bottom | -172,231 |
| | | | 0 |
| | | | 0 |
| | | | 0 |
| | | | 0 |

**TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements**

| Story | Diaphragm | Output Case | UX cm | UY cm |
|---|---|---|---|---|
| Story4 | D5 | Ey | -0,0324 | 3,0744 |
| Story3 | D4 | Ey | -0,0263 | 2,3203 |
| Story2 | D3 | Ey | -0,0165 | 1,5332 |
| Story1 | D2 | Ey | -0,0064 | 0,7945 |
| | | | 0 | 0 |

***Anexo 30****. Chequeo de efectos de segundo orden p-Δ para el sismo Ey en el sistema de aligeramiento con bloque de hormigón celular.*

**EY**

| Story | Lebel | UY cm | ΔE cm | hx cm | Pi kg | Vi kg | $Q_i=P_i\Delta_i/h_iV_i$ | Q< 0.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | D8 | 5,390 | 0,468 | 300 | 238,47 | 62,30 | 0,006 | Sin Efectos P-Δ |
| Story3 | D7 | 4,922 | 0,534 | 300 | 637,78 | 116,70 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story2 | D6 | 4,388 | 0,658 | 300 | 1047,44 | 152,66 | 0,015 | Sin Efectos P-Δ |
| Story1 | D5 | 3,730 | 3,301 | 300 | 1505,47 | 172,23 | 0,096 | Sin Efectos P-Δ |

**TABLE: Story Forces**

| Story | Output Case | Location | P tonf | VX tonf | VY tonf |
|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | Ex | Bottom | 0 | -62,301 | 0 |
| Story4 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -62,301 |
| Story4 | ....D+L | Bottom | 238,4664 | 0 | 0 |
| Story3 | Ex | Bottom | 0 | -116,701 | 0 |
| Story3 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -116,701 |
| Story3 | ....D+L | Bottom | 637,7837 | 0 | 0 |
| Story2 | Ex | Bottom | 0 | -152,66 | 0 |
| Story2 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -152,66 |
| Story2 | ....D+L | Bottom | 1047,4413 | 0 | 0 |
| Story1 | Ex | Bottom | 0 | -172,231 | 0 |
| Story1 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -172,231 |
| Story1 | ....D+L | Bottom | 1505,4696 | 0 | 0 |

***Anexo 31.*** *Chequeo de derivas máximas para Sismo Ex empleando el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| | R = | 8 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Story** | **Label** | **Output Case** | **U1=Ux** cm | **U2=Uy** cm | **U** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Δe i** cm/cm | **Deriva inelástica ΔM** ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm) | **< 2% "NEC-15"** |
| ESQ,y VIG | Story4 | 4 | Ex | 3,2593 | -0,4847 | 3,295 | 0,717 | 300 | 0,00239 | 1,43% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story4 | 10 | Ex | 3,2 | -0,0592 | 3,201 | 0,697 | 300 | 0,00232 | 1,39% | SI CUMPLE |
| central | Story4 | 14 | Ex | 3,2593 | 0 | 3,259 | 0,709 | 300 | 0,00236 | 1,42% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story4 | 16 | Ex | 3,2593 | -0,3878 | 3,282 | 0,714 | 300 | 0,00238 | 1,43% | SI CUMPLE |
| viga | Story4 | 5 | Ex | 3,2 | 0 | 3,200 | 0,696 | 300 | 0,00232 | 1,39% | SI CUMPLE |
| volado | Story4 | 26 | Ex | 3,4316 | -0,2908 | 3,444 | 0,749 | 300 | 0,00250 | 1,50% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story3 | 4 | Ex | 2,55 | -0,3801 | 2,578 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 1,82% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story3 | 10 | Ex | 2,5036 | -0,0465 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| central | Story3 | 14 | Ex | 2,55 | 0 | 2,550 | 0,901 | 300 | 0,00300 | 1,80% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story3 | 16 | Ex | 2,55 | -0,304 | 2,568 | 0,906 | 300 | 0,00302 | 1,81% | SI CUMPLE |
| viga | Story3 | 5 | Ex | 2,5036 | 0 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| volado | Story3 | 26 | Ex | 2,6851 | -0,228 | 2,695 | 0,946 | 300 | 0,00315 | 1,89% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story2 | 4 | Ex | 1,6492 | -0,2598 | 1,670 | 0,756 | 300 | 0,00252 | 1,51% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story2 | 10 | Ex | 1,6174 | -0,0318 | 1,618 | 0,731 | 300 | 0,00244 | 1,46% | SI CUMPLE |
| central | Story2 | 14 | Ex | 1,6492 | 0 | 1,649 | 0,746 | 300 | 0,00249 | 1,49% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story2 | 16 | Ex | 1,6492 | -0,2079 | 1,662 | 0,753 | 300 | 0,00251 | 1,51% | SI CUMPLE |
| viga | Story2 | 5 | Ex | 1,6174 | 0 | 1,617 | 0,731 | 300 | 0,00244 | 1,46% | SI CUMPLE |
| volado | Story2 | 26 | Ex | 1,7416 | -0,1559 | 1,749 | 0,793 | 300 | 0,00264 | 1,59% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story1 | 4 | Ex | 0,9028 | -0,1371 | 0,913 | 0,913 | 300 | 0,00304 | 1,83% | SI CUMPLE |
| ESQ,y VIG | Story1 | 10 | Ex | 0,8861 | -0,0168 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| central | Story1 | 14 | Ex | 0,9028 | 0 | 0,903 | 0,903 | 300 | 0,00301 | 1,81% | SI CUMPLE |
| BOR y VIG | Story1 | 16 | Ex | 0,9028 | -0,1097 | 0,909 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 1,82% | SI CUMPLE |
| viga | Story1 | 5 | Ex | 0,8861 | 0 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | 1,77% | SI CUMPLE |
| volado | Story1 | 26 | Ex | 0,9516 | -0,0823 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE |
| | Base | 4 | Ex | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |
| | Base | 10 | Ex | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |
| | Base | 14 | Ex | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 300 | 0,00000 | 0,00% | SI CUMPLE |

***Anexo 32.*** *Chequeo de derivas máximas para Sismo Ey empleando el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

se debe trabjar con la carga mas critica EX-0.3EY

| | R = | 8 | | | | deriva max elastica | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Story** | **Label** | **Output Case** | **U1=Ux** cm | **U2=Uy** cm | **U** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Δe i** cm/cm | **Deriva inelástica ΔM** ΔM = 0.75*R*ΔE (cm/cm) | **< 2% "NEC-15"** | EY | E x |
| ESQ,y VIG | Story4 | 4 | Ey | 0,0999 | 3,8462 | 3,847 | 0,934 | 300 | 0,00311 | 1,87% | SI CUMPLE | 1,87% | 1,50% |
| ESQ,y VIG | Story4 | 10 | Ey | 0,2 | 3,1269 | 3,133 | 0,759 | 300 | 0,00253 | 1,52% | SI CUMPLE | | |
| central | Story4 | 14 | Ey | 0,0999 | 3,0268 | 3,028 | 0,733 | 300 | 0,00244 | 1,47% | SI CUMPLE | | |
| BOR y VIG | Story4 | 16 | Ey | 0,0999 | 3,6823 | 3,684 | 0,894 | 300 | 0,00298 | 1,79% | SI CUMPLE | | |
| viga | Story4 | 5 | Ey | 0,2 | 3,0268 | 3,033 | 0,734 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE | | |
| volado | Story4 | 26 | Ey | -0,1915 | 3,5184 | 3,524 | 0,854 | 300 | 0,00285 | 1,71% | SI CUMPLE | | |
| ESQ,y VIG | Story3 | 4 | Ey | 0,073 | 2,9122 | 2,913 | 0,984 | 300 | 0,00328 | 1,97% | SI CUMPLE | 1,97% | 1,89% |
| ESQ,y VIG | Story3 | 10 | Ey | 0,1485 | 2,3699 | 2,375 | 0,802 | 300 | 0,00267 | 1,60% | SI CUMPLE | | |
| central | Story3 | 14 | Ey | 0,073 | 2,2944 | 2,296 | 0,775 | 300 | 0,00258 | 1,55% | SI CUMPLE | | |
| BOR y VIG | Story3 | 16 | Ey | 0,073 | 2,7886 | 2,790 | 0,942 | 300 | 0,00314 | 1,88% | SI CUMPLE | | |
| viga | Story3 | 5 | Ey | 0,1485 | 2,2944 | 2,299 | 0,776 | 300 | 0,00259 | 1,55% | SI CUMPLE | | |
| volado | Story3 | 26 | Ey | -0,1467 | 2,6651 | 2,669 | 0,901 | 300 | 0,00300 | 1,80% | SI CUMPLE | | |
| ESQ,y VIG | Story2 | 4 | Ey | 0,0467 | 1,9285 | 1,929 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 1,86% | SI CUMPLE | 1,86% | 1,59% |
| ESQ,y VIG | Story2 | 10 | Ey | 0,0967 | 1,5699 | 1,573 | 0,760 | 300 | 0,00253 | 1,52% | SI CUMPLE | | |
| central | Story2 | 14 | Ey | 0,0467 | 1,5199 | 1,521 | 0,735 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE | | |
| BOR y VIG | Story2 | 16 | Ey | 0,0467 | 1,8468 | 1,847 | 0,893 | 300 | 0,00298 | 1,79% | SI CUMPLE | | |
| viga | Story2 | 5 | Ey | 0,0967 | 1,5199 | 1,523 | 0,736 | 300 | 0,00245 | 1,47% | SI CUMPLE | | |
| volado | Story2 | 26 | Ey | -0,0986 | 1,7651 | 1,768 | 0,854 | 300 | 0,00285 | 1,71% | SI CUMPLE | | |
| ESQ,y VIG | Story1 | 4 | Ey | 0,0234 | 0,9964 | 0,997 | 0,997 | 300 | 0,00332 | 1,99% | SI CUMPLE | 1,99% | 1,91% |
| ESQ,y VIG | Story1 | 10 | Ey | 0,0492 | 0,8114 | 0,813 | 0,813 | 300 | 0,00271 | 1,63% | SI CUMPLE | | |
| central | Story1 | 14 | Ey | 0,0234 | 0,7857 | 0,786 | 0,786 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE | | |
| BOR y VIG | Story1 | 16 | Ey | 0,0234 | 0,9543 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | 1,91% | SI CUMPLE | | |
| viga | Story1 | 5 | Ey | 0,0492 | 0,7857 | 0,787 | 0,787 | 300 | 0,00262 | 1,57% | SI CUMPLE | | |
| volado | Story1 | 26 | Ey | -0,0515 | 0,9121 | 0,914 | 0,914 | 300 | 0,00305 | 1,83% | SI CUMPLE | | |

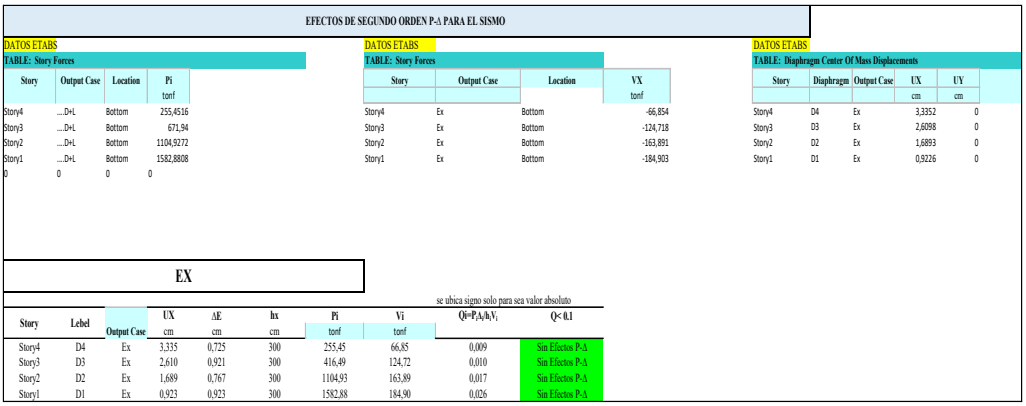
***Anexo 33.*** *Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Ex en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| **Story** | **Label** | **Output Case** | **U1=Ux** cm | **U2=Uy** cm | **U** cm | **ΔE** cm | **hx** cm | **Δe i** cm/cm | **ΔE prom** cm/cm | **Δei/ΔE prom** **cm/cm** | **< 1.2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | Ex | 3,2593 | -0,4847 | 3,295 | 0,717 | 300 | 0,00239 | 0,0024 | 1,050 | NO HAY TORSIÓN |
| Story4 | 10 | Ex | 3,2 | -0,0592 | 3,201 | 0,697 | 300 | 0,00232 | | | |
| Story4 | 14 | Ex | 3,2593 | 0 | 3,259 | 0,709 | 300 | 0,00236 | | | |
| Story4 | 16 | Ex | 3,2593 | -0,3878 | 3,282 | 0,714 | 300 | 0,00238 | | | |
| Story4 | 5 | Ex | 3,2 | 0 | 3,200 | 0,696 | 300 | 0,00232 | | | |
| Story4 | 26 | Ex | 3,4316 | -0,2908 | 3,444 | 0,749 | 300 | 0,00250 | | | |
| Story3 | 4 | Ex | 2,55 | -0,3801 | 2,578 | 0,909 | 300 | 0,00303 | 0,0030 | 1,045 | NO HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | Ex | 2,5036 | -0,0465 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story3 | 14 | Ex | 2,55 | 0 | 2,550 | 0,901 | 300 | 0,00300 | | | |
| Story3 | 16 | Ex | 2,55 | -0,304 | 2,568 | 0,906 | 300 | 0,00302 | | | |
| Story3 | 5 | Ex | 2,5036 | 0 | 2,504 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story3 | 26 | Ex | 2,6851 | -0,228 | 2,695 | 0,946 | 300 | 0,00315 | | | |
| Story2 | 4 | Ex | 1,6492 | -0,2598 | 1,670 | 0,756 | 300 | 0,00252 | 0,0025 | 1,055 | NO HAY TORSIÓN |
| Story2 | 10 | Ex | 1,6174 | -0,0318 | 1,618 | 0,731 | 300 | 0,00244 | | | |
| Story2 | 14 | Ex | 1,6492 | 0 | 1,649 | 0,746 | 300 | 0,00249 | | | |
| Story2 | 16 | Ex | 1,6492 | -0,2079 | 1,662 | 0,753 | 300 | 0,00251 | | | |
| Story2 | 5 | Ex | 1,6174 | 0 | 1,617 | 0,731 | 300 | 0,00244 | | | |
| Story2 | 26 | Ex | 1,7416 | -0,1559 | 1,749 | 0,793 | 300 | 0,00264 | | | |
| Story1 | 4 | Ex | 0,9028 | -0,1371 | 0,913 | 0,913 | 300 | 0,00304 | 0,0030 | 1,051 | NO HAY TORSIÓN |
| Story1 | 10 | Ex | 0,8861 | -0,0168 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story1 | 14 | Ex | 0,9028 | 0 | 0,903 | 0,903 | 300 | 0,00301 | | | |
| Story1 | 16 | Ex | 0,9028 | -0,1097 | 0,909 | 0,909 | 300 | 0,00303 | | | |
| Story1 | 5 | Ex | 0,8861 | 0 | 0,886 | 0,886 | 300 | 0,00295 | | | |
| Story1 | 26 | Ex | 0,9516 | -0,0823 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |

***Anexo 34.*** *Chequeo de irregularidad torsional para Sismo Ey en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| Story | Label | Output Case | U1 cm | U2 cm | U cm | ΔE cm | hx cm | Δe i cm/cm | ΔE prom cm/cm | Δei/ΔE prom cm/cm | < 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | 4 | Ey | 0,0999 | 3,8462 | 3,847 | 0,934 | 300 | 0,00311 | 0,0027 | 1,142 | HAY TORSIÓN |
| Story4 | 10 | Ey | 0,2 | 3,1269 | 3,133 | 0,759 | 300 | 0,00253 | | | |
| Story4 | 14 | Ey | 0,0999 | 3,0268 | 3,028 | 0,733 | 300 | 0,00244 | | | |
| Story4 | 16 | Ey | 0,0999 | 3,6823 | 3,684 | 0,894 | 300 | 0,00298 | | | |
| Story4 | 5 | Ey | 0,2 | 3,0268 | 3,033 | 0,734 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story4 | 26 | Ey | -0,1915 | 3,5184 | 3,524 | 0,854 | 300 | 0,00285 | | | |
| Story3 | 4 | Ey | 0,073 | 2,9122 | 2,913 | 0,984 | 300 | 0,00328 | 0,0029 | 1,140 | HAY TORSIÓN |
| Story3 | 10 | Ey | 0,1485 | 2,3699 | 2,375 | 0,802 | 300 | 0,00267 | | | |
| Story3 | 14 | Ey | 0,073 | 2,2944 | 2,296 | 0,775 | 300 | 0,00258 | | | |
| Story3 | 16 | Ey | 0,073 | 2,7886 | 2,790 | 0,942 | 300 | 0,00314 | | | |
| Story3 | 5 | Ey | 0,1485 | 2,2944 | 2,299 | 0,776 | 300 | 0,00259 | | | |
| Story3 | 26 | Ey | -0,1467 | 2,6651 | 2,669 | 0,901 | 300 | 0,00300 | | | |
| Story2 | 4 | Ey | 0,0467 | 1,9285 | 1,929 | 0,932 | 300 | 0,00311 | 0,0027 | 1,139 | HAY TORSIÓN |
| Story2 | 10 | Ey | 0,0967 | 1,5699 | 1,573 | 0,760 | 300 | 0,00253 | | | |
| Story2 | 14 | Ey | 0,0467 | 1,5199 | 1,521 | 0,735 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story2 | 16 | Ey | 0,0467 | 1,8468 | 1,847 | 0,893 | 300 | 0,00298 | | | |
| Story2 | 5 | Ey | 0,0967 | 1,5199 | 1,523 | 0,736 | 300 | 0,00245 | | | |
| Story2 | 26 | Ey | -0,0986 | 1,7651 | 1,768 | 0,854 | 300 | 0,00285 | | | |
| Story1 | 4 | Ey | 0,0234 | 0,9964 | 0,997 | 0,997 | 300 | 0,00332 | 0,0029 | 1,139 | HAY TORSIÓN |
| Story1 | 10 | Ey | 0,0492 | 0,8114 | 0,813 | 0,813 | 300 | 0,00271 | | | |
| Story1 | 14 | Ey | 0,0234 | 0,7857 | 0,786 | 0,786 | 300 | 0,00262 | | | |
| Story1 | 16 | Ey | 0,0234 | 0,9543 | 0,955 | 0,955 | 300 | 0,00318 | | | |
| Story1 | 5 | Ey | 0,0492 | 0,7857 | 0,787 | 0,787 | 300 | 0,00262 | | | |
| Story1 | 26 | Ey | -0,0515 | 0,9121 | 0,914 | 0,914 | 300 | 0,00305 | | | |

***Anexo 35.*** *Chequeo de efectos de segundo orden p-Δ para el sismo Ex en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*



EFECTOS DE SEGUNDO ORDEN P-Δ PARA EL SISMO

DATOS ETABS
TABLE: Story Forces

| Story | Output Case | Location | Pi tonf |
|---|---|---|---|
| Story4 | ...D+L | Bottom | 255,4516 |
| Story3 | ...D+L | Bottom | 671,94 |
| Story2 | ...D+L | Bottom | 1104,9272 |
| Story1 | ...D+L | Bottom | 1582,8808 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

DATOS ETABS
TABLE: Story Forces

| Story | Output Case | Location | VX tonf |
|---|---|---|---|
| Story4 | Ex | Bottom | -66,854 |
| Story3 | Ex | Bottom | -124,718 |
| Story2 | Ex | Bottom | -163,891 |
| Story1 | Ex | Bottom | -184,903 |

DATOS ETABS
TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements

| Story | Diaphragm | Output Case | UX cm | UY cm |
|---|---|---|---|---|
| Story4 | D4 | Ex | 3,3352 | 0 |
| Story3 | D3 | Ex | 2,6098 | 0 |
| Story2 | D2 | Ex | 1,6893 | 0 |
| Story1 | D1 | Ex | 0,9226 | 0 |

EX

se ubica signo solo para sea valor absoluto

| Story | Lebel | Output Case | UX cm | ΔE cm | hx cm | Pi tonf | Vi tonf | $Q_i=P_i\Delta_i/h_iV_i$ | Q< 0,1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | D4 | Ex | 3,335 | 0,725 | 300 | 255,45 | 66,85 | 0,009 | Sin Efectos P-Δ |
| Story3 | D3 | Ex | 2,610 | 0,921 | 300 | 416,49 | 124,72 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story2 | D2 | Ex | 1,689 | 0,767 | 300 | 1104,93 | 163,89 | 0,017 | Sin Efectos P-Δ |
| Story1 | D1 | Ex | 0,923 | 0,923 | 300 | 1582,88 | 184,90 | 0,026 | Sin Efectos P-Δ |

***Anexo 36.*** *Chequeo de efectos de segundo orden p-Δ para el sismo Ey en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

TABLE: Story Forces

| Story | Output Case | Location | P tonf | VX tonf | VY tonf |
|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | Ex | Bottom | 0 | -66,854 | 0 |
| Story4 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -66,854 |
| Story4 | ..D+L | Bottom | 255,4516 | 0 | 0 |
| Story3 | Ex | Bottom | 0 | -124,718 | 0 |
| Story3 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -124,718 |
| Story3 | ..D+L | Bottom | 671,94 | 0 | 0 |
| Story2 | Ex | Bottom | 0 | -163,891 | 0 |
| Story2 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -163,891 |
| Story2 | ..D+L | Bottom | 1104,9272 | 0 | 0 |
| Story1 | Ex | Bottom | 0 | -184,903 | 0 |
| Story1 | Ey | Bottom | 0 | 0 | -184,903 |
| Story1 | ..D+L | Bottom | 1582,8808 | 0 | 0 |

EY

| Story | Lebel | Output Case | UY cm | ΔE cm | hx cm | Pi kg | Vi kg | $Q_i=P_i\Delta_i/h_iV_i$ | Q< 0.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Story4 | D8 | Ey | 5,390 | 0,468 | 300 | 255,45 | 66,85 | 0,006 | Sin Efectos P-Δ |
| Story3 | D7 | Ey | 4,922 | 0,534 | 300 | 671,94 | 124,72 | 0,010 | Sin Efectos P-Δ |
| Story2 | D6 | Ey | 4,388 | 0,658 | 300 | 1104,93 | 163,89 | 0,015 | Sin Efectos P-Δ |
| Story1 | D5 | Ey | 3,730 | 3,301 | 300 | 1582,88 | 184,90 | 0,094 | Sin Efectos P-Δ |

***Anexo 37.*** *Cálculo de áreas tributarias para el predimensionamiento de columnas.*

| LOCALIZACIÓN | CÁLCULO | AREA DE INFLUENCIA | unidades | L(m) A.Inf |
|---|---|---|---|---|
| Esquinera | | 6,75 | m2 | 2,25 |
| Borde | | 13,5 | m2 | 3 |
| Central | | 22,5 | M2 | 1,375 |
| Borde | | 3,78 | m2 | 5,5 |

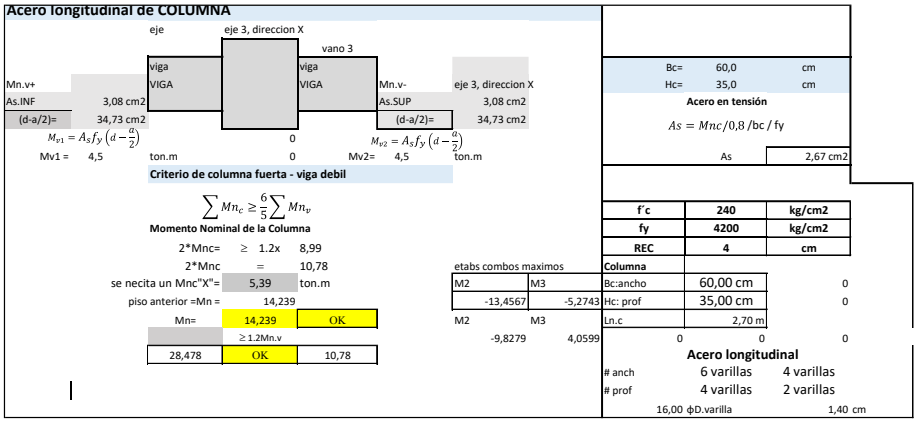
| Cod. columna | área de influencia | PESO CUBIERTA TRANSFERIDO A PLANTA BAJA | | Carga acum. de diseño |
|---|---|---|---|---|
| | m2 | kg/m2 | | kg |
| B-2 | 6,75 | 4541,229 | | 30653,294 |
| C-2 | 13,50 | 4541,229 | | 61306,589 |
| Central | 22,50 | 4541,229 | | 102177,648 |

***Anexo 38.*** *Predimensionamiento de columnas.*

| COLUMNAS | A. Influencia | Ag | Raiz | B | h | Area | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m2 | m2 | m | cm | cm | m2 | | |
| Esquinera | 6,75 | 510,89 | 22,60 | 30 | 30 | 900 | si cumple | 30X30 |
| Borde | 13,50 | 1021,78 | 31,97 | 35 | 35 | 1225 | si cumple | 35X35 |
| Central | 22,50 | 1702,96 | 41,27 | 45 | 45 | 2025 | si cumple | 45X45 |

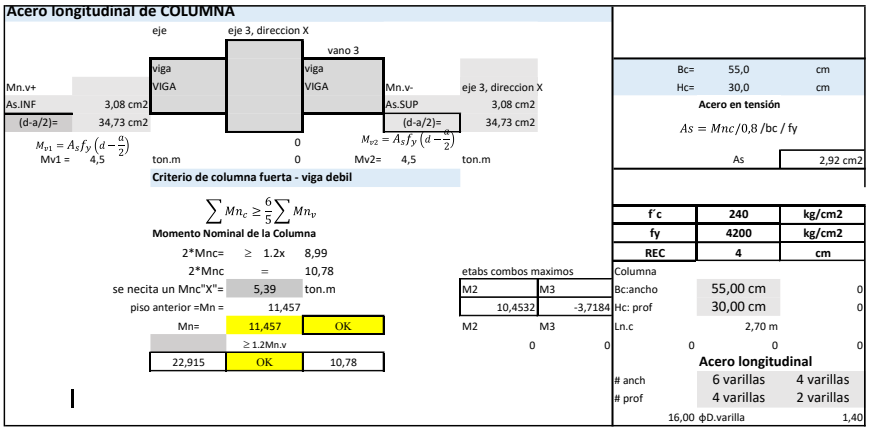
***Anexo 39.*** *Acero longitudinal de la columna C- C3.*

| | | Mn requerido | 5,39 | |
|---|---|---|---|---|
| **c** | Mn | Pn | **φMn** | **φPn** |
| **5,99** | 14,24 | -0,56 | **12,82** | **-0,51** |
| cm | tonf-m | tonf | tonf-m | tonf |

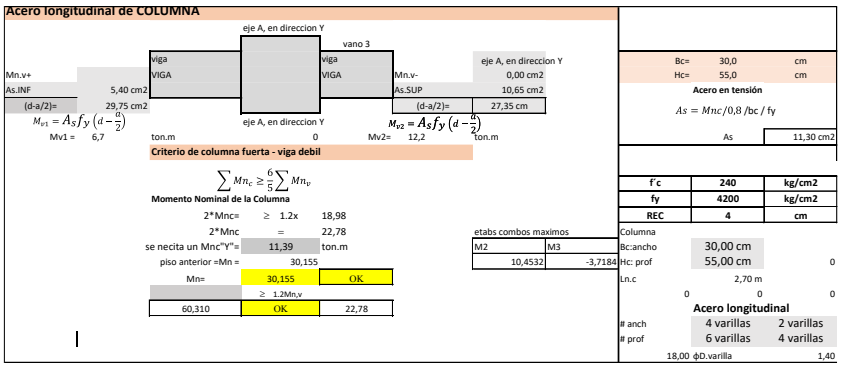



***Anexo 40.*** *Acero longitudinal de la columna B- C2.*

| | | Mn requerido | 5,39 | |
|---|---|---|---|---|
| **c** | Mn | Pn | **φMn** | **φPn** |
| **6,26** | 11,46 | -0,24 | **10,31** | **-0,22** |
| cm | tonf-m | tonf | tonf-m | tonf |



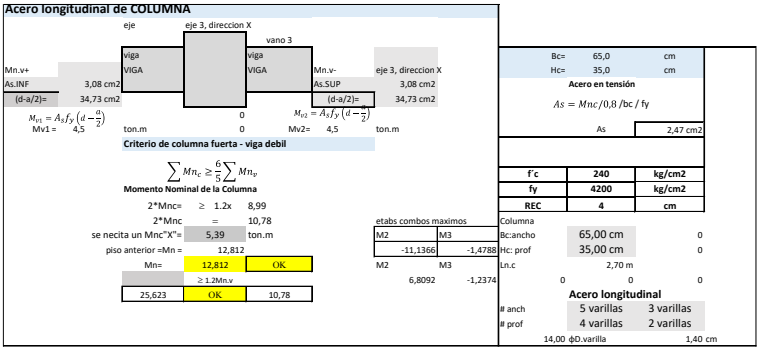

| Mn requerido | | | 11,39 |
|---|---|---|---|
| Mn | Pn | **φMn** | **φPn** |
| 30,15 | -0,34 | **27,14** | **-0,31** |
| tonf-m | tonf | tonf-m | tonf |

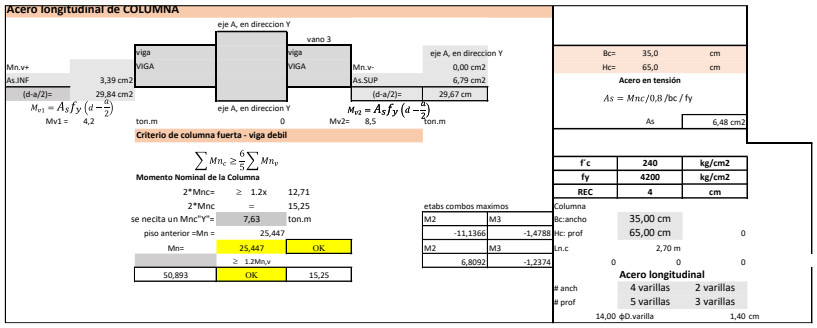



| **DIRECCION "Y" perpendicular la Bc** | | | Mn | **30,2 cm** | 4 varillas |
|---|---|---|---|---|---|
| **ϕ (mm)** | **# ϕ** | **ρ %** | ∑Mn.c(ton.m) | ≥ 1.2*∑Mn.v(ton.m) | |
| 14,0 mm | 16 | 1,49% | 60,310 | OK | 22,777 |
| **DIRECCION "X" perpendicular la Bc** | | | Mn | **11,5 cm** | 6 varillas |
| **ϕ (mm)** | **# ϕ** | **ρ %** | ∑Mn.c(ton.m) | ≥ 1.2*∑Mn.v(ton.m) | |
| 14,0 mm | 16 | 1,49% | 22,915 | OK | 10,782 |

***Anexo 41.*** *Acero longitudinal de la columna E- C1.*

| | Mn requerido | 7,63 | | | | Mn requerido | 5,39 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mn | Pn | **φMn** | **φPn** | **c** | Mn | Pn | **φMn** | **φPn** |
| 25,45 | -0,44 | **22,90** | **-0,40** | **5,42** | 12,81 | -0,47 | **11,53** | **-0,42** |
| tonf-m | tonf | tonf-m | tonf | cm | tonf-m | tonf | tonf-m | tonf |






| DIRECCION "Y" perpendicular la Bc | | | Mn | **25,4 cm** | 4 varillas |
|---|---|---|---|---|---|
| **ϕ (mm)** | **# ϕ** | **ρ %** | ∑Mn.c(ton.m) | ≥ 1.2*∑Mn.v(ton.m) | |
| 14,0 mm | 14 | 0,95% | 50,893 | OK | 15,252 |
| **DIRECCION "X" perpendicular la Bc** | | | Mn | **12,8 cm** | 5 varillas |
| **ϕ (mm)** | **# ϕ** | **ρ %** | ∑Mn.c(ton.m) | ≥ 1.2*∑Mn.v(ton.m) | |
| 14,0 mm | 14 | 0,95% | 25,623 | OK | 10,782 |

## ***Anexo 42.*** *Configuración de columnas esquineras.*

**ESQUINERA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **F'c** | 240,0 | | |
| **Fy** | 4200,0 | | |
| **Rec** | 4,0 | | |
| **Columna** | 0,0 | | |
| **Bc** | 50,0 | **bc1** | 42 cm |
| **Hc** | 100,0 | **bc2** | 92 cm |
| **$Ln_{col}$** | 2,7 | m | |
| Vinchas | 0,0 | u | |
| | Acero longitudinal | | |
| # anch | 6,0 | 4,0 | |
| # prof | 9,0 | 7,0 | |
| 22,0 | ϕD.varilla | 1,8 | cm |
| | ϕ | 18 mm = | 55,98 cm² |

| | estribo principal | | refuerzo | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ***#ramas*** | ***Φmm*** | ***#ramas*** | ***Φmm*** | |
| ***Ash1*** | 2 | 10 mm | 3 | 10 mm | perpendicular Bc |
| ***Ash2*** | 2 | 10 mm | 7 | 10 mm | perpendicular Hc |

| | | |
|---|---|---|
| bc1 efec= $bc1 - 2\phi$Asv-1ϕAs | 38,20 cm | |
| espacio entre estribos | 4 | |
| Bc=Xi<35 | 9,55 | |
| **OK NORMA** | | |

| | | |
|---|---|---|
| bc2 efec= $bc2 - 2\phi$Asv-1ϕAs | 88,20 cm | |
| espacio entre estribos | 8 | |
| Hc=Xi<35 | 11,03 | |
| **OK NORMA** | | |

| | | |
|---|---|---|
| bc1 efectivo= $bc1 - 2\phi$Asv | 29,2 cm | |
| cantidad espacio, fi longitudinal | 5 varillas | |
| Bc=Xi<15cm | 5,84 | |
| **Ok,NORMA** | | |

| | | |
|---|---|---|
| bc2 efectivo= $bc2 - 2\phi$Asv | 73,8 cm | |
| cantidad espacio, fi longitudinal | 8 varillas | |
| Hc=Xi<15cm | 9,23 | |
| **OK,NORMA** | | |

**NORMATIVA SEGÚN EL ACI 318-19**

**ACERO LONGITUDINAL**

| | |
|---|---|
| **Cuantia** | 1,12 % |
| **Min 1%** | SI |
| **Max 3%** | SI |
| **SI CUMPLE** | |

**ACERO TRANSVERSAL**

| | | |
|---|---|---|
| **Longitud $L_0$** | Hc o Bc | 100 cm |
| | Lc/6 | 45 cm |
| | 45cm | 45 cm |
| | **$L_0$ dis** | 100 cm |
| | **Zona confinamiento** | |
| **Separacion dentro de $L_0$** | Bc o Hc /4 | 12,5 cm |
| | 6db | 10,8 cm |
| | **hx** | 11,03 cm |
| | $So = 10 + \frac{35 - h_x}{3}$ | 15,00 cm |
| | **$S_{L0}$** | 10,80 |
| **Separacion fuera de $L_0$** | 15cm | 15 cm |
| | 6db | 10,8 cm |
| | S= | 10 cm |
| | **S recomendado** | 15 cm |
| | **$S_{L0}$ recomendado** | 3 cm |

**Cuantia de refuerzo**

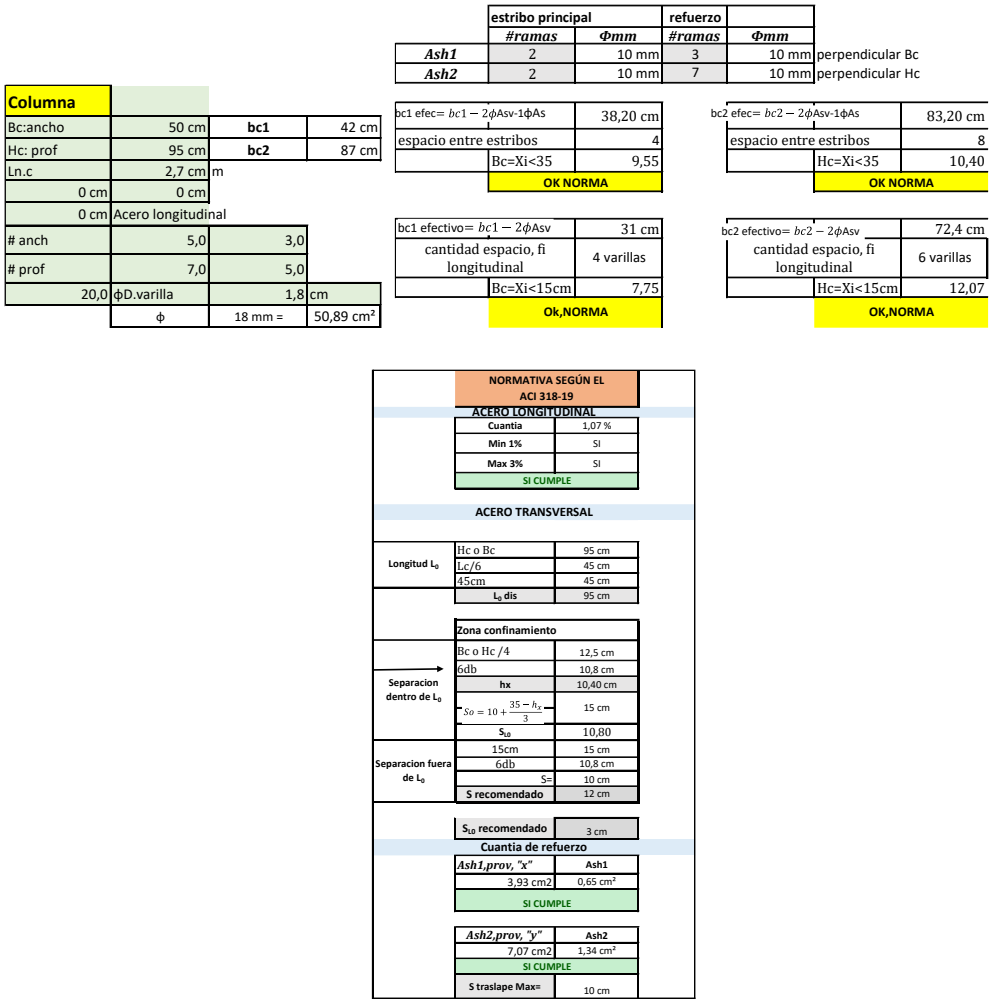
| | |
|---|---|
| ***Ash1,prov, "x"*** | **Ash1** |
| 3,93 cm2 | 0,65 cm² |
| **SI CUMPLE** | |

| | |
|---|---|
| ***Ash2,prov, "y"*** | **Ash2** |
| 7,07 cm2 | 1,42 cm² |
| **SI CUMPLE** | |
| **S traslape Max=** | 10 cm |

5 ramas en X 9 ramas en Y Estribos ϕ 10 @ 3cm

Fuera de Lo mismas ramas Estribos ϕ 10 @ 15cm

***Anexo 43.*** *Configuración de columnas lateral o borde.*



| | estribo principal | | refuerzo | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *#ramas* | *Φmm* | *#ramas* | *Φmm* | |
| ***Ash1*** | 2 | 10 mm | 3 | 10 mm | perpendicular Bc |
| ***Ash2*** | 2 | 10 mm | 7 | 10 mm | perpendicular Hc |

| **Columna** | | | |
|---|---|---|---|
| Bc:ancho | 50 cm | **bc1** | 42 cm |
| Hc: prof | 95 cm | **bc2** | 87 cm |
| Ln.c | 2,7 cm | m | |
| 0 cm | 0 cm | | |
| 0 cm | Acero longitudinal | | |
| # anch | 5,0 | 3,0 | |
| # prof | 7,0 | 5,0 | |
| 20,0 | ϕD.varilla | 1,8 | cm |
| | ϕ | 18 mm = | 50,89 cm² |

| | | |
|---|---|---|
| bc1 efec= $bc1 - 2\phi$Asv-1ϕAs | | 38,20 cm |
| espacio entre estribos | | 4 |
| | Bc=Xi<35 | 9,55 |
| | **OK NORMA** | |
| bc1 efectivo= $bc1 - 2\phi$Asv | | 31 cm |
| cantidad espacio, fi longitudinal | | 4 varillas |
| | Bc=Xi<15cm | 7,75 |
| | **Ok,NORMA** | |

| | | |
|---|---|---|
| bc2 efec= $bc2 - 2\phi$Asv-1ϕAs | | 83,20 cm |
| espacio entre estribos | | 8 |
| | Hc=Xi<35 | 10,40 |
| | **OK NORMA** | |
| bc2 efectivo= $bc2 - 2\phi$Asv | | 72,4 cm |
| cantidad espacio, fi longitudinal | | 6 varillas |
| | Hc=Xi<15cm | 12,07 |
| | **OK,NORMA** | |

| **NORMATIVA SEGÚN EL ACI 318-19** | | |
|---|---|---|
| **ACERO LONGITUDINAL** | | |
| | **Cuantia** | 1,07 % |
| | **Min 1%** | SI |
| | **Max 3%** | SI |
| | **SI CUMPLE** | |
| **ACERO TRANSVERSAL** | | |
| **Longitud $L_o$** | Hc o Bc | 95 cm |
| | Lc/6 | 45 cm |
| | 45cm | 45 cm |
| | **$L_o$ dis** | 95 cm |
| | **Zona confinamiento** | |
| **Separacion dentro de $L_o$** | Bc o Hc /4 | 12,5 cm |
| | 6db | 10,8 cm |
| | **hx** | 10,40 cm |
| | $So = 10 + \frac{35 - h_x}{3}$ | 15 cm |
| | **$S_o$** | 10,80 |
| **Separacion fuera de $L_o$** | 15cm | 15 cm |
| | 6db | 10,8 cm |
| | S= | 10 cm |
| | **S recomendado** | 12 cm |
| | **$S_{Lo}$ recomendado** | 3 cm |
| | **Cuantia de refuerzo** | |
| | ***Ash1,prov, "x"*** | **Ash1** |
| | 3,93 cm2 | 0,65 cm² |
| | **SI CUMPLE** | |
| | ***Ash2,prov, "y"*** | **Ash2** |
| | 7,07 cm2 | 1,34 cm² |
| | **SI CUMPLE** | |
| | **S traslape Max=** | 10 cm |

***Anexo 44.*** *Predimensionamiento de vigas.*

| PRE. DE VIGAS DATOS | |
|---|---|
| W(kg/m2) | 1284,628898 |
| FACTOR | 0 |

| | |
|---|---|
| f'c | 240 |
| fy | 4200 |
| REC | 2,5 |

| | |
|---|---|
| ϕ | 0,9 |
| b | 25 |
| w | 0,18 |

| 1 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **VIGAS** | **L influencia** | **LUZ=L (metros)** | **Wu(kg/m)** | **Mu(kg.m)** | **d(cm)** | **d (cm) redondeado** | **b(cm)** | **H=d+rec** | **H (cm) redondeado** |
| **A=c** | 2,25 | 6 | 2890,415021 | 10405,49 | 34,61 | 37,5 | 25 | 37,11 | 40,0 |
| **B=d** | 4,5 | 6 | 5780,830041 | 20810,99 | 44,68 | 47,5 | 30 | 47,18 | 50,0 |
| **1 borde** | 3 | 4,5 | 3853,886694 | 7804,12 | 29,97 | 32,5 | 25 | 32,47 | 35,0 |
| **2,centro** | 4 | 4,5 | 5138,515592 | 10405,49 | 34,61 | 37,5 | 25 | 37,11 | 40,0 |
| **3, volado** | 4,5 | 2 | 5780,830041 | 2312,33 | 18,24 | 22,5 | 20 | 20,74 | 25,0 |

***Anexo 45.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 1 en el sistema de aligeramiento con hormigón celular.*

**eje X — eje 4 borde**

| | VANO 1 F-G | | | VANO 2 G-H | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 Ø 16 +3Ø10 | | | 4 Ø 16 +3Ø10 | | | |
| | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **estribos** |
| As,SUPERIOR | 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +3Ø10 | |
| | 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 10,40 cm2 | |
| As,INFERIOR | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 | |
| | 9,61 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 9,61 cm2 | |

**eje X — eje 3,borde** 3.4.5 0

| VANO 3 | | | 0 VANO 4 | | | 0 VANO 5 | | | 0 VANO 6 | | | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 Ø 16 +4Ø10 | | | | | | | | | | | | 4 Ø 16 +3Ø10 |
| **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | |
| As,SUPERIOR 4 Ø 16 +4Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +3Ø10 | |
| 11,18 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 10,40 cm2 | |
| As,INFERIOR 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | |
| 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | |

**eje X — eje 2, central** 2Y 3 y 4y 8 y 9

**estribos**

| VANO 13 | borde | vano 14 | 0 VANO 15 | 0 |
|---|---|---|---|---|
| 4 Ø 16 +4Ø10 | | | | |
| **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | | |
| As,SUPERIOR 4 Ø 16 +4Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 |
| 11,184 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 |
| As,INFERIOR 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 |
| 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 |

**eje F,H borde**

| eje M | VANO 1 F4-3 | | | | VANO 2 H4-3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | | | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | |
| | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** |
| A-,SUP | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø10 | A-,SUP | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +1Ø10 |
| | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 11,75 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,96 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +4Ø10 | A+,INF | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø10 |
| | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 13,32 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 12,53 cm2 |

**eje A**

| | VANO 3 A3-2 | | | | VANO 4 M3-2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | | | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | |
| | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** |
| A-,SUP | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø18 | A-,SUP | 4 Ø 18 +1Ø18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 |
| | 19,60 cm2 | 10,18 cm2 | 15,27 cm2 | | 12,72 cm2 | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø18 | A+,INF | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 |
| | 13,57 cm2 | 10,18 cm2 | 17,81 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 |

**eje Y — eje B,central**

eje B L

| | VANO 5 eje B,L | | | | volado 6 eje B,L | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | | | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | |
| | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** |
| A-,SUP | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø16 | A-,SUP | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 |
| | 19,60 cm2 | 10,18 cm2 | 16,21 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 +1Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø14 | A+,INF | 2 Ø 14 | 2 Ø 14 | 2 Ø 14 |
| | 11,31 cm2 | 10,18 cm2 | 13,26 cm2 | | 3,08 cm2 | 3,08 cm2 | 3,08 cm2 |

eje C

| | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | | | **ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** | | **As,IZQ** | medio | **As,DERECH** |
| | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø16 | A-,SUP | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 |
| A-,SUP | 19,60 cm2 | 10,18 cm2 | 16,21 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| | 4 Ø 18 +1Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø14 | A+,INF | 2 Ø 14 | 2 Ø 14 | 2 Ø 14 |
| A+,INF | 11,31 cm2 | 10,18 cm2 | 13,26 cm2 | | 3,08 cm2 | 3,08 cm2 | 3,08 cm2 |

| eje E | VANO | 9 eje E,I,G | | | volado | 10 eje E,I,G | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| | 4 Ø 18 +3Ø18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø14 | A-,SUP | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 |
| A-,SUP | 17,81 cm2 | 10,18 cm2 | 14,80 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| | 4 Ø 18 +2Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø10 | A+,INF | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| A+,INF | 12,44 cm2 | 10,18 cm2 | 11,75 cm2 | | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |
| | 5,75 cm2 | 6,88 cm2 | 5,75 cm2 | | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | | G-H | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 cm2 |
| | 3 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | 2 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |

***Anexo 46.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 2 en el sistema de aligeramiento con hormigón celular.*

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 2 Ø 14 +1Ø14 4,62 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 |
| | | G-H | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø14 4,62 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 |
| | 3 | A-B | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +2Ø10 | 2 Ø 14 +2Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | A-B | 3,86 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø12 | 4,65 cm2<br>3 Ø 14 | 4,65 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø10 | 3,86 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø10 | 3,86 cm2<br>3 Ø 14 | 3,86 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø10 |
| | | B-C | 5,75 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 4,62 cm2<br>3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 5,40 cm2<br>3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 5,40 cm2<br>3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 4,62 cm2<br>3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 5,40 cm2<br>3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| Y | F | (4-3) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| | H | (4-3) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| | A | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,65 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø14<br>7,70 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 |
| | M | (3-2) | 3 Ø 14 +2Ø12<br>6,88 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14 +4Ø16<br>12,66 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 2 Ø 14<br>3,08 cm2 | 2 Ø 14<br>3,08 cm2 | 2 Ø 14<br>3,08 cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 14 +4Ø16<br>12,66 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,65 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø14<br>7,70 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 |
| | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø14<br>6,16 cm2 | 2 Ø 14<br>3,07 cm2 | 2 Ø 14<br>3,07 cm2 | 2 Ø 14<br>3,07 cm2 |
| | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 14 +4Ø16<br>12,66 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,65 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12<br>5,75 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø12<br>6,88 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12<br>5,75 cm2 |
| | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 |

***Anexo 47.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 3 en el sistema de aligeramiento con hormigón celular.*

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 3 Ø 14 +1Ø10 | 3 Ø 14 | 3 Ø 14 | 3 Ø 14 | 3 Ø 14 | 3 Ø 14 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5,40 cm2 | 4,62 cm2 | 4,62 cm2 | 4,62 cm2 | 4,62 cm2 | 4,62 cm2 |
| | | G-H | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | 3 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | | B-C | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | 2 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø12 5,75 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 |
| | | B-C | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +0Ø10 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| Y | F | (4-3) | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5, cm2 3539364 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 |
| | H | (4-3) | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,75 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 |
| | A | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø16 12,06 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø14 9,11 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 |
| | M | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø14 9,11 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø20 15,45 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,82 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 16 +4Ø16 14,07 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,81 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø12 7,16 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |
| | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |

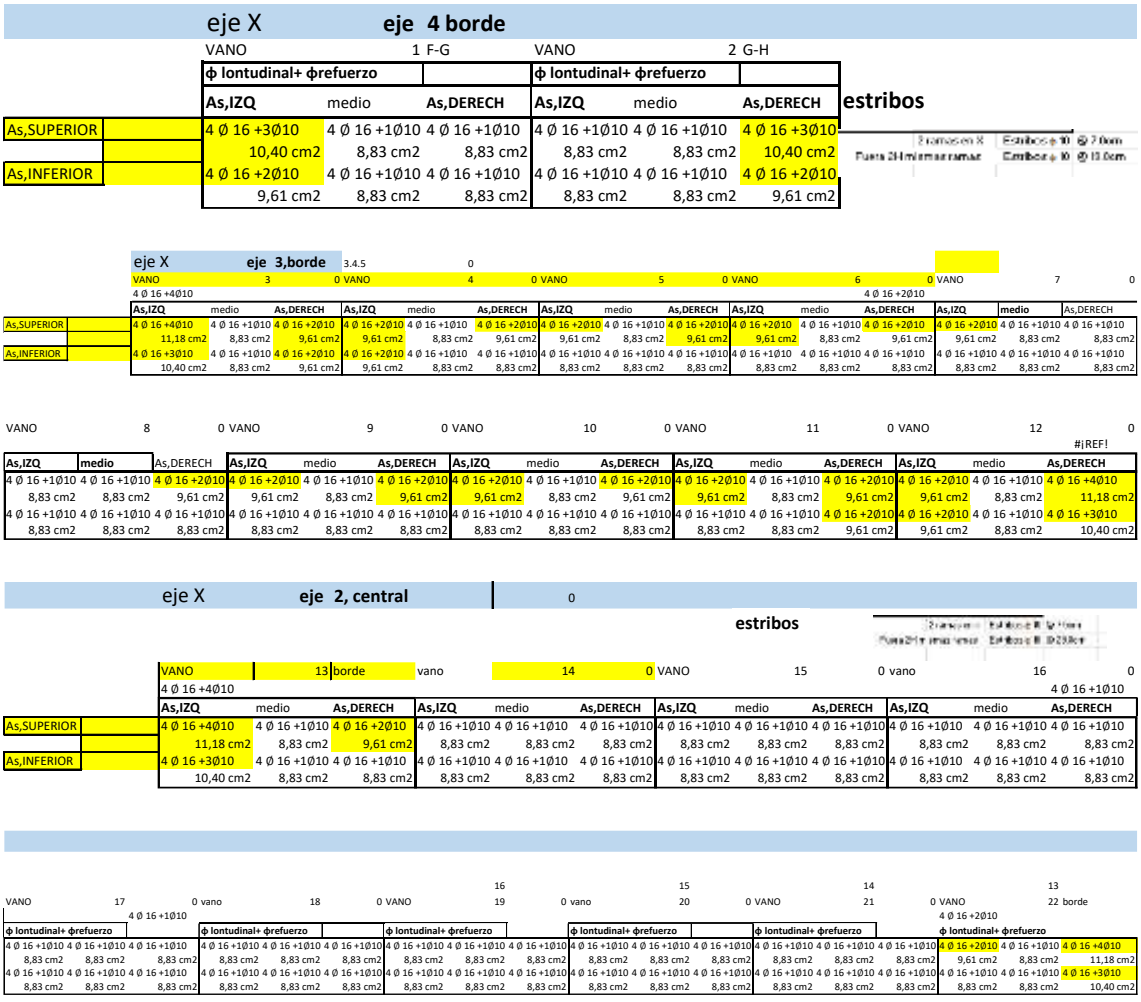
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 16 +4Ø16 14,07 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,82 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,82 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |
| | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø16 10,053 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |

***Anexo 48.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 4 en el sistema de aligeramiento con hormigón celular.*

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | G-H | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,07cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | 3 | A-B | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | 2 | A-B | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| Y | F | (4-3) | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | H | (4-3) | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 | 2 Ø 14 3,08 | 2 Ø 14 3,08 |
| | A | (3-2) | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø12 4,21 cm2 | 2 Ø 14 +3Ø12 6,47 cm2 | 2 Ø 14 3,08cm20 | 2 Ø 14 +3Ø12 6,47 cm2 |
| | M | (3-2) | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø12 4,21 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 +3Ø14 7,69cm2 | 2 Ø 14 3,08cm2 | 2 Ø 14 +2Ø14 6,15cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø12 8,01cm2 | 3 Ø 14 4,61cm2 | 3 Ø 14 +3Ø14 9,23cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,19 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,64cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 14 4,61cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 4,61cm2 | 3 Ø 14 +3Ø12 8,01 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø14 9,24 cm2 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 |
| I, G y E | (3-2) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø14<br>7,70 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø18<br>9,71 cm2 |
| I, G y E | (2-1) | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,64cm 2 |

***Anexo 49.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 1 en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*



## eje y — eje F,H borde

| eje M | VANO 1 F4-3 | | | | VANO 2 H4-3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| A-,SUP | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +2Ø10 | A-,SUP | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +1Ø10 |
| | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 11,75 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,96 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +4Ø10 | A+,INF | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +3Ø10 |
| | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 13,32 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 12,53 cm2 |

**ESTRIBO DE 2 VANOS**

| | | |
|---|---|---|
| 3 ramas en X | Estribos ϕ 10 | @ 8.0cm |
| Fuera 2H mismas ramas | Estribos ϕ 10 | @ 23.0cm |

eje A

| | VANO 3 A3-2 | | | | VANO 4 M3-2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| A-,SUP | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +2Ø18 | A-,SUP | 4 Ø 18 +2Ø12 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 |
| | 19,60 cm2 | 10,18 cm2 | 15,27 cm2 | | 12,44 cm2 | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +3Ø18 | A+,INF | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +0Ø0 |
| | 13,57 cm2 | 10,18 cm2 | 17,81 cm2 | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 |

## eje Y — eje B,central

eje B — L

| | VANO 5 eje B,L | | | | volado 6 eje B,L | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| A-,SUP | 4 Ø 18 +3Ø16 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +4Ø18 | A-,SUP | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 |
| | 16,21 cm2 | 10,18 cm2 | 20,36 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| A+,INF | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +1Ø14 | A+,INF | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| | 13,57 cm2 | 10,18 cm2 | 11,72 cm2 | | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |

**estribos viga**

| | | |
|---|---|---|
| 3 ramas en X | Estribos ϕ 10 | @ 7.5cm |
| Fuera 2H mismas ramas | Estribos ϕ 10 | @ 21.0cm |

**estribos volado**

| | | |
|---|---|---|
| 3 ramas en X | Estribos ϕ 10 | @ 5.00cm |
| Fuera 2H mismas ramas | Estribos ϕ 10 | @ 10.0cm |

eje C

| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| | 4 Ø 18 +3Ø16 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +4Ø18 | A-,SUP | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 |
| A-,SUP | 16,21 cm2 | 10,18 cm2 | 20,36 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| | 4 Ø 18 +2Ø14 | 4 Ø 18 +0Ø0 | 4 Ø 18 +1Ø10 | A+,INF | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| A+,INF | 13,26 cm2 | 10,18 cm2 | 10,96 cm2 | | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |

I,G

eje E

| | VANO 9 eje E,I,G | | | | volado 10 eje E,I,G | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | | | ϕ lontudinal+ ϕrefuerzo | | |
| | As,IZQ | medio | As,DERECH | | As,IZQ | medio | As,DERECH |
| | 3 Ø 16 +2Ø16 | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +3Ø16 | A-,SUP | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +0Ø0 |
| A-,SUP | 10,05 cm2 | 6,03 cm2 | 12,06 cm2 | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 |
| | 3 Ø 16 +0Ø0 | 3 Ø 16 +1Ø12 | 3 Ø 16 +0Ø0 | A+,INF | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| A+,INF | 6,03 cm2 | 7,16 cm2 | 6,03 cm2 | | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 4 Ø 16 +3Ø10 10,39cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,82cm2 | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | | G-H | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +2Ø10 9,61 cm2 |
| | 3 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 11,18 cm2 | 8,83 cm2 | 9,61 cm2 | 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 9,61 cm2 |
| | | B-C | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 |
| | | | 9,61 cm2 | 8,83 cm2 | 9,61 cm2 | 9,61 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 |
| | | | 4 Ø 16 +4Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +2Ø10 | 4 Ø 16 +3Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 |
| | | A-B | 11,18 cm2 | 8,83 cm2 | 9,61 cm2 | 10,40 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 |
| | 2 | | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 | 4 Ø 16 +1Ø10 |
| | | B-C | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 | 8,83 cm2 |
| | | F | (4-3) | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø10 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +4Ø10 |
| | | | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 11,75 cm2 | 10,17cm2 | 10,178cm2 | 13,32cm2 |
| | | H | (4-3) | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +1Ø10 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø10 |
| | | | | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,96 cm2 | 10,17cm2 | 10,17cm2 | 12,53cm2 |
| | | A | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø20 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +2Ø18 | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +3Ø18 |
| | | | | 19,60 cm2 | 10,18 cm2 | 15,27 cm2 | 13,57cm2 | 10,17cm2 | 17,81cm2 |
| | | M | (3-2) | 4 Ø 18 +2Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 |
| | | | | 12,44 cm2 | 10,18 cm2 | 10,18 cm2 | 10,17cm2 | 10,17cm2 | 10,17cm2 |
| | | B y L | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø16 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +4Ø18 | 4 Ø 18 +3Ø12 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +1Ø14 |
| | | | | 16,21 cm2 | 10,18 cm2 | 20,36 cm2 | 13,57cm2 | 10,17cm2 | 11,71cm2 |
| Y | | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| | | | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 3,86cm2 | 3,86cm2 | 3,86cm2 |
| | | C,D, J y K | (3-2) | 4 Ø 18 +3Ø16 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +4Ø18 | 4 Ø 18 +2Ø14 | 4 Ø 18 | 4 Ø 18 +1Ø10 |
| | | | | 16,21 cm2 | 10,18 cm2 | 20,36 cm2 | 13,26 cm2 | 10,18 cm2 | 10,96 cm2 |
| | | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| | | | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 3,86cm2 | 3,86cm2 | 3,86cm2 |
| | | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 +3Ø16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 +1Ø12 | 3 Ø 16 |
| | | | | 10,05 cm2 | 6,03 cm2 | 12,06 cm2 | 6,03 cm2 | 7,16 cm2 | 6,03 cm2 |
| | | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 | 2 Ø 14 +1Ø10 |
| | | | | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 | 3,86 cm2 |

***Anexo 50.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 2 en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 2 Ø 14 +1Ø14<br>4,61cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 |
| | | G-H | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø14<br>4,62 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 |
| | 3 | A-B | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86 cm2 |
| | 2 | A-B | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10<br>6,19 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12<br>5,75 cm2 |
| | | B-C | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 |
| Y | F | (4-3) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,61cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 |
| | H | (4-3) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 |
| | A | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø16<br>10,65 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø14<br>7,70 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40cm2 |
| | M | (3-2) | 3 Ø 14 +2Ø12<br>6,88 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10<br>5,40 cm2 | 3 Ø 14<br>4,63cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 | 3 Ø 14<br>4,62cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø14<br>10,65 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 3 Ø 16 +3Ø18<br>13,67 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03cm2 | 3 Ø 16 +2Ø10<br>7,60cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10<br>6,81cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 3 Ø 14<br>4,62 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø14<br>10,65 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 3 Ø 16 +3Ø18<br>13,67 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø10<br>7,60 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10<br>6,82 cm2 |
| | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 3 Ø 16<br>6,03 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,864cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10<br>3,86cm2 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +3Ø16 12,06 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø12 7,16 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |
| | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 |

***Anexo 51.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 3 en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| **DIRECCION** | **EJE** | **VANO** | **As (-)** | | | **As (+)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** | **Izquierda** | **Medio** | **Derecha** |
| X | 4 | F-G | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 4,62cm2 | 3 Ø 14 4,62cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | | G-H | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | 3 | A-B | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | | B-C | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 |
| | 2 | A-B | 4 Ø 16 +4Ø10 11,18 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +3Ø10 10,40 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| | | B-C | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 | 4 Ø 16 +1Ø10 8,83 cm2 |
| Y | F | (4-3) | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,74cm2 |
| | H | (4-3) | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,74cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 |
| | A | (3-2) | 3 Ø 16 +3Ø16 12,06 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø14 9,11 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18cm2 |
| | M | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø14 | 3 Ø 16 | 3 Ø 16 | 3 Ø 14 +2Ø10 | 3 Ø 14 +1Ø10 | 3 Ø 14 +1Ø10 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 9,11 cm2 | 6,03 cm2 | 6,03 cm2 | 6,18cm2 | 5,40cm2 | 5,40cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +3Ø20 15,46 cm2 | 3 Ø 16 6,03cm2 | 3 Ø 16 +1Ø14 7,57cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,81cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17cm2 | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17cm2 | 3 Ø 12 +1Ø10 4,17cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +4Ø16 14,07 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø14 7,57 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,82 cm2 |
| | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø18 11,12 cm2 | 3 Ø 16 6,03cm2 | 3 Ø 16 6,03cm2 | 3 Ø 16 6,03cm2 |
| | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +4Ø16 14,07 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø12 7,16 cm2 | 3 Ø 16 +1Ø10 6,82 cm2 |
| | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 +2Ø16 10,05 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 | 3 Ø 16 6,03 cm2 |

***Anexo 52.*** *Diseño de armado de acero de vigas del Piso 4 en el sistema de aligeramiento con bloque de pómez.*

| DIRECCION | EJE | VANO | As (-) | | | As (+) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Izquierda | Medio | Derecha | Izquierda | Medio | Derecha |
| X | 4 | F-G | 2 Ø 14 3,07cm2 | 2 Ø 14 3,07cm2 01 | 2 Ø 14 3,07cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | G-H | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | 3 | A-B | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | 2 | A-B | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |
| | | B-C | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 | 2 Ø 14 3,08 cm2 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y | F | (4-3) | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +10Ø1 3,16 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86cm2 |
| | H | (4-3) | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm24 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86cm2 |
| | A | (3-2) | 3 Ø 12 +3Ø12 6,79 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 +2Ø12 5,65 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 3,39cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 |
| | M | (3-2) | 3 Ø 12 +2Ø12 5,65 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 +1Ø10 4,18 cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 | 3 Ø 12 3,39cm2 | 3 Ø 12 3,39 cm2 |
| | B y L | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø12 8,01 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 4,61cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,74cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40cm2 |
| | B y L | (2-1) | 3 Ø 14 +3Ø16 13,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18cm2 | 2 Ø 14 +2Ø10 4,64cm2 |
| | C,D, J y K | (3-2) | 3 Ø 14 +3Ø12 8,01 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,75 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 |
| | C,D, J y K | (2-1) | 3 Ø 14 +3Ø16 13,62 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 +3Ø16 10,65 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18cm2 | 3 Ø 14 +2Ø10 6,18cm2 | 2 Ø 14 +2Ø10 4,64cm2 |
| | I, G y E | (3-2) | 3 Ø 14 +2Ø14 7,70 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +2Ø18 9,71 cm2 | 3 Ø 14 4,62 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø12 5,75 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 |
| | I, G y E | (2-1) | 3 Ø 14 +4Ø16 12,66 cm2 | 3 Ø 14 +4Ø16 12,66 cm2 | 3 Ø 14 +4Ø16 12,66 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 3 Ø 14 +1Ø10 5,40 cm2 | 2 Ø 14 +1Ø10 3,86 cm2 |

***Anexo 53.*** *Caso de carga muerta del Modelo 1 en el eje A obtenido en ETABS.*

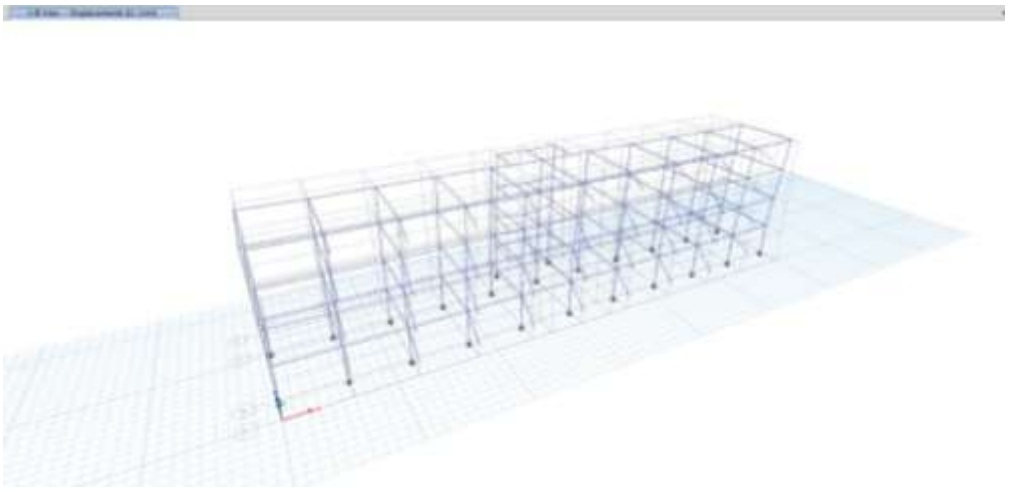
***Anexo 54.*** *Caso de carga muerta del Modelo 1 en el eje B obtenido en ETABS.*

***Anexo 55.*** *Caso de carga muerta del Modelo 1 en el eje C obtenido en ETABS.*

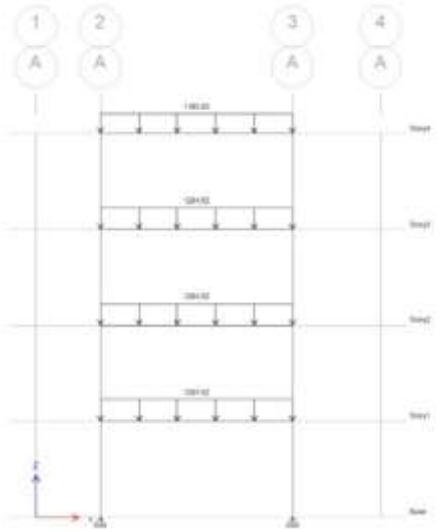
***Anexo 56.*** *Caso de carga viva del Modelo 1 en el eje B obtenido en ETABS.*

**Anexo 57.** Caso de carga viva del Modelo 1 en el eje A obtenido en ETABS.

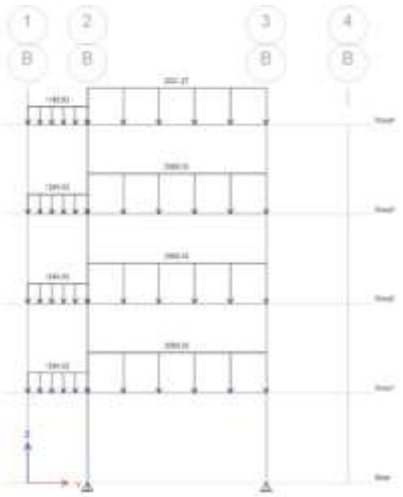
***Anexo 58.*** *Estructura del Modelo 1 realizado en Etabs.*



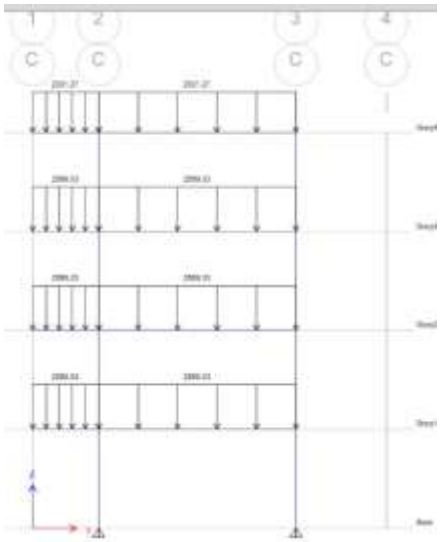
***Anexo 59.*** *Caso de carga muerta del Modelo 2 en el eje A obtenido en ETABS.*



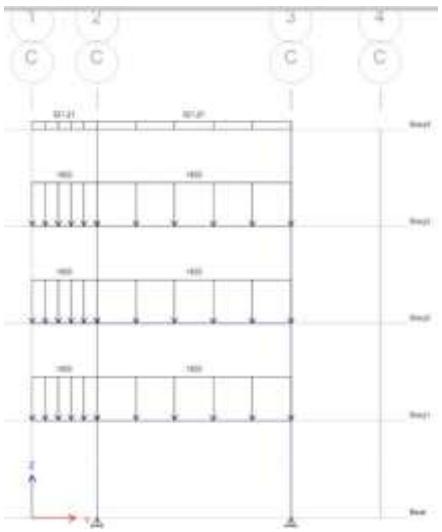

***Anexo 60.*** *Caso de carga muerta del Modelo 2 en el eje B obtenido en ETABS.*



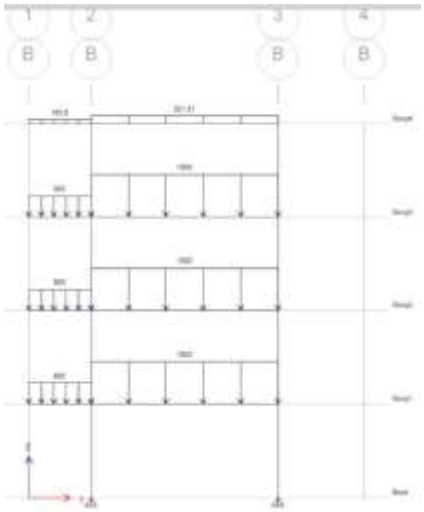

***Anexo 61.*** *Caso de carga muerta del Modelo 2 en el eje C obtenido en ETABS.*



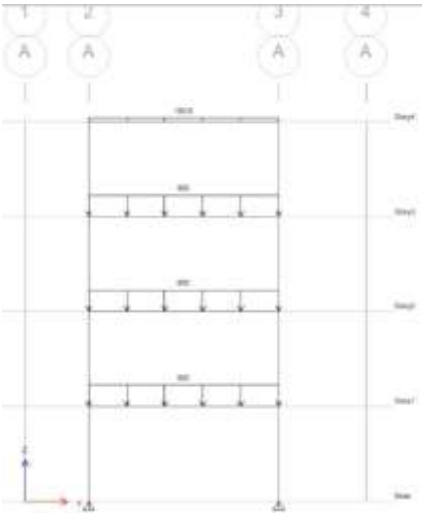
***Anexo 62.*** *Caso de carga viva del Modelo 2 en el eje C obtenido en ETABS.*



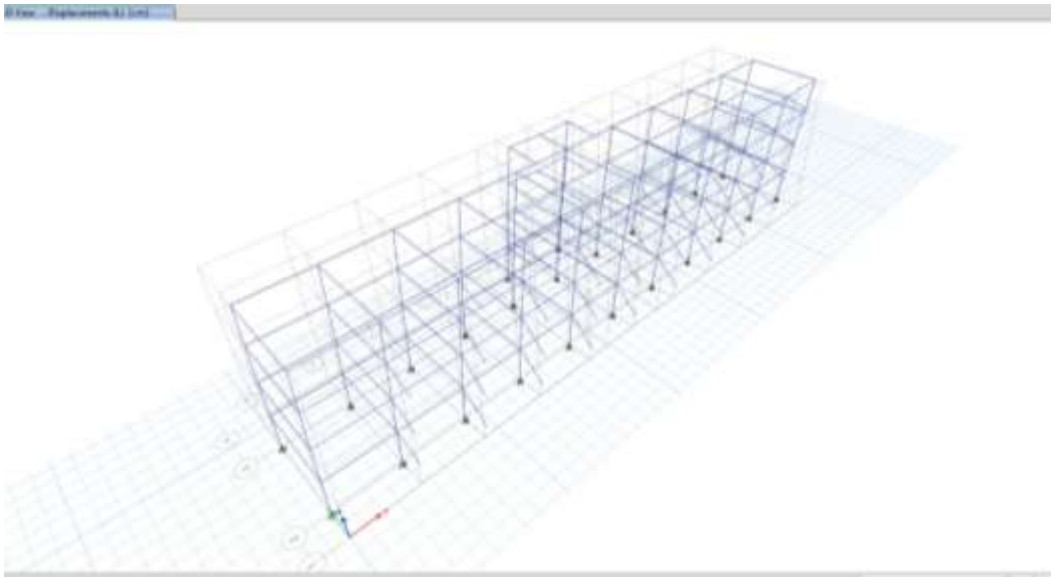

***Anexo 63.*** *Caso de carga viva del Modelo 2 en el eje B obtenido en ETABS.*



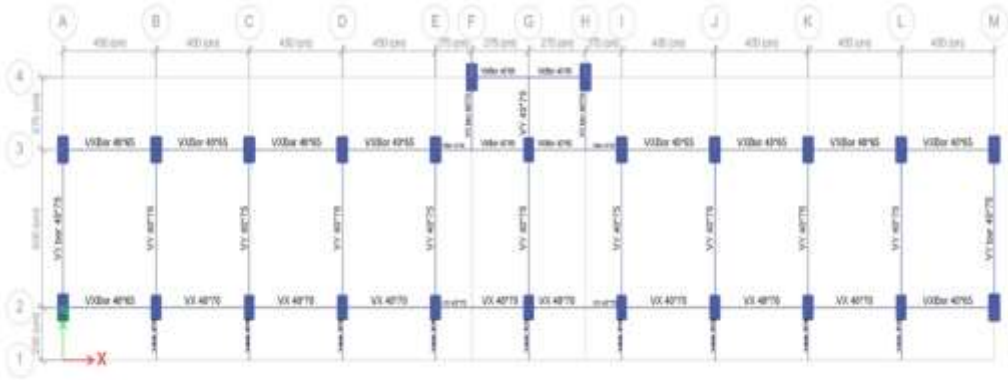

***Anexo 64.*** *Caso de carga viva del Modelo 2 en el eje A obtenido en ETABS.*



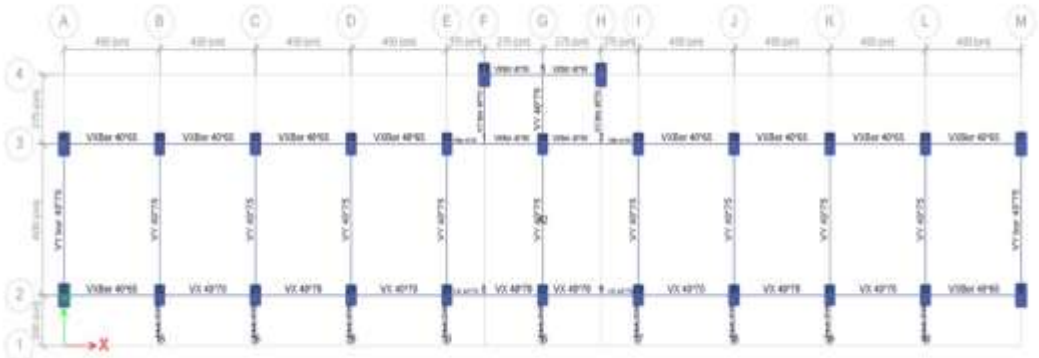
***Anexo 65.*** *Estructura del Modelo 2 realizado en Etabs.*



***Anexo 66.*** *Modelo estructural con el sistema de aligeramiento de bloque de pómez.*



***Anexo 67.*** *Modelo estructural con el sistema de aligeramiento de bloque de hormigón celular.*



***Anexo 68.*** *Análisis de precios unitarios modelo 1 y 2.*

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 1,00 UNIDAD: M3

DETALLE: COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO CENTRAL (C1) f'c = 240 Kg./cm²

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 15,49 |
| CONCRETERA | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 5,5305 | 6,99 |
| VIBRADOR | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 5,5305 | 6,99 |
| CORTADORA DOBLADORA | 0,25 | 3,00 | 0,75 | 5,5305 | 4,19 |
| SUBTOTAL M= | | | | | 33,66 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 1,00 | 4,52 | 4,52 | 5,5305 | 25,27 |
| AYUDANTE CAT. II | 3,00 | 4,23 | 12,69 | 5,5305 | 70,94 |
| OFICIAL CAT. I | 6,00 | 4,23 | 25,38 | 5,5305 | 141,89 |
| ALBAÑIL CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 5,5305 | 23,93 |
| CARPINTERO CAT III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 5,5305 | 23,93 |
| FIERRERO CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 5,5305 | 23,93 |
| SUBTOTAL N= | | | | | 309,89 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| CEMENTO TIPO I (50 KG) | saco | 7,50 | 8,50 | 63,75 |
| PIEDRA 3/4 | M3. | 0,95 | 23,00 | 21,85 |
| ARENA | M3. | 0,60 | 20,00 | 12,00 |
| AGUA | M3. | 0,20 | 3,00 | 0,60 |
| TABLAS DE ENCOFRADO | ML. | 29,00 | 1,00 | 29,00 |
| CUARTON DE ENCOFRADO | ML. | 20,00 | 0,88 | 17,50 |
| TIRAS DE ENCOFRADO | ML. | 5,00 | 0,63 | 3,13 |
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS | KG. | 150,00 | 1,34 | 201,00 |
| ALAMBRE RECOCIDO No. 18 Y CLAVOS | KG. | 7,50 | 2,25 | 16,88 |
| ADITIVO | KG. | 1,01 | 4,00 | 4,03 |
| SUBTOTAL O= | | | | 369,74 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P= | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 713,29 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00% | 106,99 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 71,33 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 891,61 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **891,61** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 4,00 UNIDAD: M3

DETALLE: LOSA DE HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm²

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 11,27 |
| CONCRETERA | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 3,00 | 3,75 |
| VIBRADOR | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 3,00 | 3,75 |
| ELEVADOR | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 3,00 | 3,75 |
| ENCOFRADO METALICO | 1,00 | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 15,00 |
| CORTADORA DOBLADORA | 0,25 | 3,00 | 0,75 | 3,00 | 2,25 |
| SUBTOTAL M= | | | | | 39,77 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 1,00 | 4,52 | 4,52 | 4,065 | 18,37 |
| AYUDANTE CAT. II | 3,00 | 4,23 | 12,69 | 4,065 | 51,58 |
| OFICIAL CAT. I | 6,00 | 4,23 | 25,38 | 4,065 | 103,17 |
| ALBAÑIL CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 4,065 | 17,40 |
| CARPINTERO CAT III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 4,065 | 17,40 |
| FIERRERO CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 4,065 | 17,40 |
| SUBTOTAL N= | | | | | 225,32 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| CEMENTO TIPO I (50 KG) | saco | 7,50 | 8,50 | 63,75 |
| PIEDRA 3/4 | M3. | 0,97 | 23,00 | 22,31 |
| ARENA | M3. | 0,60 | 20,00 | 12,06 |
| AGUA | M3. | 0,20 | 3,00 | 0,60 |
| ENCOFRADO DE MADERA (PERIMETRO) | GB. | 1,00 | 6,00 | 6,00 |
| ADITIVO IMPERMEABILIZANTE | KG. | 2,00 | 2,50 | 5,00 |
| CURADOR ANTISOL | KG. | 1,50 | 1,35 | 2,03 |
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS | KG. | 125,00 | 1,34 | 167,50 |
| ALAMBRE RECOCIDO No. 18 Y CLAVOS | KG. | 6,25 | 2,25 | 14,06 |
| SUBTOTAL O= | | | | 293,31 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| trasnsporte | | | | |
| SUBTOTAL P= | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 558,40 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00% | 83,76 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 55,84 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 698,00 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **698,00** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 5,00 UNIDAD: M2
DETALLE: BLOQUES DE HORMIGON CELULAR 15X20X40 cm. PARA LOSA

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 0,09 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 0,09 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 0,25 | 4,52 | 1,13 | 0,083 | 0,09 |
| AYUDANTE CAT. II | 1,00 | 4,23 | 4,23 | 0,083 | 0,35 |
| OFICIAL CAT. I | 3,00 | 4,23 | 12,69 | 0,083 | 1,05 |
| ALBAÑIL CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 0,083 | 0,36 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 1,85 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| BLOQUE DE HORMIGON CELULAR 40X20X15 | u | 8,00 | 1,08 | 8,63 |
| SUBTOTAL O = | | | | 8,63 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 10,57 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 1,59 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 1,06 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 13,22 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **13,22** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 7,00 UNIDAD: M3
DETALLE: VIGAS HORMIGON ARMADO f'c = 240 Kg./cm² (BORDE EJE 3 SENTIDO X)

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 6,40 |
| CONCRETERA | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 1,00 | 1,25 |
| VIBRADOR | 0,25 | 5,00 | 1,25 | 1,00 | 1,25 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 8,90 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 1,00 | 4,52 | 4,52 | 2,50 | 11,30 |
| AYUDANTE CAT. II | 2,00 | 4,23 | 8,46 | 2,50 | 21,15 |
| OFICIAL CAT. I | 6,00 | 4,23 | 25,38 | 2,50 | 63,45 |
| ALBAÑIL CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 2,50 | 10,70 |
| CARPINTERO CAT III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 2,50 | 10,70 |
| FIERRERO CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 2,50 | 10,70 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 128,00 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| CEMENTO TIPO I (50 KG) | saco | 7,50 | 8,50 | 63,75 |
| PIEDRA 3/4 | M3. | 0,85 | 23,00 | 19,55 |
| ARENA | M3. | 0,55 | 20,00 | 11,00 |
| AGUA | M3. | 0,25 | 3,00 | 0,75 |
| TABLAS DE ENCOFRADO | u | 2,00 | 1,00 | 2,00 |
| CUARTON DE ENCOFRADO | u | 1,00 | 3,50 | 3,50 |
| TIRAS DE ENCOFRADO | u | 1,00 | 2,50 | 2,50 |
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS | KG. | 130,00 | 1,34 | 174,20 |
| ALAMBRE RECOCIDO No. 18 Y CLAVOS | KG. | 2,00 | 2,25 | 4,50 |
| SUBTOTAL O = | | | | 281,75 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 418,65 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 62,80 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 41,87 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 523,32 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **523,32** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 11,00 UNIDAD: kg

DETALLE: ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (COLUMNAS CENTRALES C1)

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 0,02 |
| CORTADORA DOBLADORA | 0,25 | 3,00 | 0,75 | 0,0373 | 0,03 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 0,05 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 1,00 | 4,52 | 4,52 | 0,0373 | 0,17 |
| AYUDANTE CAT. II | 1,00 | 4,23 | 4,23 | 0,0373 | 0,16 |
| FIERRERO CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 0,0373 | 0,16 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 0,49 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS | KG. | 1,00 | 1,34 | 1,34 |
| ALAMBRE RECOCIDO No. 18 Y CLAVOS | KG. | 0,05 | 2,25 | 0,11 |
| SUBTOTAL O = | | | | 1,45 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 1,99 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 0,30 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 0,20 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 2,49 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **2,49** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 14,00 UNIDAD: kg

DETALLE: ACERO DE REFUERZO Fy=4200kg/cm² (VIGA BORDE EJE 3 SENTIDO X)

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 0,01 |
| CORTADORA DOBLADORA | 0,25 | 3,00 | 0,75 | 0,0192 | 0,01 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 0,02 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 1,00 | 4,52 | 4,52 | 0,0192 | 0,09 |
| AYUDANTE CAT. II | 1,00 | 4,23 | 4,23 | 0,0192 | 0,08 |
| FIERRERO CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 0,0192 | 0,08 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 0,25 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS | KG. | 1,00 | 1,34 | 1,34 |
| ALAMBRE RECOCIDO No. 18 Y CLAVOS | KG. | 0,015 | 2,25 | 0,03 |
| SUBTOTAL O = | | | | 1,37 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 1,64 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 0,25 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 0,16 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 2,05 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **2,05** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

RUBRO: 18,00 UNIDAD: M3
DETALLE: HORMIGON CELULAR (KV LITE-JAB)

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 0,3255 |
| Maquina generadora de esp | 1,0000 | 2,1450 | 2,1450 | 0,5000 | 1,0725 |
| Batidora manual | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3000 | 0,3000 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 1,6980 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Peon (estr.ocp. E2) | 3,0000 | 4,2300 | 12,6900 | 0,3000 | 3,8070 |
| Maestro (estr.ocp. C1) | 1,0000 | 4,5200 | 4,5200 | 0,0300 | 0,1356 |
| Albañil (estr.ocp. D2) | 2,0000 | 4,2800 | 8,5600 | 0,3000 | 2,5680 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 6,5106 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| CEMENTO TIPO 1(50kg) | saco | 7,7300 | 7,8600 | 60,7578 |
| Agua | M3 | 0,2000 | 1,0800 | 0,2160 |
| Espuma KV-LITE | lt | 0,0290 | 25,0000 | 0,7250 |
| Jaboncillo | gal | 0,1020 | 20,0000 | 2,0400 |
| SUBTOTAL O = | | | | 63,7388 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,0000 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 71,9474 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 10,7921 |
| OTROS INDIRECTOS ..... % | 10,00% | 7,1947 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 89,9342 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **89,94** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025

**BLOQUE DE 15X20X40**
**VOLUMEN M3**
**0,012**

**PRECIO UNITARIO DEL BLOQUE DE HORMIGON CELULAR**
**$ 1,08**

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 5,00 UNIDAD: M2
DETALLE: BLOQUES DE POMEZ 15X20X40 cm. PARA LOSA

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5 % M/O | | | | | 0,09 |
| SUBTOTAL M = | | | | | 0,09 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION (CATEGORIAS) | CANTIDAD A | JORNAL /HR B | COSTO HORA C=A*B | RENDIMIENTO R | COSTO D=C*R |
|---|---|---|---|---|---|
| MAESTRO DE OBRA CAT. I | 0,25 | 4,52 | 1,13 | 0,083 | 0,09 |
| AYUDANTE CAT. II | 1,00 | 4,23 | 4,23 | 0,083 | 0,35 |
| OFICIAL CAT. I | 3,00 | 4,23 | 12,69 | 0,083 | 1,05 |
| ALBAÑIL CAT. III | 1,00 | 4,28 | 4,28 | 0,083 | 0,36 |
| SUBTOTAL N = | | | | | 1,85 |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO UNIT. B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| BLOQUE DE POMEZ 40X20X15 | u | 8,00 | 0,50 | 4,00 |
| SUBTOTAL O = | | | | 4,00 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|---|---|---|---|---|
| SUBTOTAL P = | | | | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P) | | 5,94 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... | 15,00% | 0,89 |
| OTROS INDIRECTOS | 10,00% | 0,59 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 7,42 |
| **VALOR OFERTADO** | **$** | **7,42** |

La Libertad, 5 noviembre de 2025