



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



DEPARTAMENTO  
DE INGENIERÍA DE  
LA CONSTRUCCIÓN  
Y DE PROYECTOS DE  
INGENIERÍA CIVIL

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DEL HORMIGÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO ACADÉMICO 2021/2022

ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS  
DE CONTRUCCIÓN HORMIGONADO IN  
SITU Y PREFABRICADO. APLICACIÓN A  
UNA UNIDAD DE EDUCACIÓN EN  
BOLIVIA.

**Autor/a:** Cristian Mario Estrada Plata

**Tutor/a:** Moragues Terrades Juan José

**Cotutor/a:**

Valencia, Noviembre de 2021

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA  
CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



**MUIH**

## **AGRADECIMIENTOS**

En principio quiero agradecer a mi familia, sobre todo a mis padres por apoyarme durante el largo proceso que implicó mis estudios en el Máster en Ingeniería del Hormigón, como también durante el proceso de elaboración del presente TFM. El camino no fue sencillo debido a la aparición de la pandemia que trajo tanto dolor a distintas familias en el mundo, no solo desde el punto de vista de salud sino también desde el punto de vista económico.

Agradezco también a mi tutor de TFM Juan José Moragues por la guía, ayuda y paciencia que otorgo durante la elaboración del trabajo. Muchas gracias por acordarse de mi persona a pesar de ausentarme por varios periodos debido a problemas familiares y personales.

Agradezco a todos los maravillosos docentes del Master en Ingeniería del hormigón, ahora se con exactitud gracias a todos ustedes, que tipo de profesional y docente aspiro a ser en un futuro. Mención especial a Carmen por todo el apoyo y cariño mostrado a los estudiantes del Master.

Por ultimo agradezco a todos mis compañeros del Master que a pesar de las circunstancias y restricciones debido a la pandemia siempre estuvieron presentes.



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis comparativo entre los métodos constructivos hormigón prefabricado y vaciado in situ. Se adoptó una unidad educativa construida en Bolivia de cuya fase de ejecución forme parte. El interés fundamental del trabajo radica en la posibilidad de aplicación de hormigón prefabricado en Bolivia, tomando en cuenta que la aplicación de prefabricación en el país actualmente es mínima, por lo tanto cualquier investigación referente a la aplicación de prefabricación permite empezar a generar información base para una futura aplicación.

Se realizaron tres modelaciones de la estructura, la primera de hormigón armado con acción de viento, la segunda de hormigón prefabricado con acción de viento y la tercera de hormigón prefabricado con acción sísmica. De manera que las primeras dos modelaciones sirvan para realizar una comparativa entre ellas y la tercera modelación sea la representación constructiva de la estructura.

Se adoptaron losas LH/22 marca PRETESA fabricada en Bolivia cuya utilización no es muy conocida en el medio aun. Se utilizó un coeficiente de empotramiento de 25% para la modelación de las losas mediante el programa CYPECAD con la licencia temporal otorgada por la Universidad Politécnica de Valencia. La modelación permitió disminuir los esfuerzos negativos en el apoyo losa -viga y así evitar la sobreutilización de refuerzo negativo en las losas.

Se utilizaron nudos rígidos en la modelación debido a la actividad sísmica presentada en la zona de emplazamiento, por lo cual los nudos de unión viga columna serán vaciados in situ. De igual forma las zapatas fueron proyectadas vaciadas in situ para asegurar una correcta ejecución en la cimentación y que a su vez permite la utilización de tubos de espera corrugados para mejorar la facilidad en la unión columna - zapata.

Para el análisis comparativo se tomó en cuenta los costos de ejecución, emisiones de CO<sub>2</sub>, impacto social y cronograma de ejecución. Los resultados mostraron que la aplicación de hormigón prefabricado puede representar una disminución en emisiones de CO<sub>2</sub> de 3,15% a pesar de necesitar un incremento de materiales de 18.15% para el cemento y 5,55% en el acero.

Desde el punto de vista económico el hormigón prefabricado puede representar un incremento de 1,05% al monto total de la unidad educativa, sin embargo a su vez se muestra un incremento en la velocidad de ejecución del 36,81%, lo cual con el tiempo puede traducirse en mayores ingresos económicos.

De igual forma el incremento de la puntuación en la evaluación social incrementa considerablemente a favor del hormigón prefabricado con un porcentaje igual a 33,87%, debido principalmente a la mejora en seguridad, estabilidad y desarrollo laboral.

## INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. ANTECEDENTES .....	2
1.4. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO Y METODOLOGÍA .....	7
CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE.....	9
2.1. PREFABRICACIÓN EN BOLIVIA .....	9
2.2. SISTEMAS DE PREFABRICACION PARA UNIDADES EDUCATIVAS .....	11
2.2.1. Sistemas esqueleto .....	12
2.2.2. Sistemas de paneles .....	13
2.2.3. Tipos de losa prefabricada .....	14
2.3. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL FRENTE A ACCIONES HORIZONTALES ...	17
2.4. CONEXIONES EN HORMIGÓN PREFABRICADO.....	21
2.4.1. Conexiones para esfuerzos a compresión .....	22
2.4.2. Conexiones para esfuerzos de tracción .....	23
2.4.3. Conexiones para esfuerzos a cortante .....	25
2.4.4. Conexiones para esfuerzos a flexión .....	26
2.4.5. Conexiones para esfuerzos a torsión. ....	29
2.4.6. Conexiones rígidas con vaciado in situ.....	29
2.5. SITUATION SÍSMICA EN BOLIVIA .....	33
2.6. MODULACIÓN Y GEOMETRÍA INICIAL .....	35
CAPITULO 3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	37
3.1. ANÁLISIS GEOMÉTRICO. ....	37
3.1.1. Columnas de esquema inicial .....	37
3.1.2. Vigas de arriostre esquema inicial .....	39
3.1.3. Vigas esquema inicial .....	41
3.1.4. Losas esquema inicial .....	44
3.1.5. Escalera esquema inicial .....	46
3.1.6. Conexiones en esquema inicial.....	47
3.2. MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	48
3.2.1. Parámetros de diseño.....	48

3.2.2. Parámetros para acción de viento .....	50
3.2.3. Parámetros para acción de sismo .....	51
3.2.4. Geometría final de la estructura .....	56
3.2.5. Detalles constructivos.....	61
<b>CAPITULO 4. ANALISIS COMPARATIVO BAJO FACTORES DE SOSTENIBILIDAD Y CRONOGRAMA .....</b>	<b>68</b>
4.1. VOLUMENES Y DESPERDICIOS .....	68
4.2. CANTIDAD DE ENCOFRADO .....	71
4.3. TRANSPORTE DE MATERIALES .....	72
4.4. CÁLCULO EMISIONES DE CO2 .....	77
4.5. COSTOS DE EJECUCIÓN .....	78
4.6. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN .....	82
4.7. EVALUACIÓN SOCIAL.....	83
4.8. RESUMEN ANÁLISIS COMPARATIVO .....	86
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE TRABAJO.....</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>92</b>

## ANEJOS

- ANEJO 1. CUANTÍAS DE OBRA.
- ANEJO 2. JUSTIFICACIÓN ACCIÓN DE VIENTO.
- ANEJO 3. JUSTIFICACIÓN ACCIÓN DE SISMO.
- ANEJO 4. P.U. DE FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

## PLANOS

- GRUPO 1. PLANOS DE EMPLAZAMIENTO.
- GRUPO 2. PLANOS DE ARMADO.
- GRUPO 3. PLANOS CON DETALLES CONSTRUCTIVOS.

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Vista en proyección U.E. San Gabriel .....	2
Imagen 2: Vista en Planta U.E. San Gabriel .....	3
Imagen 3: Losas nervadas San Gabriel .....	4

Imagen 4: U.E. San Gabriel vista lateral .....	6
Imagen 5: U.E. San Gabriel vista frontal .....	6
Imagen 6: U.E. San Gabriel vista posterior.....	7
Imagen 7: Planta CONCRETEC 1992.....	9
Imagen 8: Losa hueca Alveolar PRETENSA .....	10
Imagen 9: Panel prefabricado CONSTRUPANEL .....	10
Imagen 10: Sistema esqueleto (Kingston University) .....	11
Imagen 11: Sistema de Paneles (Cowes School) .....	11
Imagen 12: Ilustración del sistema esqueleto .....	12
Imagen 13: Ilustración del sistema de paneles.....	13
Imagen 14: Tipos sistemas de paneles .....	14
Imagen 15: Aplicación de losas en volado .....	16
Imagen 16: Tipos comunes de escaleras prefabricadas.....	16
Imagen 17: Ejemplo sistema esqueleto portal.....	17
Imagen 18: Ejemplo sistema esqueleto con losa y muro.....	18
Imagen 19: Ejemplo de atado con armadura de refuerzo.....	19
Imagen 20: Ejemplo de nudo rígido vaciado in situ .....	20
Imagen 21: Ejemplo nudo rígido atornillado .....	20
Imagen 22: Ejemplo general de conexiones.....	21
Imagen 23: Apoyos para esfuerzos a compresión .....	22
Imagen 24: Apoyo losa - viga .....	23
Imagen 25: Conexión a tracción en losas .....	23
Imagen 26: Combinación de acción de pernos con barras de acero.....	24
Imagen 27: Ejemplos de conexiones a tracción .....	24
Imagen 28: Ejemplo de conexiones a cortante .....	25
Imagen 29: Ejemplos transmisión de corte mediante pasadores .....	26
Imagen 30: Ejemplos de conexiones a flexión.....	27
Imagen 31: Ejemplos unión columna-columna y viga-columna .....	28
Imagen 32: Ejemplo unión losa viga.....	28
Imagen 33: Ejemplo de conexión a torsión.....	29
Imagen 34: Vaciado in situ para losas y vigas.....	29
Imagen 35: Nudo rígido viga en "U" .....	30
Imagen 36: Nudo rígido intermedio.....	31

Imagen 37: Edificio Ñuñoz HORMIPRET.....	32
Imagen 38: Centro de distribución Danco TENSOCRET .....	32
Imagen 39: Sismo en Aiquile 1998 .....	33
Imagen 40: Mapa probabilístico para 475 años .....	34
Imagen 41: Ejemplo de esquema preliminar.....	36
Imagen 42: Columnas vista en planta .....	38
Imagen 43: Columnas preliminares vista 3D.....	39
Imagen 44: Vigas de arriostre vista en planta.....	40
Imagen 45: Detalle viga de arriostre preliminar .....	40
Imagen 46: Vigas de arriostre preliminares vista 3D .....	41
Imagen 47: Vigas planta tipo .....	42
Imagen 48: Vigas cubierta bloque administración-taller.....	42
Imagen 49: Vigas cubierta bloque Aulas .....	43
Imagen 50: Vigas preliminares vista en 3D .....	43
Imagen 51: Detalle vigas preliminares.....	44
Imagen 52: Losas vista en planta .....	44
Imagen 53: Losas preliminares vista 3D .....	45
Imagen 54: Detalle losa preliminar .....	46
Imagen 55: Detalle escalera preliminar.....	46
Imagen 56: Escalera preliminar vista 3D.....	47
Imagen 57: Ejemplo 2, nudo rígido .....	47
Imagen 58: Espectro de diseño sísmico .....	53
Imagen 59: Disposición de columnas con acción sísmica.....	54
Imagen 60: Desplazamiento en X, modo 1 y 2.....	55
Imagen 61: Desplazamiento en Y, modo 3 y 15 .....	55
Imagen 62: Detalle vigas no rectangulares.....	58
Imagen 63: Modelación A) HoAo + viento .....	59
Imagen 64: Modelación B) HoPref. + viento .....	59
Imagen 65: Modelación C) HoPref. + sismo .....	60
Imagen 66: Modelación ménsulas .....	60
Imagen 67: Replanteo 1er Nivel .....	61
Imagen 68: Replanteo vigas 1er nivel.....	62
Imagen 69: Emplazamiento pórtico 11 y 12 .....	62

Imagen 70: Detalle constructivo unión columna- zapata.....	63
Imagen 71: Detalle de armado en losas.....	64
Imagen 72: Detalle 3D de armado en losas.....	65
Imagen 73: Detalle unión Viga columna.....	66
Imagen 74: Detalle armado viga cubierta pórtico 18 y 19.....	67
Imagen 75: Detalle armado viga 2do nivel pórtico 19 y 20.....	67
Imagen 76: Distancia de agregados a fábricas de materiales.....	72
Imagen 77: Distancia fábricas de materiales a Obra.....	72
Imagen 78: Lowboy para transporte de columnas.....	73
Imagen 79: Inicio transporte Prefabricado.....	74
Imagen 80: Recorrido transporte Prefabricado.....	75
Imagen 81: Final transporte Prefabricado.....	76
Imagen 82: Cronograma HoAo Vaciado in situ.....	82
Imagen 83: Cronograma Ho Prefabricado.....	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Guía longitudes de vigas y columnas.....	13
Tabla 2: Tamaño y peso tipos de Losas prefabricadas.....	15
Tabla 3: Parámetros de diseño.....	48
Tabla 4: Parámetros acción de viento.....	51
Tabla 5: Parámetros acción sísmica.....	52
Tabla 6: Resumen Geometría final.....	56
Tabla 7: Volúmenes modelación.....	68
Tabla 8: % Desperdicios utilizados.....	69
Tabla 9: Volúmenes con desperdicios.....	70
Tabla 10: Volúmenes encofrados.....	71
Tabla 11: Transporte de materiales.....	73
Tabla 12: Parámetros y factores de emisión.....	77
Tabla 13: Emisiones de CO2.....	78
Tabla 14: P.U. Fabricación columna prefabricada.....	79
Tabla 15: P.U. Implementación columna prefabricada.....	80
Tabla 16: Costos totales.....	81

Tabla 17: Evaluación de Recursos humanos internos.....	84
Tabla 18: Evaluación de Desempeño macrosocial .....	85
Tabla 19: Resumen análisis comparativo.....	87

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El sistema prefabricado de hormigón es un método de diseño y construcción de estructuras muy utilizada en países desarrollados debido a la posibilidad de industrialización de los elementos que contemplan la estructura, lo cual permite disminuir el tiempo de ejecución por su rapidez de montaje como también la fabricación de los elementos. También puede significar una disminución en los costos de proyecto por compensación de los costos de fabricación y montaje con los costos de ejecución, sin embargo los costos estarán directamente relacionados al tipo de proyecto a realizarse.

Aproximadamente el 10% de las construcciones en España son prefabricadas, cifra que va en aumento cada año, por lo cual encontrar proyectos de construcción prefabricados de hospitales, edificaciones, escuelas, naves industriales, etc. es muy normal, algo muy opuesto en el país de Bolivia donde casi el 100% de las construcciones de hormigón son de método tradicional de hormigonado in situ.

Si bien pensar en industrialización en Bolivia es aún muy pronto, también es cierto que muchos de los programas de proyectos de construcción impulsados por el gobierno son proyectos tipo, construcciones con un mismo fin y con características tanto arquitectónicas como estructurales muy parecidas. Como es el caso del programa de construcciones de Unidades Educativas desarrollados desde el año 2015, con al menos 10 Unidades Educativas con una arquitectura muy similar, los cuales de haber existido las bases necesarias podrían tal vez haber sido construidas mediante sistemas de hormigón prefabricado, disminuyendo tiempos de ejecución a gran escala.

En este Trabajo de Fin de Master se propondrá un análisis comparativo entre una de las Unidades Educativas ya construidas con un sistema tradicional in situ, con un diseño de la misma estructura pero con un sistema de hormigón prefabricado.

## **1.1. OBJETIVOS**

Realizar un análisis comparativo de una Unidad Educativa construida en Bolivia con el método tradicional de vaciado in situ, con un nuevo diseño de hormigón prefabricado, cumpliendo los siguientes puntos:

- Realizar el diseño de todos los bloques y niveles de la Unidad Educativa bajo tres modelaciones. Hormigón armado con acción de viento, Hormigón Prefabricado con acción de viento y Hormigón prefabricado con acción sísmica.
- Determinación de tiempos de ejecución, cronograma, costo y emisión de CO<sub>2</sub>.
- Realizar una comparación bajo factores de sostenibilidad y tiempo de ejecución entre las modelaciones de hormigón armado con acción de viento y prefabricado con acción de viento.



- Planos de detalle constructivo de la modelación Hormigón prefabricado con acción sísmica.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El diseño de estructuras de hormigón con nuevos métodos es un avance a pequeña escala en el desarrollo tecnológico de Bolivia. Una comparativa con un proyecto ya construido permitiría apreciar las bondades y dificultades de la aplicación de estructuras de hormigón prefabricado en el país. Si bien es cierto que aplicar un nuevo método de diseño y construcción de países industrializados a un país en vías de desarrollo no es muy sencillo, el hecho de que se empiecen a realizar diseños y comparaciones aplicados a Bolivia, permite establecer los primeros peldaños en nuestro largo camino a la industrialización.

## **1.3. ANTECEDENTES**

La unidad educativa seleccionada para la comparación, es la U.E. Técnico Humanístico San Gabriel mostrada en la imagen 1, ubicado en la provincia de Tiquipaya del departamento de Cochabamba el cual pertenece a un paquete de proyectos tipo aplicado en distintos puntos del país. Se tiene a disposición los planos constructivos y costos de esta unidad educativa para realizar la comparativa.

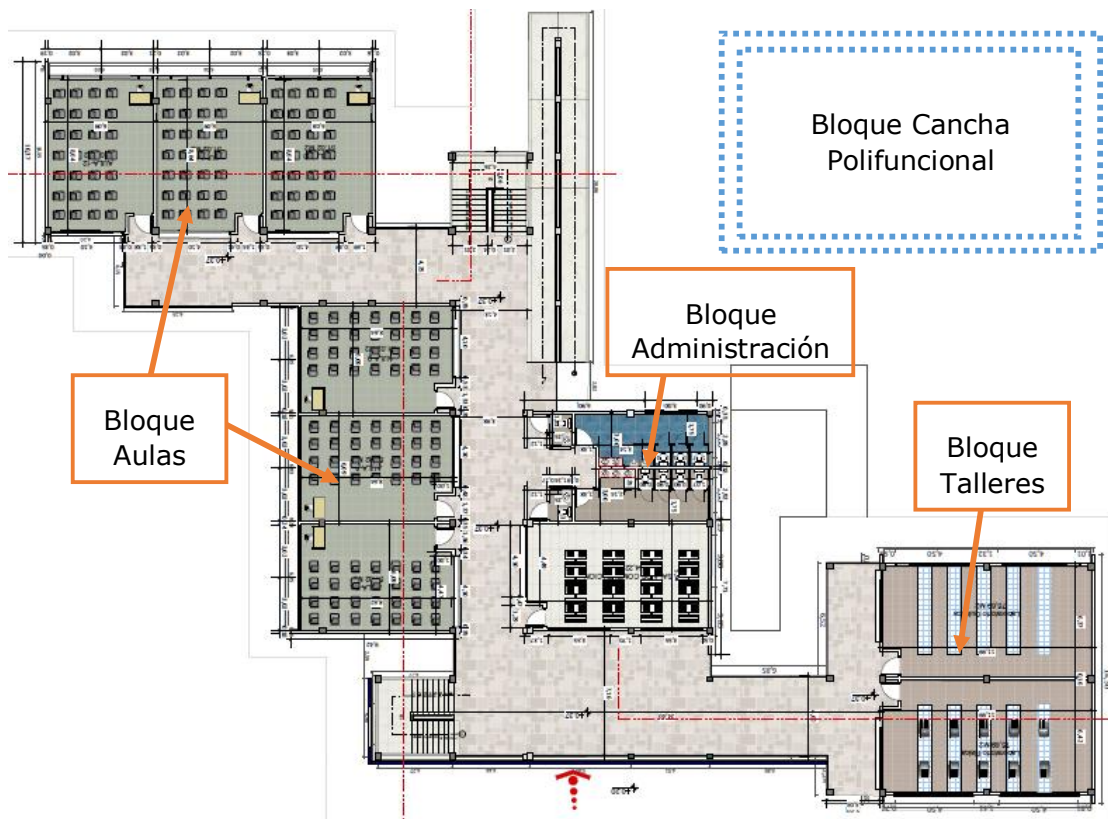
***Imagen 1: Vista en proyección U.E. San Gabriel***



Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel

El proyecto consistió en la construcción de 4 bloques, bloque Aulas de 3 niveles, bloque administrativo de 2 niveles, Bloque talleres de 2 niveles y bloque de cancha polifuncional. El área de construcción fue de 2298 m<sup>2</sup>, sin embargo el área del predio fue de 6063m<sup>2</sup> lo cual permitió contar con el espacio suficiente para la instalación de faenas y depósito de materiales.

**Imagen 2: Vista en Planta U.E. San Gabriel**

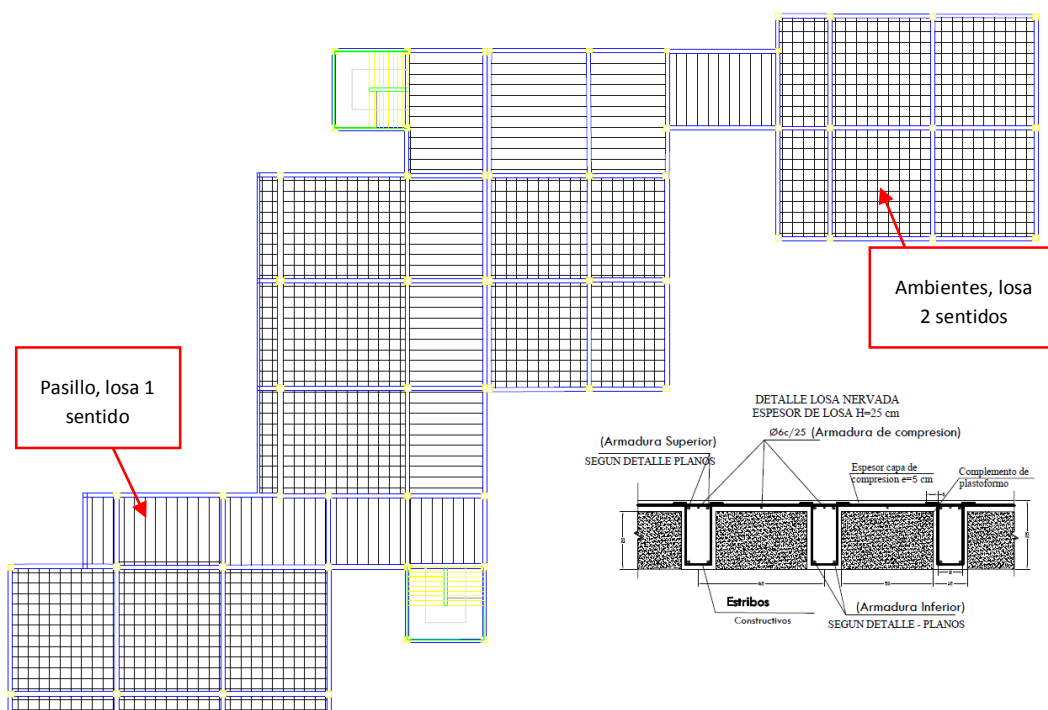


Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel

En la imagen 2 se muestra la disposición de los ambientes en sus respectivos bloques, Se hace notar que la rampa de acceso a los niveles fue construida en el espacio entre las aulas y las escaleras. Se puede apreciar que la estructura es bastante regular, la mayoría de las vigas en los ambientes tienen luces iguales.

El diseño estructural fue elaborado mediante el software CYPECAD, en base a la Norma Boliviana CBH-87 [1], todos los elementos fueron proyectados de hormigón armado, incluyendo las losas las cuales fueron proyectadas de losa aligerada nervada en 1 sentido para los pasillos o corredores y en 2 sentidos para los ambientes de aulas, administración y talleres como se aprecia en la imagen 3. El bloque de la Cancha polifuncional, el cual es estructura metálica con fundaciones de hormigón armado.

**Imagen 3: Losas nervadas San Gabriel**



Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel

Las características de los materiales en la modelación fueron las siguientes:

- Capacidad portante del terreno 0.1MPa a 1.5m desde el nivel del terreno natural.
- Resistencia cilíndrica del hormigón armado  $f'c = 21\text{MPa}$ .
- Peso específico del hormigón armado:  $25\text{KN/m}^3$ .
- Módulo de elasticidad del hormigón:  $E_{cm} = 30279.03\text{ MPa}$ .
- Resistencia característica del acero:  $f_y = 420\text{ MPa}$ .
- Módulo de elasticidad del acero:  $E_s = 210000\text{MPa}$ .
- Peso específico del hormigón simple:  $22\text{KN/m}^3$ .
- Peso específico mampostería de ladrillo:  $16\text{KN/m}^3$ .

Aparte del peso propio de la estructura, Las cargas permanentes y sobrecargas consideradas fueron basadas en las cargas mínimas recomendadas en la ASCE/SEI 7-05 [2], al igual que la carga de viento.

Cargas permanentes:

- Contrapiso:  $1,2\text{ KN/m}^2$ .
- Peso cerámica:  $1,10\text{KN/m}^2$ .
- Cielo raso:  $0,44\text{ KN/m}^2$ .
- Baranda metálica en corredores:  $0,96\text{KN/m}$ .
- Mampostería de ladrillo sobre vigas:  $6,1\text{ KN/m}$

### Sobrecargas:

- Salón de clases: 2KN/m<sup>2</sup>.
- Corredores: 4,8KN/m<sup>2</sup>.
- Salón de lectura Biblioteca: 2,9KN/m<sup>2</sup>.
- Salón de archivos biblioteca: 7,3KN/m<sup>2</sup>
- Escaleras: 5KN/m<sup>2</sup>.
- Sobrecarga de cubierta sobre viga: 3KN/m
- Viento: 0,46KN/m<sup>2</sup>.

Las combinaciones de carga fueron basadas en la ACI 318-08M [3]:

- 1,4D
- 1,4D+1,6L
- 1,2D+1L±1,6W
- 1,2D±0,8W
- 0,9D±1,6W

Factores de seguridad de los materiales:

- Hormigón:  $\gamma_c=1,5$
- Acero:  $\gamma_s=1,15$

Las zapatas fueron tipo aisladas rectangulares de largo y ancho variable pero en su mayoría con canto de 0,4 metros. Las losas fueron aligeradas nervadas en doble sentido, a excepción de los corredores donde fueron armadas en un solo sentido, en ambos casos con un canto de 0,25 metros. La mayoría de las columnas fueron construidas con secciones de 0,4x0,4 metros en la planta baja en el bloque Aulas y un cambio de sección a 0,35x0,35 metros en el último nivel. Mientras que en administración y talleres las secciones fueron de 0,35x0,35 metros en su mayoría. Las vigas de todos los tuvieron una sección en su mayoría de 0,25x0,6 metros con un cambio a 0,2x0,6 metros en el último nivel. La cota de nivel a nivel fue de 3,5 metros. En las imágenes 4, 5 y 6 se verán imágenes de la construcción de la Unidad Educativa Finalizada.

***Imagen 4: U.E. San Gabriel vista lateral***



Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel

***Imagen 5: U.E. San Gabriel vista frontal***



Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel



**Imagen 6: U.E. San Gabriel vista posterior**



Fuente: Proyecto U.E. Técnico Humanístico San Gabriel

#### **1.4. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO Y METODOLOGÍA**

El documento se dividió para su desarrollo en los siguientes capítulos:

- **Capítulo I.- Introducción:** Donde se plantea una descripción general del hormigón prefabricado en Bolivia, los objetivos del TFM, la justificación y los antecedentes del proyecto de la Unidad Educativa escogida para el diseño y comparación.
- **Capítulo II.- Estado del arte:** Donde se expone toda la bibliografía, conceptos, referencias a normas, utilizadas para la elaboración del TFM.
- **Capítulo III.- Diseño de la estructura:** En este apartado se realizó el diseño de la Unidad Educativa como estructura de hormigón prefabricado, mediante los siguientes pasos:
  - Análisis geométrico en planta de las vigas, columnas, losas y fundaciones para uniformizar elementos de las mismas características geométricas en el diseño de elementos prefabricados.
  - Modelación de la estructura en base a la norma Boliviana de concreto y obtención de los esfuerzos de cálculo necesarios para el diseño de los elementos prefabricados.
  - Diseño de los elementos de hormigón prefabricados y detalle de uniones.
- **Capítulo IV.- Análisis comparativo bajo factores de sostenibilidad y cronograma:** En este capítulo se determinaron los costes por m<sup>3</sup> de hormigón, se determinaron las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto de la estructura de hormigón armado como la diseñada de hormigón prefabricado y por último se desarrolló un cronograma de ejecución de obra para obtener los tiempos de construcción. Todo con el fin de realizar posteriormente

el análisis comparativo entre hormigón armado in situ y hormigón prefabricado para evaluar ambos casos.

- **Capítulo V.- Conclusiones y futuras líneas de trabajo:** En este apartado se muestran los resultados del análisis comparativo, opiniones del autor y recomendaciones del mismo.

## CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1. PREFABRICACIÓN EN BOLIVIA

La historia de la prefabricación de elementos de hormigón inicia desde 1992 con las empresas CONCRETEC (*ver imagen 7*), PRETENSA y HORMIPRET fabricando viguetas pretensadas para construcción de losas alivianadas en un sentido. Posteriormente se sumarian nuevas empresas como PREFORTE, SOBOCE Y CONSTRUPANEL a partir del año 2014. En la actualidad todas las empresas mencionadas expandieron su catálogo a más elementos prefabricados, como muros, postes, cámaras de inspección, bordillos, zapatas base para cimientos corridos.

**Imagen 7: Planta CONCRETEC 1992**



Fuente: [www.concretec.com.bo](http://www.concretec.com.bo)

Es bueno destacar que PRETENSA inicio la fabricación de Losas huecas (Alveolares) alrededor del 2016 (*ver imagen 8*) abriendo la posibilidad de construcciones con losas totalmente prefabricadas intentando competir con las típicas viguetas pretensadas que siguen siendo muy utilizadas en Bolivia. Paralelamente la empresa CONSTRUPANEL inició la fabricación de paneles prefabricados para edificación, las cuales empezaron a ser utilizadas en las urbanizaciones de Urubó – Santa Cruz en viviendas de 1 a 2 niveles (*ver imagen 9*).



**Imagen 8: Losa hueca Alveolar PRETENZA**



Fuente: [www.pretensa.com](http://www.pretensa.com)

Si bien la variedad de elementos prefabricados es aún limitado al no contar con columnas, zapatas aisladas o vigas prefabricadas. El hecho de que ya se pueda contar con paneles y losas prefabricadas demuestra el lento crecimiento a la industrialización de hormigón. De igual forma aún no se tiene construcciones de impacto con elementos prefabricados en Bolivia, al no contar con construcciones con elementos totalmente prefabricados. Sin embargo poco a poco se da más oportunidad al hormigón prefabricado, sobre todo en construcción de urbanizaciones por su rapidez constructiva.

**Imagen 9: Panel prefabricado CONSTRUPANEL**



Fuente: [www.construpanel.com.bo](http://www.construpanel.com.bo)

## 2.2. SISTEMAS DE PREFABRICACION PARA UNIDADES EDUCATIVAS

Desde un punto de vista de configuración espacial de los elementos prefabricados, existen tres sistemas: a base de elementos lineales o sistemas de esqueleto, sistemas de paneles o sistemas celulares (también denominados modulares). De los cuales los sistemas esqueleto (*ver imagen 10*) y sistemas paneles (*ver imagen 11*) son los normalmente utilizados en Unidades Educativas, esto debido a que las luces de vigas y losas se encuentran de 8 a 12 metros, pudiendo incrementarse a 24 en el caso de Universidades. Con sobrecargas de uso de 3 a 5 KN/m<sup>2</sup>.

**Imagen 10: Sistema esqueleto (Kingston University)**



Universidad Kingston de London, nivel 6

Fuente: [www.banaguerprecast.com](http://www.banaguerprecast.com)

**Imagen 11: Sistema de Paneles (Coves School)**



Colegio de Coves, Isla Wight, UK

Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En Bolivia es muy común utilizar mampostería de ladrillo en prácticamente toda estructura de edificación. El sistema de esqueleto permite la utilización de la mampostería de ladrillo como se puede ver en la imagen de la Universidad de Kingston. Sin embargo la utilización de paneles para estructuras de luces no superiores a 12 metros puede ser más práctico.

### **2.2.1. Sistemas esqueleto**

El sistema consiste en columnas rectangulares o circulares con vigas T invertidas conectadas mediante vaciado in situ en espacios prediseñados para las uniones o nudos. Este sistema es utilizado normalmente en edificios de mediana altura sin embargo es posible utilizarlos para mayores alturas en zonas sin sismicidad.

Como su nombre lo indica las columnas, vigas y losa prefabricada forman el esqueleto de la estructura. Este sistema permite diferentes posibilidades en la arquitectura del proyecto. El interior puede adoptar geometrías de grandes espacios (*ver imagen 12*).

***Imagen 12: Ilustración del sistema esqueleto***



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

Las columnas por lo general tienen una altura de dos o tres niveles, mayores longitudes solo son posibles si se tienen las condiciones necesarias para el transporte de las piezas y el colocado de las mismas, como también la necesidad de construir un núcleo rigidizante. Según el FIB bulletin 74 [4] que habla sobre planificación en prefabricados, las dimensiones de las piezas del sistema esqueleto pueden variar dependiendo la necesidad del proyecto (*ver tabla 1*).

**Tabla 1: Guía longitudes de vigas y columnas**

<b>Elemento</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Optimo</b>	<b>Máximo</b>
Luces para vigas	5	6-10	15
Longitudes para losas	6	7-16	18-20
Altura columnas	3-4	6-12	20-25

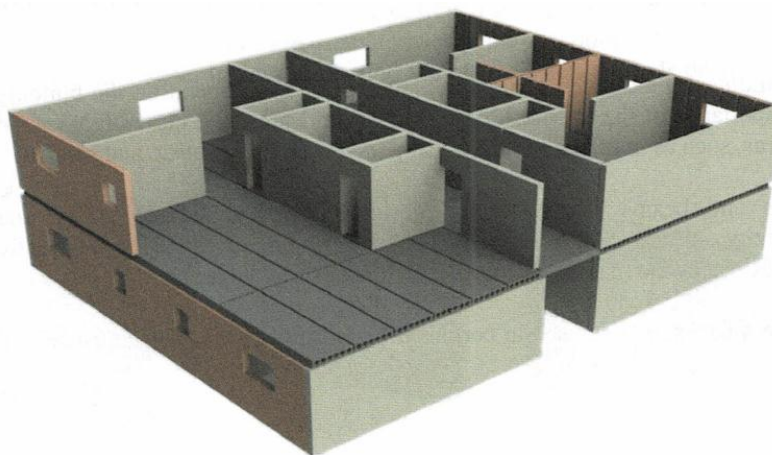
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

### **2.2.2. Sistemas de paneles**

Los sistemas de paneles son fabricados por lo general en hormigón armado, muy rara vez se utiliza pretensado, La altura habitual es de piso a piso en edificaciones y el largo varía de 4 a 14 metros. Se utilizan espesores mínimos de 80 milímetros si es panel sin sobrecarga y de 150 a 200 milímetros para paneles que soportan carga.

El sistema de paneles es normalmente utilizado en viviendas y apartamentos, donde la geometría de la estructura demanda muchos muros internos y externos. Los paneles exteriores pueden ser autoportantes de manera que no reciben sobrecarga solo trabajan a peso propio, es común en paneles para fachada (*ver imagen 13*).

**Imagen 13: Ilustración del sistema de paneles**



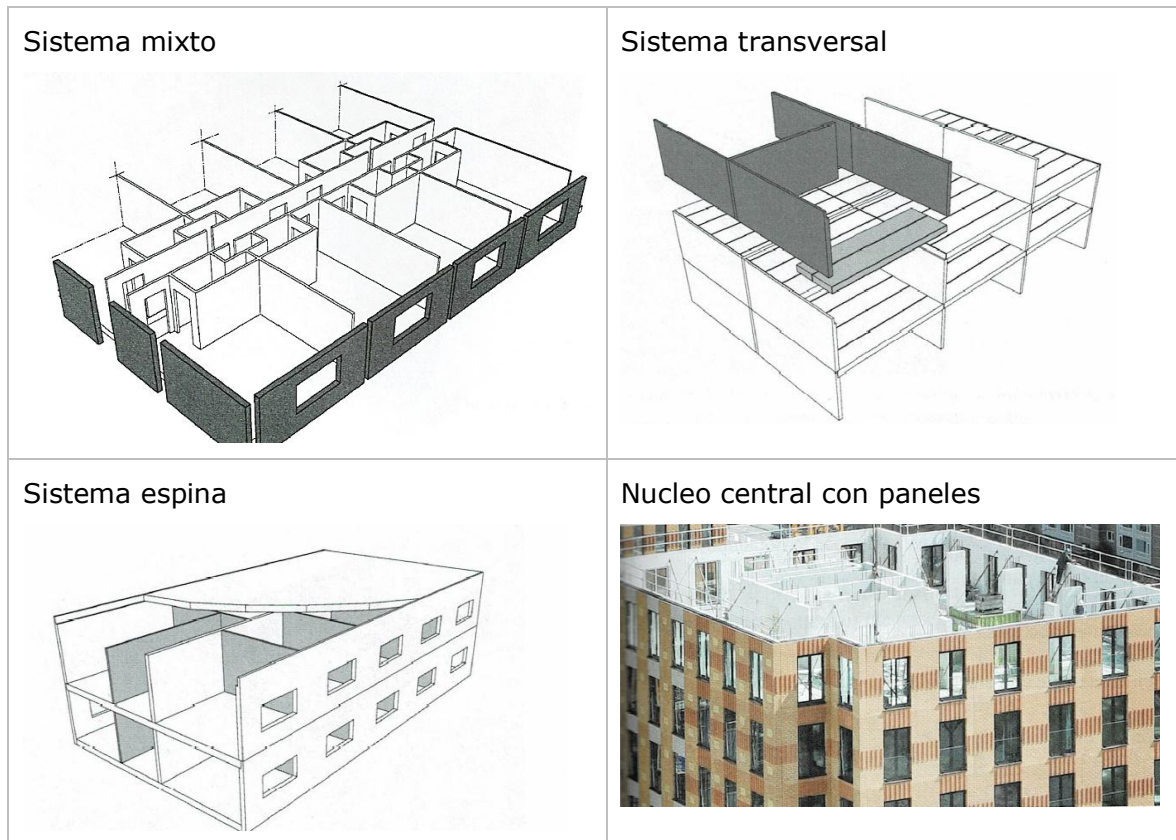
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

Aparte de la rápida industrialización que ofrece este sistema, los paneles prefabricados permiten superficies de acabado fino listos para pintado o acabados variados. También pueden ser aislantes acústicos y térmicos, como también una resistencia frente al fuego de hasta 6 horas.



Los sistemas de diseño pueden ser sistemas con paneles transversales, sistemas de espina y sistemas mixtos. La diferencia entre estos sistemas radica en la forma de colocado en base al sentido de la fachada, donde los paneles del sistema espina van perpendiculares a la fachada mientras que los paneles del sistema transversal van perpendiculares a la fachada. También es posible un sistema mixto como núcleo central (ver imagen 14).

**Imagen 14: Tipos sistemas de paneles**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

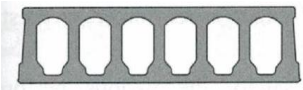






### 2.2.3. Tipos de losa prefabricada

Las losas prefabricadas ofrecen varias ventajas frente a las losas convencionales vaciadas in situ, no se necesitan andamios, es aplicable para luces largas, ofrecen mayor resistencia y durabilidad como también un acabado fino. Los principales tipos de losas utilizados en construcción son los siguientes (ver tabla 2):

- a) Núcleo hueco (Pretensado a1 y armado a2).
- b) Nervado pretensado.
- c) Nervado y ligero para cubiertas/ terrazas.
- d) Macizos.

- e) Combinados con placas.
- f) Viguetas pretensadas

**Tabla 2: Tamaño y peso tipos de Losas prefabricadas**

Ref.	Tipo de Losa	Long. Max(m)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Peso (KN/m <sup>2</sup> )
<b>Completamente prefabricados</b>					
a1		±20	120-500	600-1200 -2400	2,2-5,2
a2		±7.5	130-250	300-600	1,9-2,9
b		24-30	200-800	2400	2,0-5,0
c		12	175-355	2400	1,2-1,8
d		6	100-250	300-600	0,7-3,0
<b>Semi-prefabricados</b>					
e		7-10	100-400	600-2400	2,4-4,8
f		6	200-220	515-635	1,7-2,3

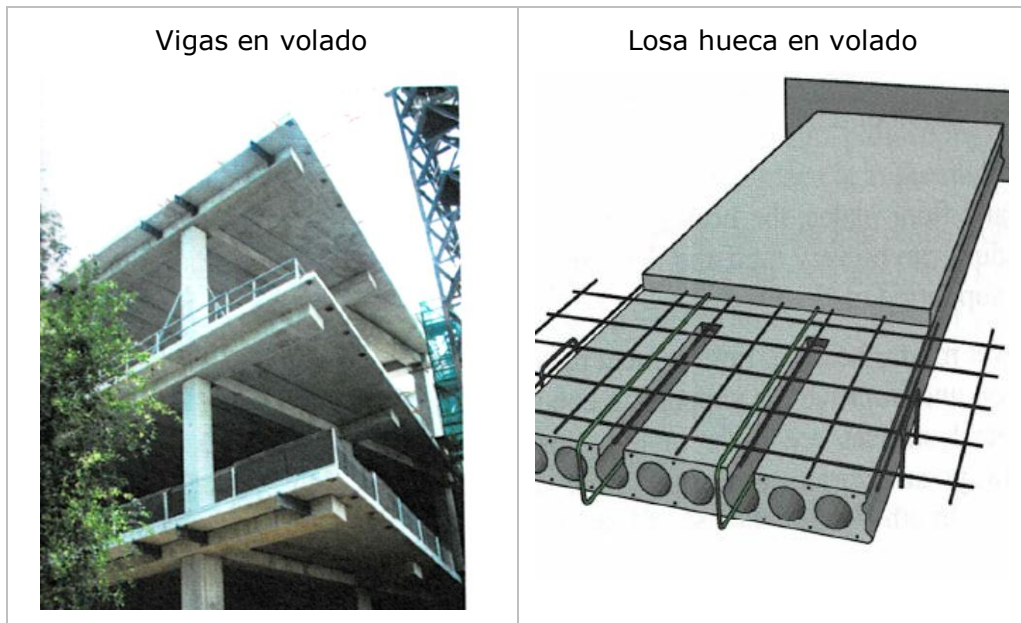
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

De todos los tipos de losas mostradas, las más utilizadas en edificación son las huecas alveolares, a excepción tal vez de losas en terrazas o azoteas.

Para losas en volado o para balcones existen dos formas de realizarlo:

- Vigas en volado, normalmente son pretensadas sin embargo pueden ser armadas con refuerzo negativo. Estas vigas necesitan que las columnas estén divididas de piso a piso para una correcta unión. Se podría necesitar una viga de contorno adicional (*ver imagen 15*).
- Losas huecas en volado, No recomendadas para volados mayores a 2 metros. Son normalmente pretensadas con las vigas en volado y a la vez es posible reforzar la capa superior con armadura pasiva para que resista los esfuerzos por el momento negativo (*ver imagen 16*).

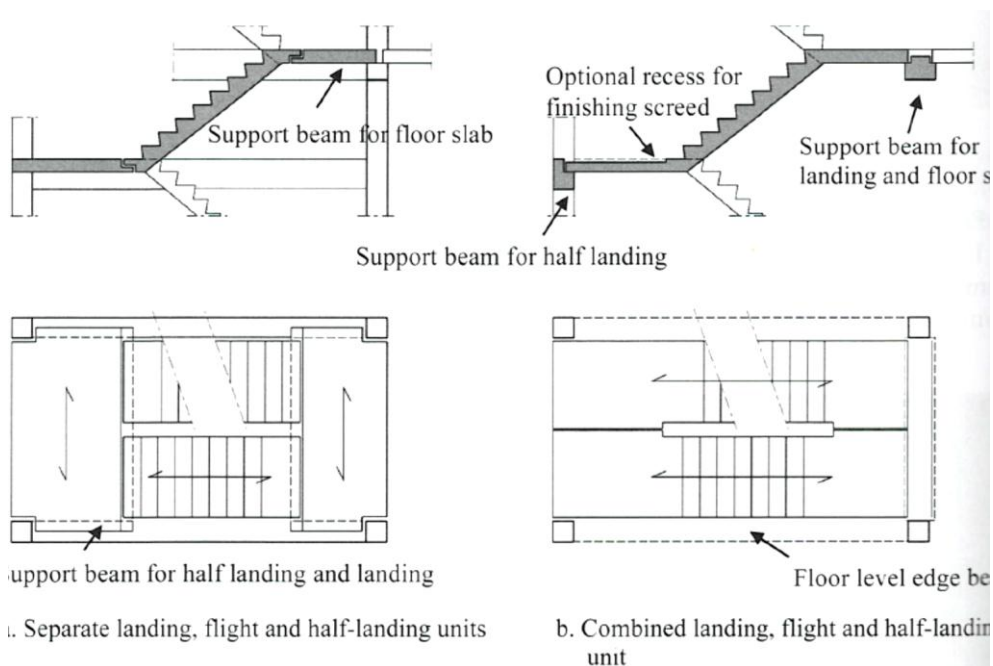
**Imagen 15: Aplicación de losas en volado**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En lo que respecta a las escaleras al ser prefabricadas permiten un acabado más fino que las vaciadas in situ, como también mayor facilidad de construcción comparando con geometría variable que exigen las escaleras para los encofrados. Los dos tipos de escaleras se muestran a continuación (ver imagen 16):

**Imagen 16: Tipos comunes de escaleras prefabricadas**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

### 2.3. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL FRENTE A ACCIONES HORIZONTALES

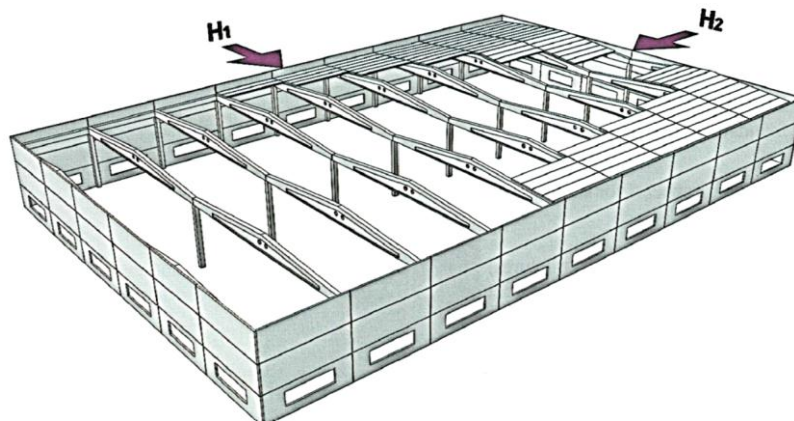
Las estructuras de vaciado in situ funcionan como sistemas en 3 dimensiones asegurando la continuidad entre elementos y equilibrio frente a momentos torsión. En sistemas de hormigón prefabricado los sistemas en 3 dimensiones normalmente no son aplicados debido a la complejidad que representan las uniones, sin embargo bajo ciertas condiciones de diseño (zonas con sismicidad moderada o alta) es necesario utilizar conexiones rígidas que emulen a los sistemas de vaciado in situ.

En los sistemas esqueleto existen dos casos de transmisión para las acciones horizontales:

#### Sistemas esqueleto tipo portal:

Son construcciones con pórticos en 2 dimensiones de grandes luces y una altura máxima de 10 metros. Cuando la fuerza horizontal es aplicada paralela a las vigas de cubierta, estas fuerzas son transmitidas por las mismas y soportadas por la unión viga-columna y la unión columna-cimiento (*ver imagen 17*). Para las fuerzas horizontales aplicadas en sentido transversal a las vigas, estas fuerzas son transmitidas por los paneles de fachada. En estos casos la unión cimiento-soporte es la que se encarga de resistir la acción horizontal.

**Imagen 17: Ejemplo sistema esqueleto portal**



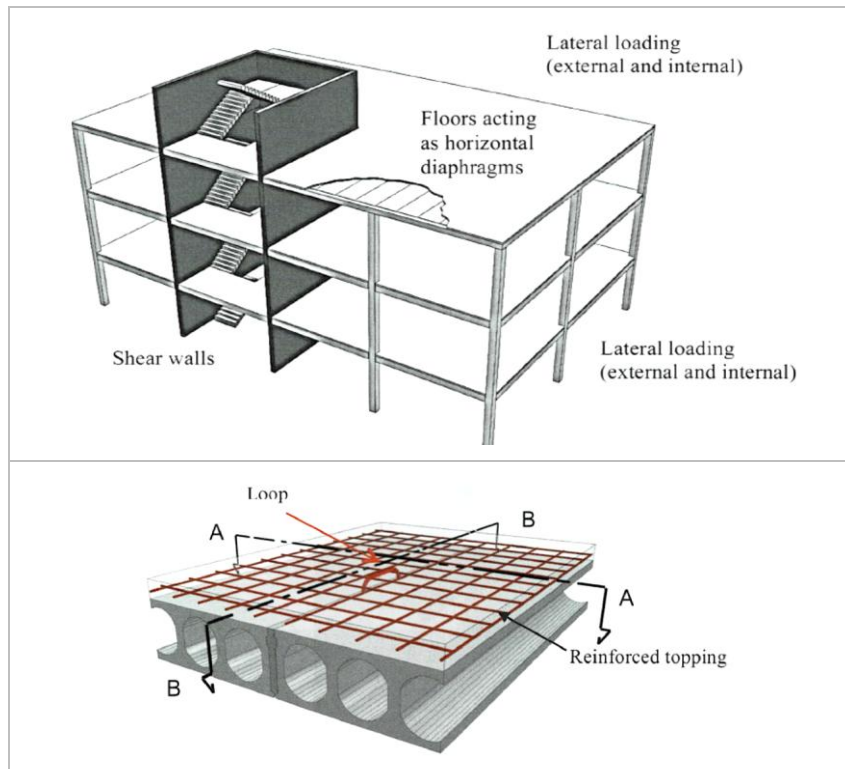
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

#### Sistemas esqueleto de varios niveles

Cuando se tiene estructuras de mayor altura y varios niveles, las losas pueden actuar como diafragmas que transmiten las fuerzas horizontales a las columnas. De igual forma se pueden utilizar muros núcleos centrales que resistan parte de las fuerzas horizontales (*ver imagen 18*).



**Imagen 18: Ejemplo sistema esqueleto con losa y muro**

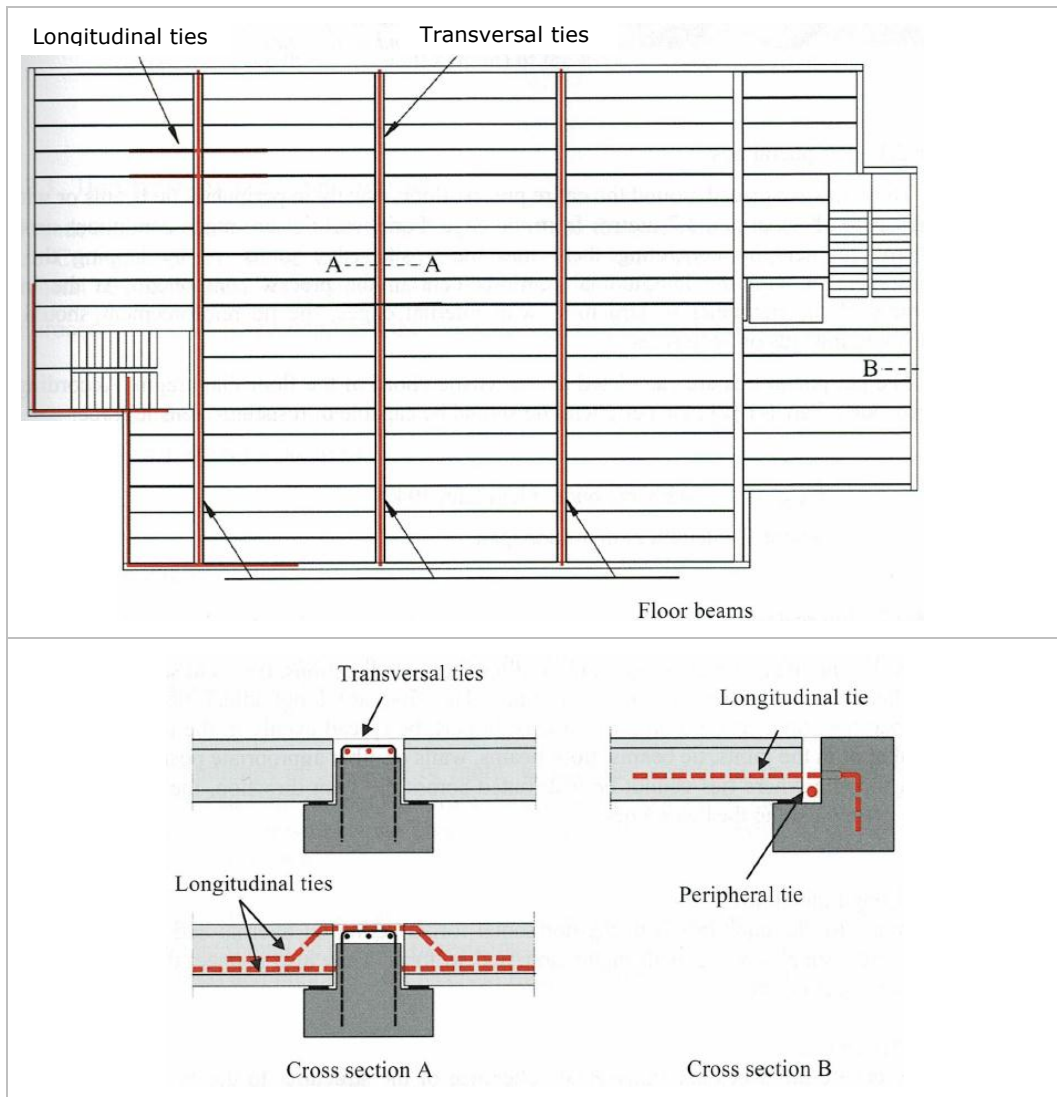


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

Para que las losas cumplan el papel de diafragmas es necesario un vaciado in situ de una capa de compresión sobre la losa de manera que garantice la continuidad entre los tramos de losa. Dicha capa de compresión tendrá armadura de refuerzo.

Para garantizar la integridad de la estructura también será necesario utilizar atados longitudinales, transversales y verticales. Normalmente esto se logra con barras de acero de refuerzo o tendones que permitan la transmisión de las fuerzas horizontales (*ver imagen 19*).

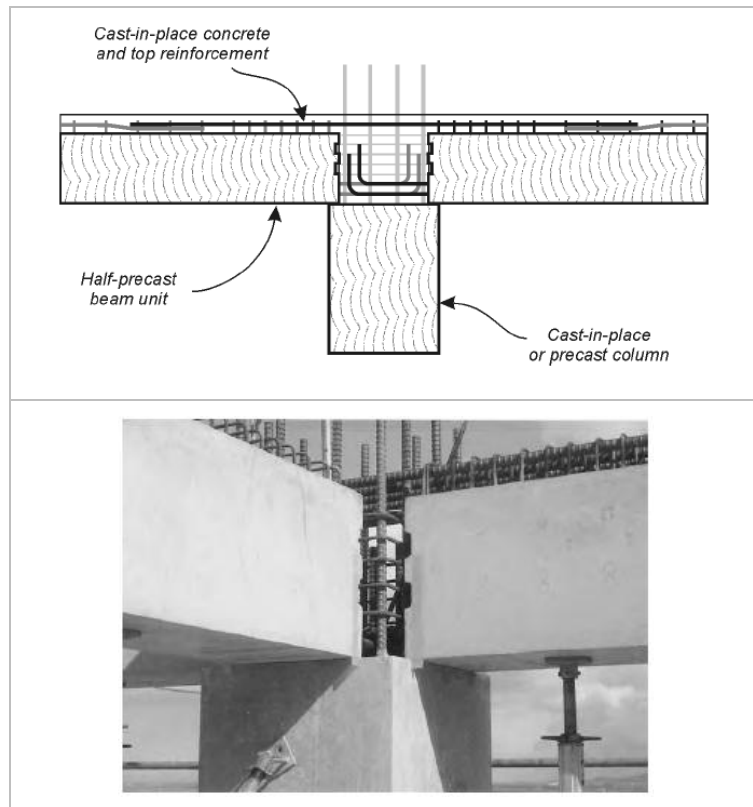
**Imagen 19: Ejemplo de atado con armadura de refuerzo**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

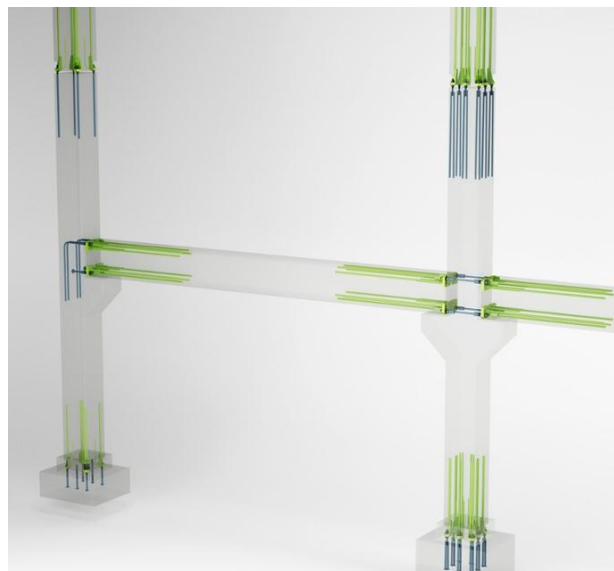
También es posible la utilización de nudos emuladores rígidos con vaciado in situ como se menciona en el FIB Bulletin 27 [5] donde menciona diseño de prefabricados en zonas sísmicas (*ver imagen 20*), o con las conexiones atornilladas embebidas en el hormigón prefabricado, para casos en los que la acción sísmica sea considerable (*ver imagen 21*).

**Imagen 20: Ejemplo de nudo rígido vaciado in situ**



Fuente: Seismic design of precast concrete building (fib) [5].

**Imagen 21: Ejemplo nudo rígido atornillado**



Fuente: [www.peikko.es](http://www.peikko.es).

## 2.4. CONEXIONES EN HORMIGÓN PREFABRICADO

Las conexiones pueden clasificarse de distintas formas, en función a los elementos que necesitan unión:

- Cimiento – Soporte
- Soporte – Soporte
- Viga – Soporte
- Viga – Viga
- Conexiones de escalera

Por el tipo de esfuerzo que deben resistir y transmitir:

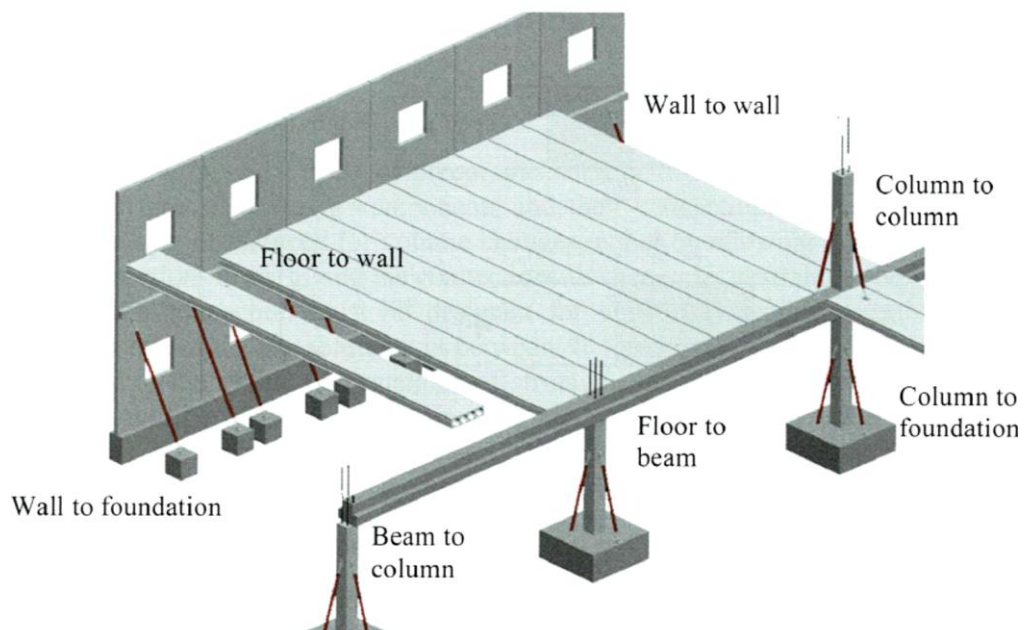
- Compresión
- Tracción
- Cortante
- Flexión
- Torsión

Como también por el tipo de comportamiento:

- Articulado
- Rígido

En todos los casos las conexiones son muchas veces el resultado de un conjunto de mecanismos que permiten obtener la correcta transmisión de esfuerzos y trabajo conjunto (*ver imagen 22*).

**Imagen 22: Ejemplo general de conexiones**

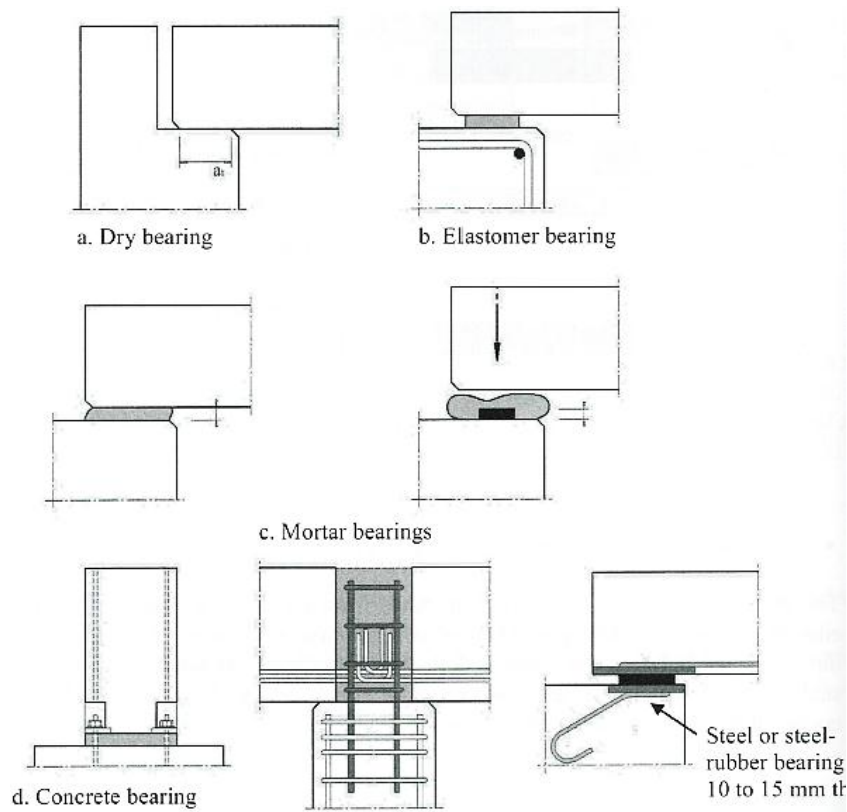


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

### 2.4.1. Conexiones para esfuerzos a compresión

Todo elemento prefabricado debe ser soportado en uno o más puntos para transferir el peso y cargas a las fundaciones, normalmente estos esfuerzos son de compresión y pueden ser transmitidos por contacto directo, unión de mortero, concreto o materiales de apoyo como el neopreno y placa metálica. Uno de los factores de control más importante en este tipo de conexión es el correcto apoyo de los elementos para controlar rotaciones y evitar fisuras locales (ver imagen 23).

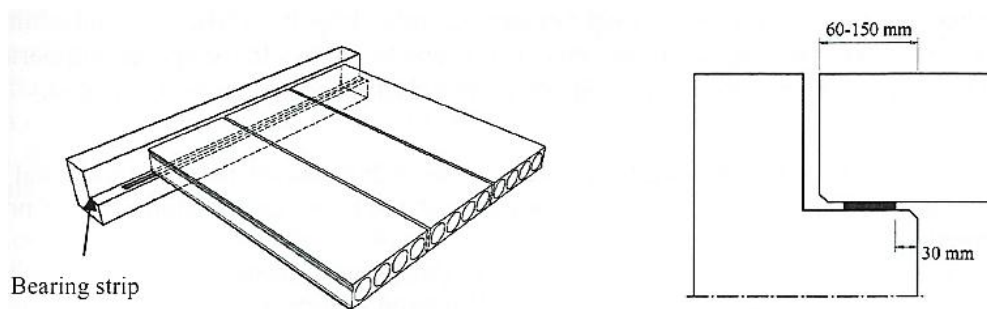
**Imagen 23: Apoyos para esfuerzos a compresión**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

El neopreno es comúnmente utilizado en el apoyo de losas - vigas como se muestra en la imagen 24.

**Imagen 24: Apoyo losa - viga**

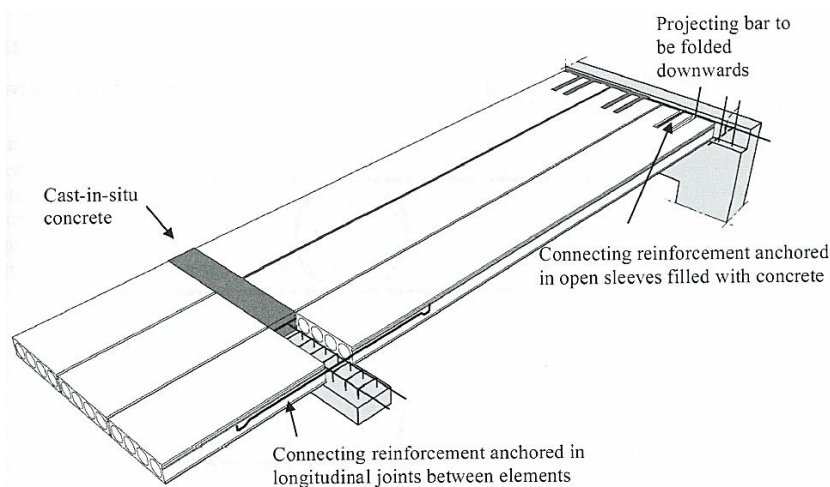


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

### 2.4.2. Conexiones para esfuerzos de tracción

Normalmente los esfuerzos a tracción son resistidos por barras o piezas de acero, mediante traslape de barras de acero, pernos, placas con conexiones o soldadura. Si hablamos de barras estas pueden tener una terminación en gancho para garantizar el solape.

**Imagen 25: Conexión a tracción en losas**

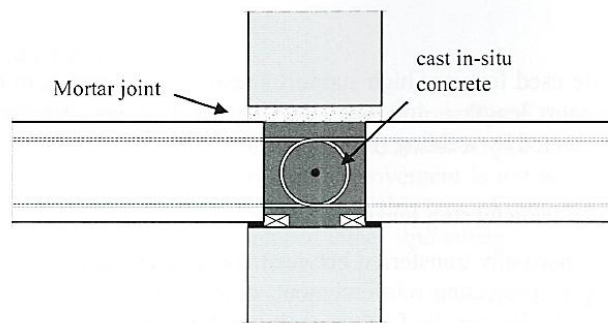


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En el caso específico de las losas, normalmente no es necesario la continuidad de los tramos por lo cual no se tendría tracciones en las secciones de apoyo. Sin embargo en el caso que sea necesario es posible transmitir esos esfuerzos mediante barras de acero (*ver Imagen No 25*). De igual forma aun cuando no se requiera que los tramos tengan continuidad se debe colocar barras para evitar fisuras posteriores.

También es posible terminación en círculo lo cual permite continuidad en las losas y transmisión de esfuerzos flectores y de corte (*ver imagen 26*). Sin embargo la fabricación es más difícil.

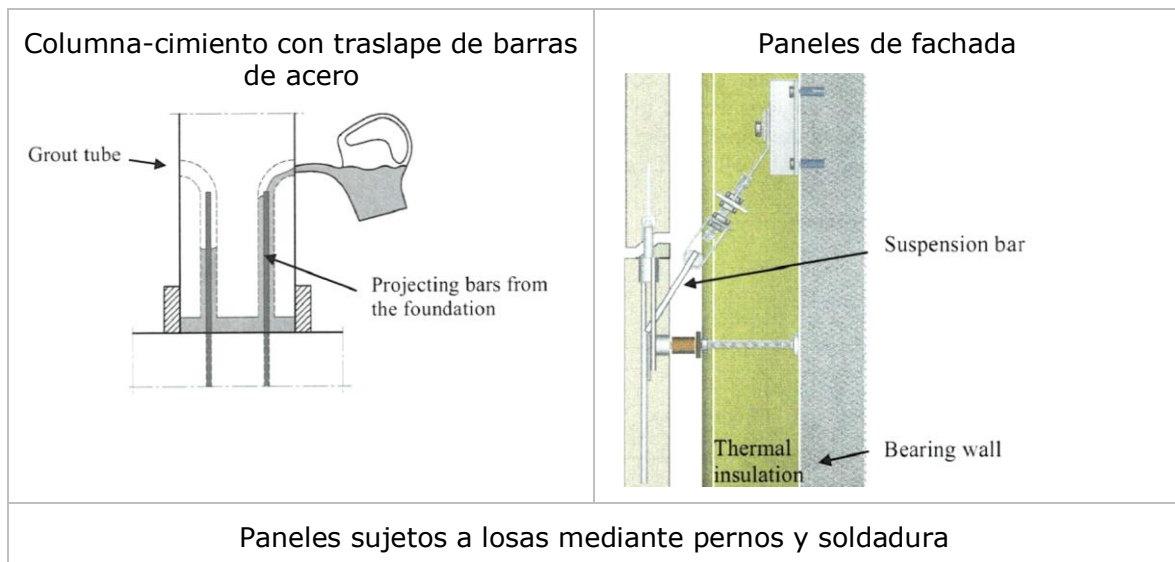
**Imagen 26: Combinación de acción de pernos con barras de acero**



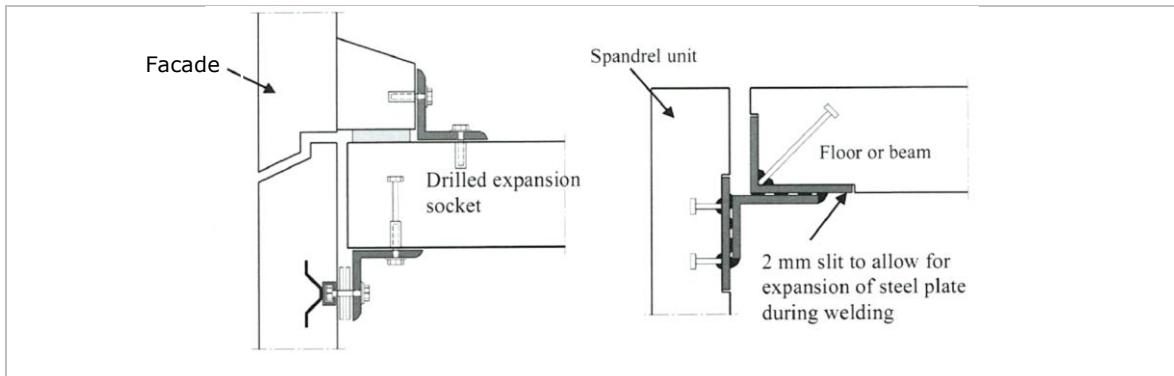
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

Otra forma de transmitir los esfuerzos de tracción puede ser mediante tubos en el interior de los elementos prefabricados que permitan introducir las barras de acero del refuerzo principal, como es el caso de columnas-cimientos (*ver imagen 27*). Posteriormente estos tubos son llenados con mezcla grout o lechada de cemento. Para el caso de paneles es común utilizar pernos o soldadura para sujetar los paneles a las losas y para paneles de fachada se utiliza barras de suspensión emperradas.

**Imagen 27: Ejemplos de conexiones a tracción**





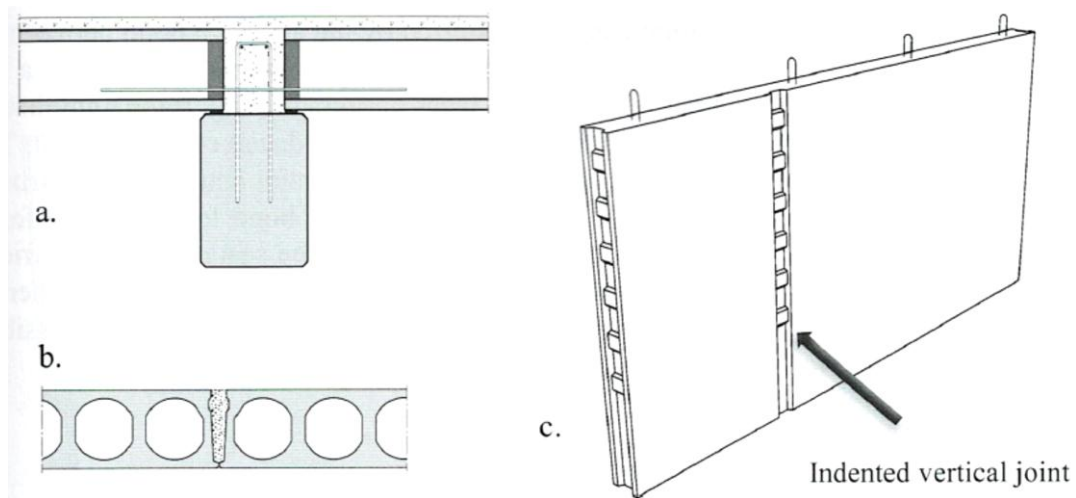


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

### 2.4.3. Conexiones para esfuerzos a cortante

Los esfuerzos a cortante pueden ser transmitidos mediante fricción por vaciado in situ, mediante el efecto pasador de barras de acero, o formas especiales de transmisión.

**Imagen 28: Ejemplo de conexiones a cortante**



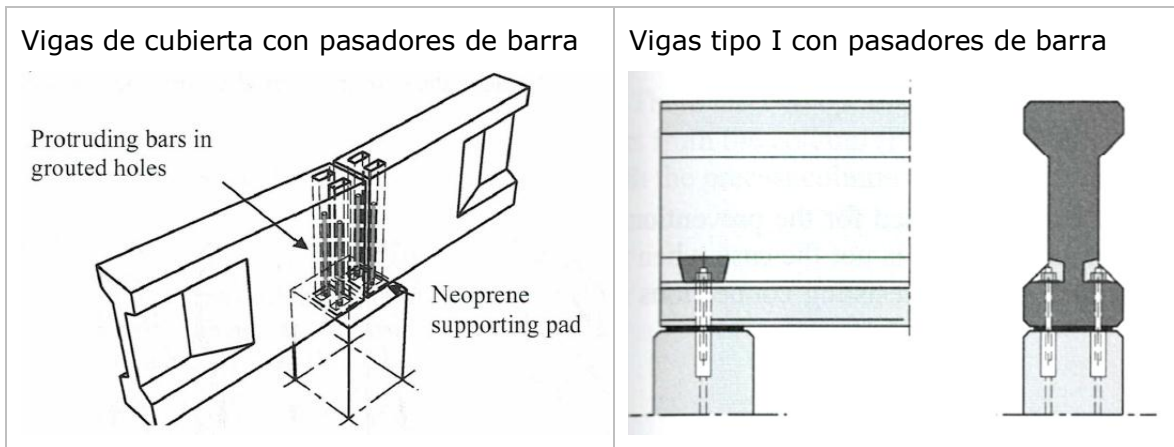
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En el ejemplo "a" de la imagen 28 se muestra la utilización de estribos junto con vaciado in situ, una combinación de ambos para transmitir los esfuerzos de corte. En el ejemplo "b" se muestra el vaciado in situ entre losas alveolares para transmitir el cortante por fricción. De igual forma en el ejemplo "c" la utilización de formas dentadas para la transmisión de los esfuerzos.

Cuando las vigas prefabricadas son diseñadas como simplemente apoyadas, la utilización de pasadores de barras con vaciado de mezcla grout resulta muy útil para transmitir los esfuerzos de corte (*ver imagen 29*).



**Imagen 29: Ejemplos transmisión de corte mediante pasadores**



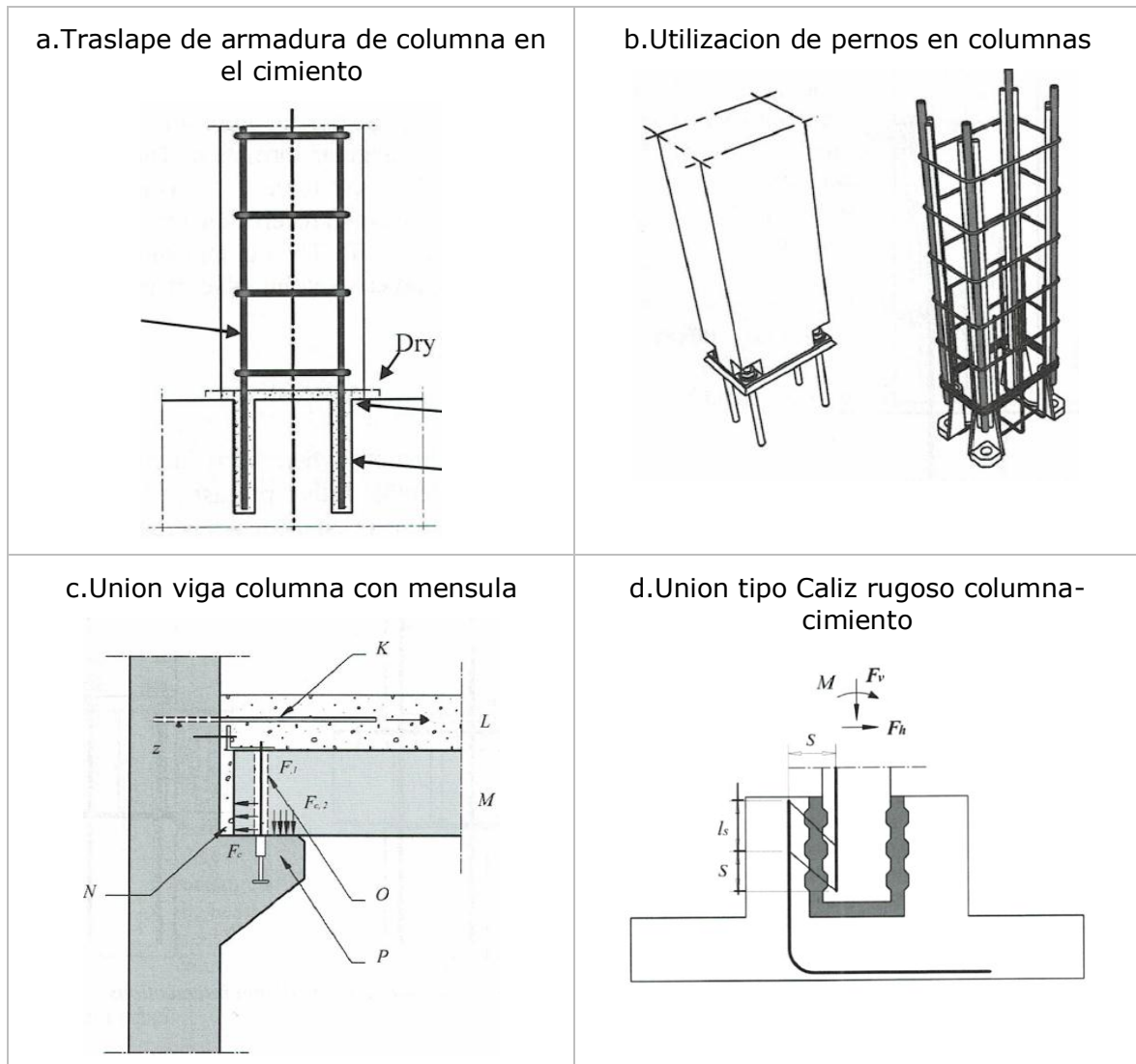
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

#### **2.4.4. Conexiones para esfuerzos a flexión**

Estas conexiones pueden ser utilizadas para resistir acciones de viento y sismo, por lo tanto deben tener rigidez, fuerza y ductilidad similar al de vaciado in situ. Estas conexiones son utilizadas en la unión columna-cimiento, pero también en columnas de gran altura en sistemas esqueleto para conexiones viga-columna o conexiones losa-viga.

En el ejemplo "a" de la imagen 30 se tiene el traslape de la armadura principal de la columna hacia el cimiento junto con llenado de mezcla grout. En el ejemplo "b" se muestra la utilización de pernos para garantizar la conexión. En el ejemplo "c" se muestra la utilización de ménsula de apoyo para la viga y refuerzo superior insertado en la columna para transmitir los esfuerzos flectores. En el ejemplo "d" se muestra la columna introducida en el cimiento junto con mezcla grout, este tipo de conexiones también es conocida como Cáliz rugoso, el mismo que también puede ser liso.

**Imagen 30: Ejemplos de conexiones a flexión**

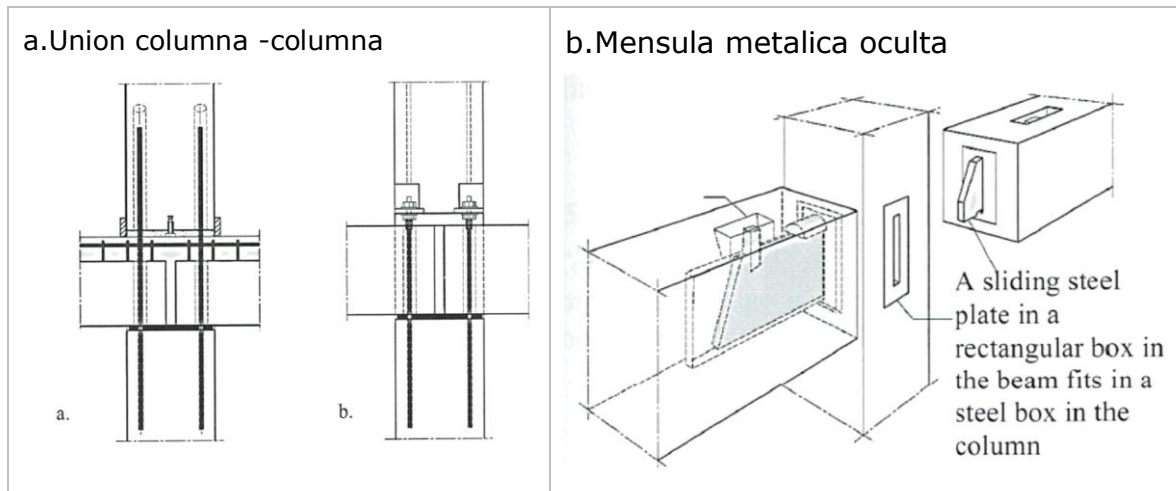


Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En el caso de uniones columna – columna para transmisión de esfuerzos flectores se tiene dos casos principales, la primera consiste en la unión directa de columna con columna mediante pernos y placa base como en el ejemplo b de la imagen 30 o mediante pernos y barras de acero en espera junto con viga intermedia cuando se requiera evitar la utilización de ménsulas como en el ejemplo “a” de la imagen 31.

Un tipo de conexión cada vez más utilizado es la de ménsula metálica oculta como se ve en ejemplo b. de la imagen 31. Es una solución más estética y no necesita ménsula de hormigón.

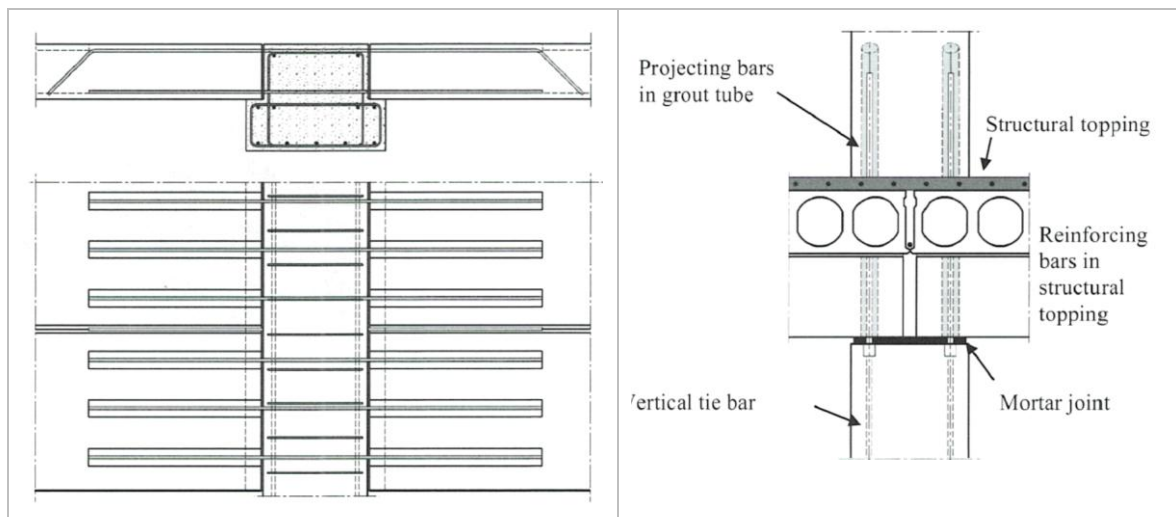
**Imagen 31: Ejemplos unión columna-columna y viga-columna**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

Para el caso de uniones Losa-viga, como se mencionó antes en el apartado "Conexiones para esfuerzos a tracción" las losas normalmente están diseñadas simplemente apoyadas, por lo que no necesitan refuerzo superior para dar continuidad, sin embargo en el caso de requerir continuidad, como en losas en volado, se utilizará refuerzo superior y vaciado in situ (ver imagen 32).

**Imagen 32: Ejemplo unión losa viga**



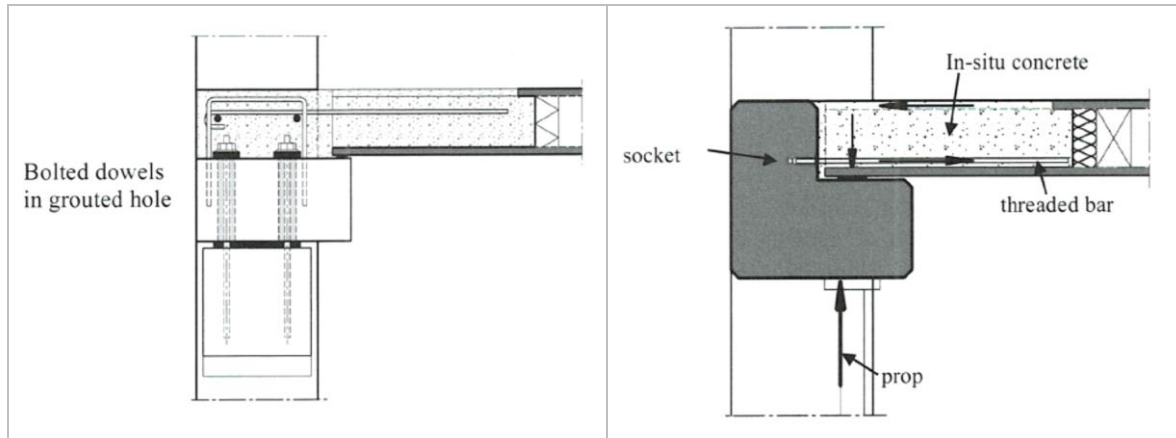
Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

En el caso de uniones Losa-muro, estos se pueden lograr con el apoyo directo de la losa en los muros y posterior vaciado in situ de los bordes sin necesidad de ménsulas.

#### 2.4.5. Conexiones para esfuerzos a torsión.

Los esfuerzos de torsión aparecen normalmente en uniones viga–losa cuando está en voladizo sin compensación. Estos esfuerzos deben ser resistidos por las conexiones. La combinación de pernos, pasadores y vaciado in situ con barras de refuerzo es la opción más utilizada porque permite trabajar a la viga y la losa de manera conjunta (*ver imagen 33*).

**Imagen 33: Ejemplo de conexión a torsión**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

#### 2.4.6. Conexiones rígidas con vaciado in situ

Un método utilizado para adquirir rigidez en estructuras de sistema esqueleto es el vaciado in situ en la unión viga - columna o losa - viga (*ver imagen 34 y 35*). En el caso de losa - viga se realiza mediante el vaciado de capa de nivelación o compresión de mínimamente 5 centímetros, normalmente se utiliza para dar integridad al forjado y conseguir un efecto diafragma frente a esfuerzos horizontales.

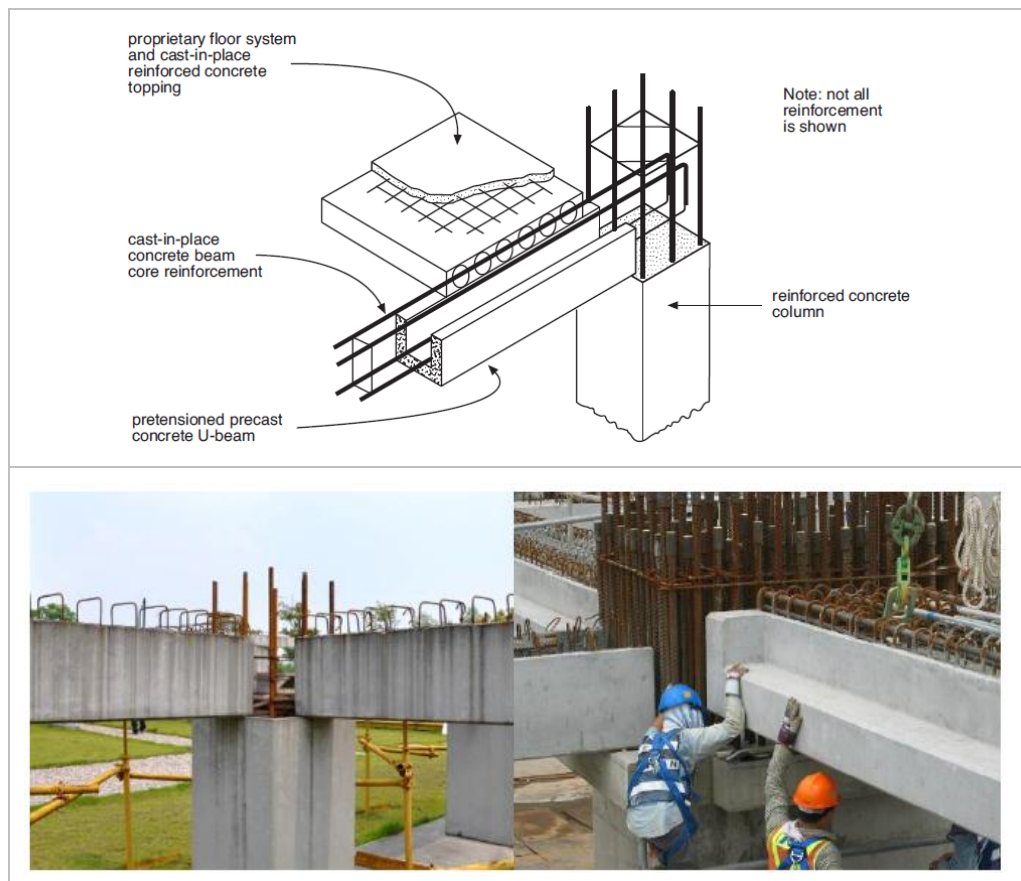
**Imagen 34: Vaciado in situ para losas y vigas**



Fuente: Precast concrete construction Hanbook (Hong Kong Institution) [6].

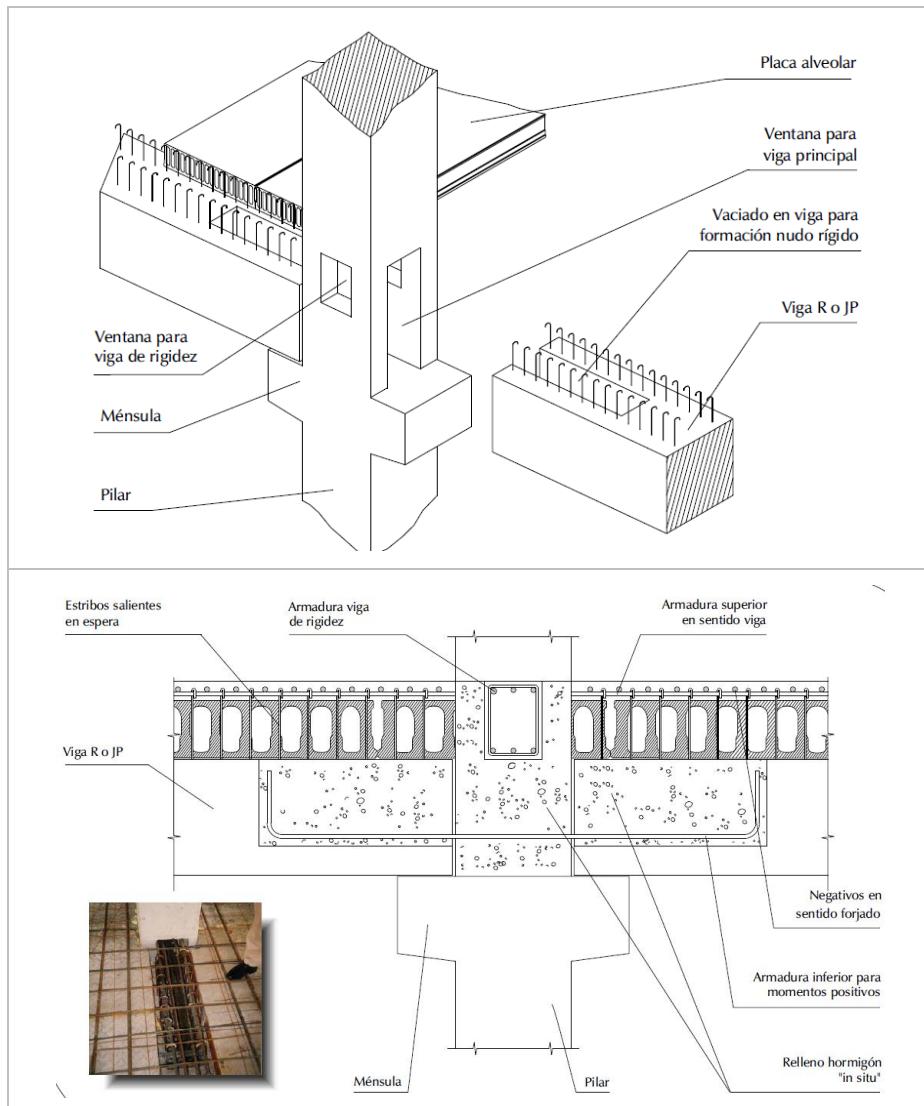
En viga – columna los elementos son prefabricados pero la unión es con vaciado in situ, este método es muy utilizado cuando se requiere continuidad de los elementos frente a acciones sísmicas. Se pueden utilizar distintas variaciones, prefabricar la viga en “U” y realizar el vaciado in situ de tanto del núcleo como el nudo como se ve en la imagen 35, como también prefabricar los elementos dejando el espacio necesario en el nudo para el vaciado in situ como en la imagen 36.

**Imagen 35: Nudo rígido viga en “U”**



Fuente: Guidelines for the use of structural precast concrete in buildings (New Zealand Concrete Society) [7].

**Imagen 36: Nudo rígido intermedio**



Fuente: Catalogo PRAINSA nudo rígido ([www.prainsa.es](http://www.prainsa.es)).

Una variación de este tipo de uniones es muy utilizado en el país de Chile en zonas de sismicidad considerable, empresas como HORMIPRET y TENSOCRET utilizan uniones de nudo rígido y uniones postensadas para garantizar la continuidad de la estructura frente a este tipo de acciones (*ver imagen 37 y 38*).

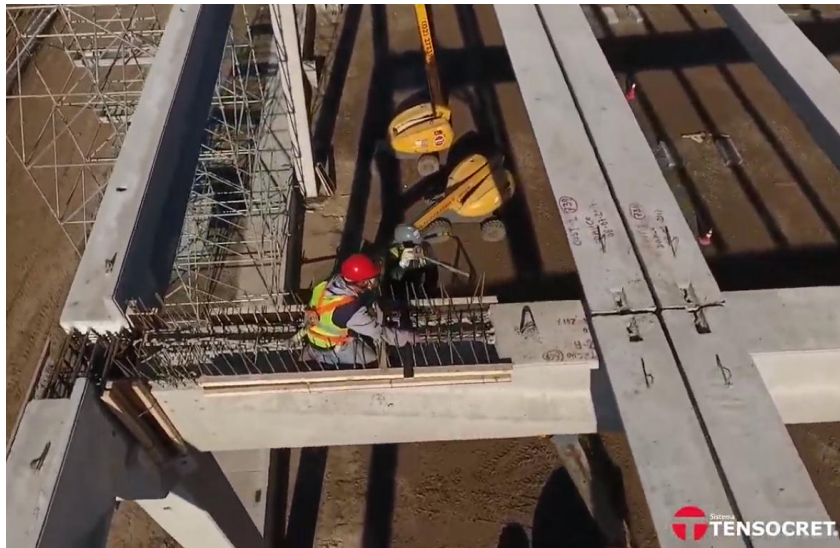


**Imagen 37: Edificio Ñuñoz HORMIPRET**



Fuente: [www.hormipret.cl](http://www.hormipret.cl)

**Imagen 38: Centro de distribución Danco TENSOCRET**



Fuente: [www.tensocret.cl](http://www.tensocret.cl)

## 2.5. SITUATION SÍSMICA EN BOLIVIA

A partir de la actualización de la "Norma Boliviana 1225001 – Hormigón Estructural" entre los años 2011 y 2018 se empieza a presentar recomendaciones para diseños de estructuras sismo resistentes debido al crecimiento de edificaciones en el país sin una norma sísmica base y con el temor de la presencia de un sismo considerable, como el sismo en la provincia de Aiquile de 1988 (*ver imagen 39*) que ocasiono el derrumbe del 80% de las viviendas [8], se empieza a elaborar la Guía de Diseño Sísmico el cual finalmente en Septiembre del año 2020 se aprueba la utilización de la misma.

**Imagen 39: Sismo en Aiquile 1998**

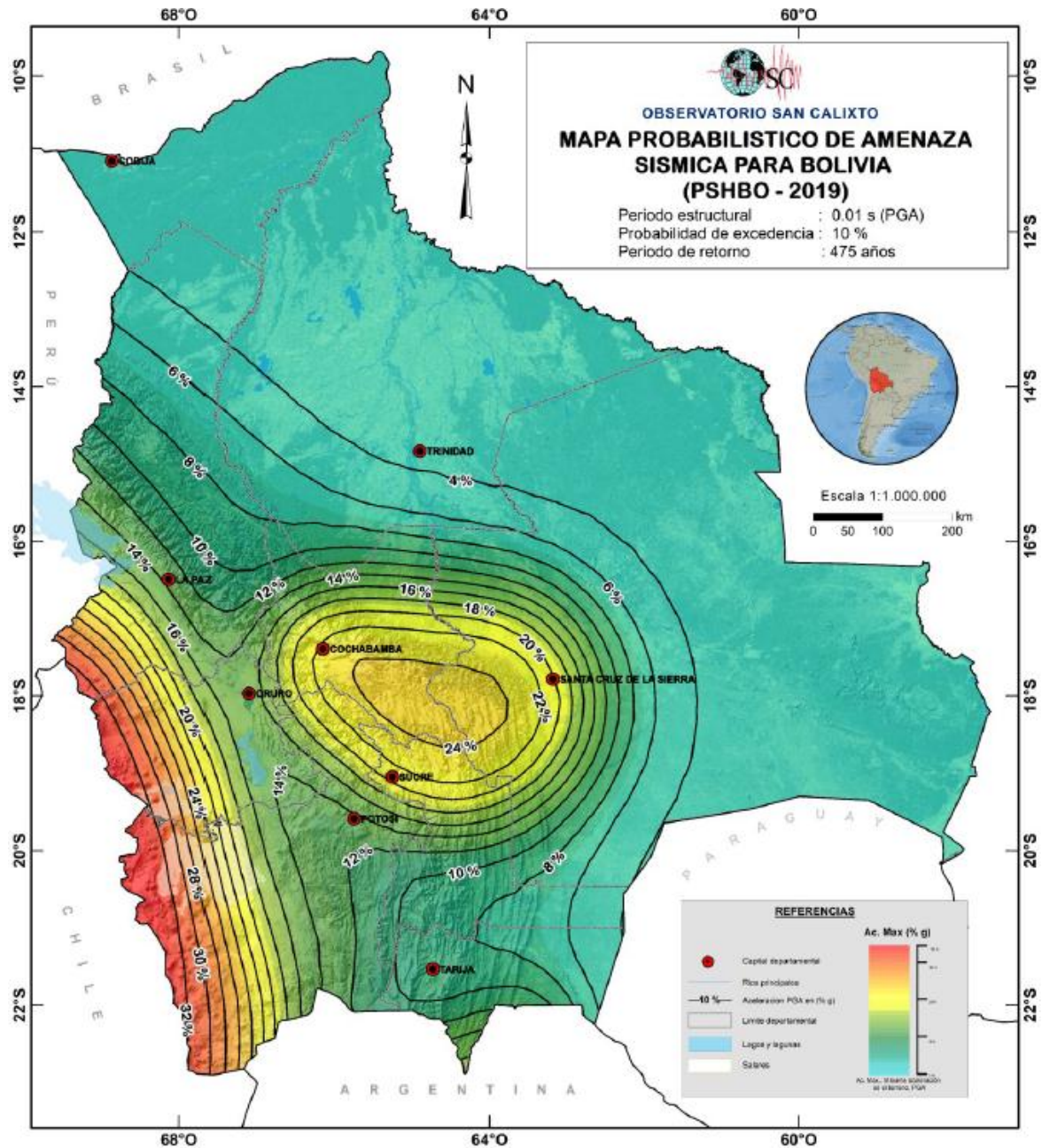


Fuente: Periódico El Diario-Bolivia ([www.eldiario.net](http://www.eldiario.net))

Si bien las construcciones en la provincia de Aiquile en ese entonces eran en su mayoría construcciones antiguas de ladrillo y adobe. Y en las ciudades principales no se tuvo problemas considerables en las estructuras por acciones sísmicas posteriores. El hecho de que se realicen nuevas construcciones sin tener claro las zonas con mayor riesgo sísmico el país, motiva al desarrollo de la Guía Sísmica junto con el primer mapa probabilístico de amenaza sísmica (*ver imagen 40*).



**Imagen 40: Mapa probabilístico para 475 años**



Fuente: Guía Bolivia de Diseño Sísmico [9].

Alrededor del 70% del territorio Boliviano presenta un Peak Ground Acceleration (PGA) menor a 10% considerado bajo, El centro del País siendo zona limítrofe entre los departamento de Cochabamba, Santa Cruz y Chuquisaca presenta un PGA de 24% considerado moderado y el borde limítrofe con el vecino país de Chile representa el mayor valor de PGA con un 32% considerado alto. Este mapa tiene concordancia con el terremoto de Aiquile, provincia considerada limítrofe entre los departamentos de Cochabamba – Chuquisaca y el hecho de que Chile es considerado un País con probabilidad sísmica alto o muy alto.

La norma Boliviana de hormigón estructural [10] en el capítulo 18 hace mención a pórticos resistentes a momentos de hormigón prefabricado, indicando que los nudos en zonas de sismicidad considerable deberán cumplir con todos los requerimientos exigidos a los nudos monolíticos de hormigón vaciado in situ. Lo cual da a entender la necesidad de la utilización de nudos rígidos empernados o nudos emuladores rígidos con vaciado in situ.

En lo que respecta a la zona de emplazamiento de la Unidad Educativa San Gabriel, está ubicada en la provincia de Tiquipaya al Nor-Oeste de la ciudad de Cochabamba, por lo cual sería considerada zona con probabilidad sísmica moderada con un PGA de 20%.

## **2.6. MODULACIÓN Y GEOMETRÍA INICIAL**

La modulación es considerada en todo diseño, ya sea prefabricado o vaciado in situ. Para poder realizar el diseño de los elementos estructurales es necesario definir las dimensiones mínimas que deberán tener las vigas, la altura de las columnas, etc. Por lo general este proceso está establecido por los planos arquitectónicos del proyecto, los cuales se intenta modificar lo menos posible para respetar los planos contractuales.

Si bien este proceso es realizado para construcciones de hormigón in situ como construcciones con hormigón prefabricado, tiene mayor impacto en elementos de hormigón prefabricado ya que mientras más elementos con las mismas dimensiones se tengan, mayor será la rapidez de fabricación y montaje.

En vigas como columnas tener elementos de igual geometría permite adoptar un único molde en la fabricación y facilidad constructiva. En el caso de losas la modulación no es de gran influencia debido a que si bien el ancho normal de las losas alveolares es de 600 a 1200 mm, la última losa a colocarse casi siempre termina cortada para que su emplazamiento sea exacto. Lo mismo pasa con la luz de las losas la cual es variable y puede ser fabricada en función a la necesidad de la estructura.

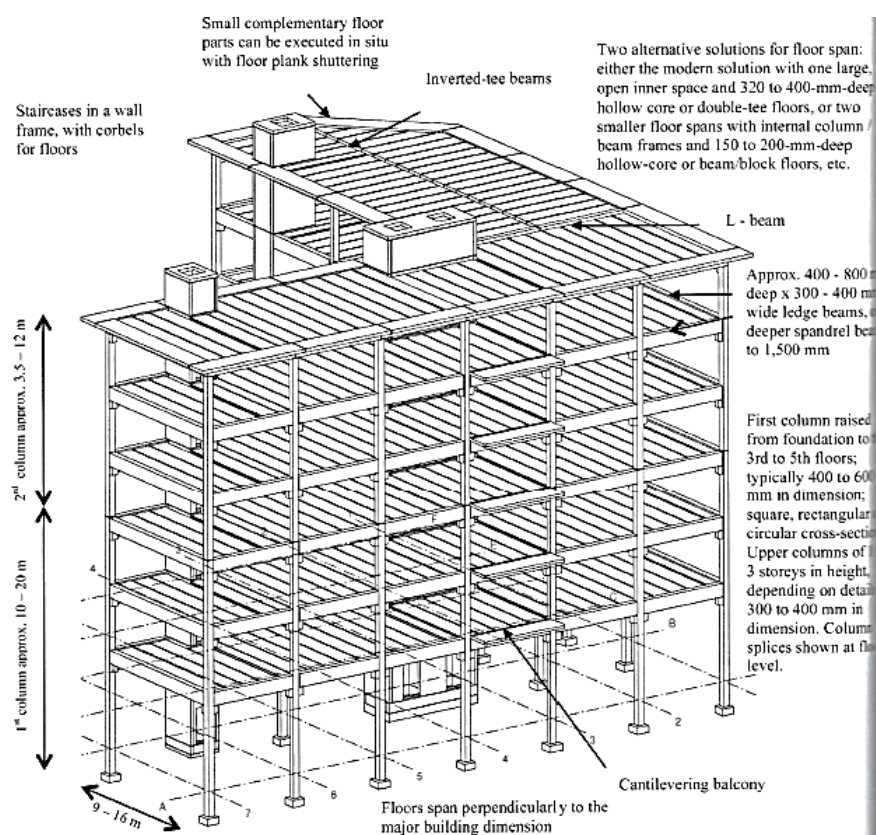
En lo que respecta a las uniones, en lo que respecta a las uniones lo más importante es su sencillez y que aporten integridad estructural al conjunto de elementos prefabricados. El ahorro económico y tiempo de fabricación existe pero no es tan significativo como en las vigas y columnas.

La simplicidad de la estructura y la claridad de la morfología estructural deben ser prioritario en el diseño, esta simplicidad está caracterizada por geometrías uniformes y regulares. Esto tiene un papel más importante si se realiza el diseño en zonas sísmicas.

Una vez se tiene claro todas las necesidades del proyecto y se tiene una idea de la forma que tendrá la estructura se recomienda realizar un croquis esquemático de la misma donde se mencionen las dimensiones de cada elemento estructural a nivel preliminar, como también el tipo de elemento a utilizar siguiendo los siguientes pasos:

- Primer paso, vista general de la losa tipo con la circulación vertical y horizontal.
- Segundo paso, selección del tipo de sistema de prefabricación.
- Tercer paso, elección de los ejes de columnas y luz de las losas.
- Cuarto paso, implementación de los componentes para mejorar la estabilidad estructural o espacios para servicios (shafts).
- Quinto paso, elección preliminar (pre-diseño) de las vigas, losas y columnas. Por lo general las dimensiones iniciales de columnas son de 400 a 600 milímetros y un espesor de losa entre 200 y 400 milímetros.
- Sexto paso, elección de la forma de montaje de la fachada.

**Imagen 41: Ejemplo de esquema preliminar**



Fuente: Planning and design handbook on precast building structures (fib) [4].

## **CAPITULO 3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA**

### **3.1. ANÁLISIS GEOMÉTRICO.**

En este apartado se realizó un análisis geométrico de los planos arquitectónicos para normalizar las dimensiones de los elementos de la estructura sin alterar significativamente las dimensiones arquitectónicas del proyecto originalmente ejecutado. Se comenzó primero con las dimensiones de las columnas y vigas, la unidad educativa, posteriormente los ejes y distancias entre ellas para finalizar con el dibujo inicial de la unidad educativa.

La unidad educativa está dividida en dos bloques, Administración-Talleres y Aulas. La diferencia fundamental radica en los niveles de cada bloque siendo el bloque de Aulas el que tiene dos niveles a diferencia del bloque Administración-Taller que solo tiene un nivel. La cantidad de niveles influye en las dimensiones de las columnas por el descenso de carga por lo cual las columnas tienen una sección menor en el bloque Administración-Talleres

#### **3.1.1. Columnas de esquema inicial**

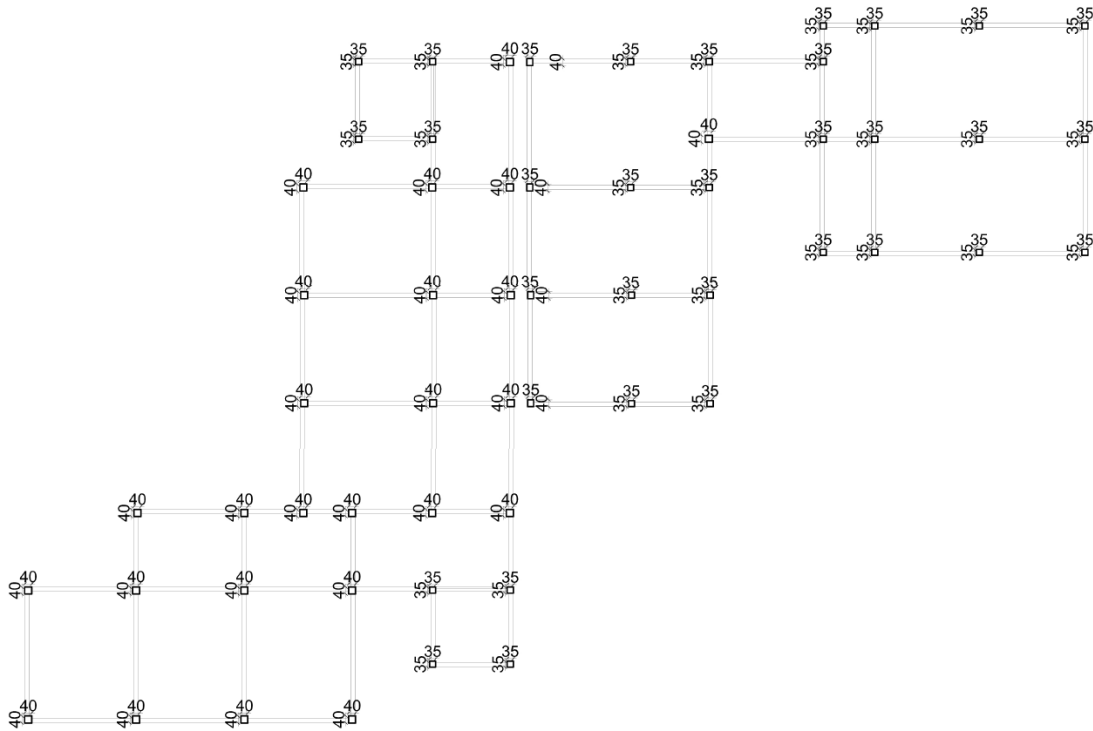
##### *Bloque Administración-Taller:*

La mayoría de las columnas en este bloque son de 35x35 centímetros con excepción de las columnas de la junta de dilatación que separa al otro bloque, las cuales tienen una dimensión de 35x40 centímetros debido a que la cara de las columnas del otro bloque que apoyan en la junta de dilatación son de 40 centímetros. Finalmente se tiene una columna de 40x40 centímetros en el pasillo debido a que tiene gran influencia de carga. La altura de nivel a nivel es de 3,5 metros por lo tanto en este bloque la altura desde nivel de terreno es de 7,5 metros (*ver imagen 42*).

##### *Bloque Aulas:*

Al ser el bloque de dos niveles las columnas en su mayoría son de 40x40 centímetros con excepción de las de la escalera las columnas serán de 35x35 centímetros. Como la altura de nivel a nivel es de 3,5 metros, la altura total desde nivel de terreno es de 10,5 metros (*ver imagen 42*).

**Imagen 42: Columnas vista en planta**

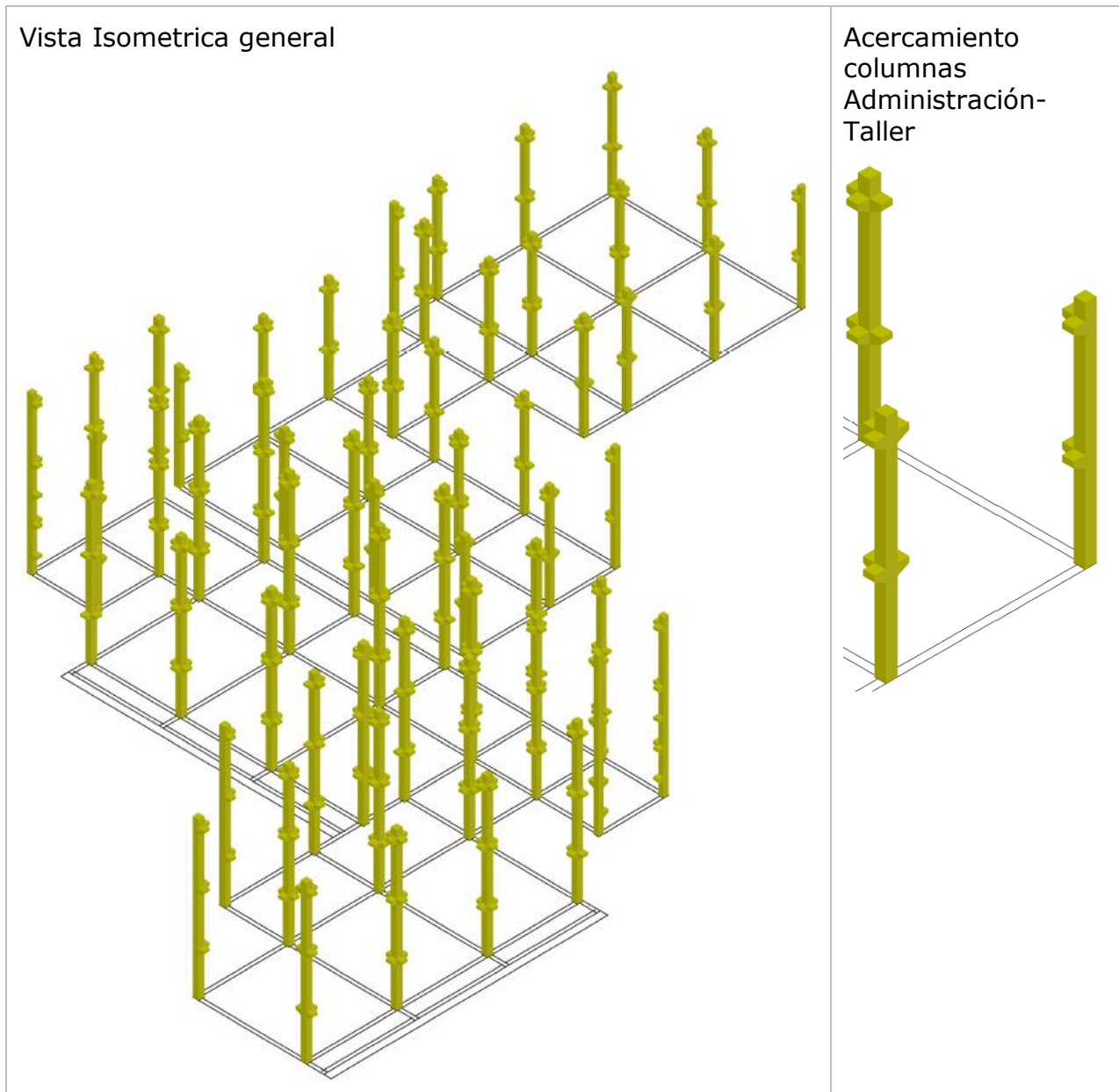


Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

**Detalles generales:**

Las columnas serán inicialmente consideradas con ménsulas para el apoyo de las vigas prefabricadas. Las columnas no tendrán cambio de sección en los distintos niveles para asegurar la modulación (ver imagen 43).

**Imagen 43: Columnas preliminares vista 3D**



Las líneas negras representan el replanteo base de los ejes y vigas.

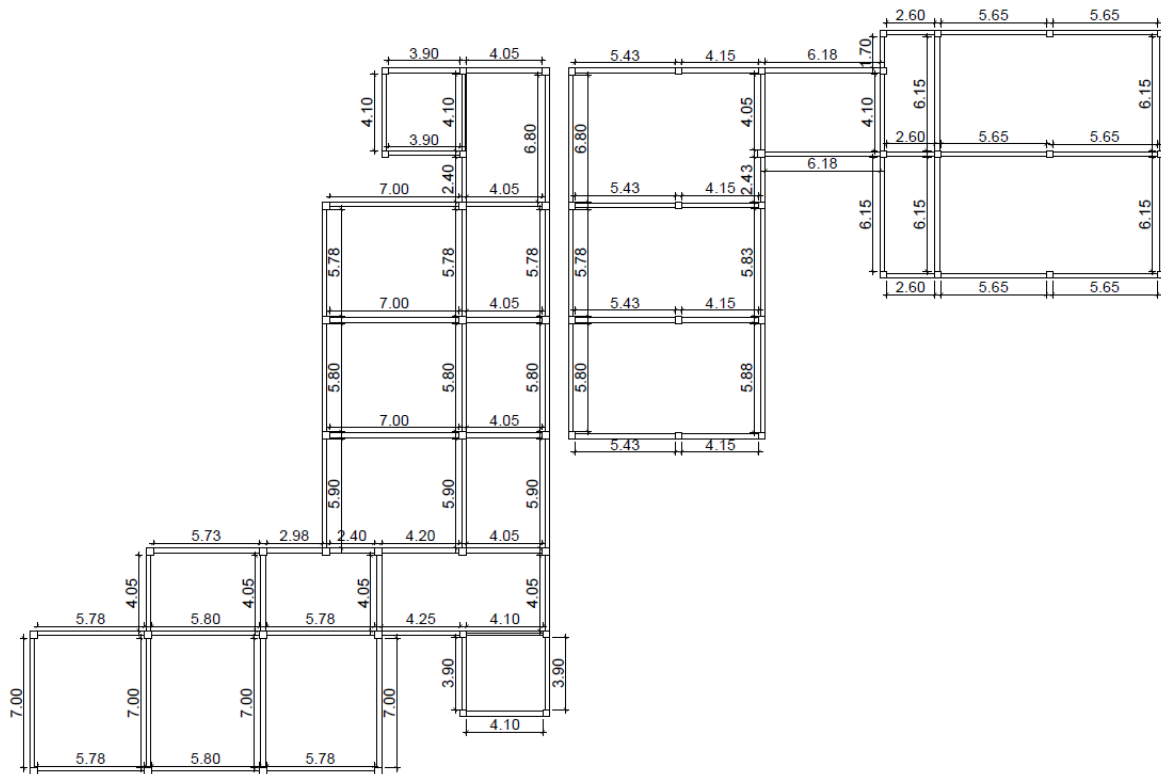
Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

### **3.1.2. Vigas de arrioste esquema inicial**

Las vigas de arrioste tendrán una única sección de 25x40 centímetros a la altura del terreno en planta baja. La sección tendrá una variación en las vigas de arrioste que dan inicio a las escaleras con una sección de 30x40 centímetros y el ala vertical de borde tendrá un ancho de 15 centímetros, esto para asegurar su correcto apoyo (ver imagen 44, 45 y 46).

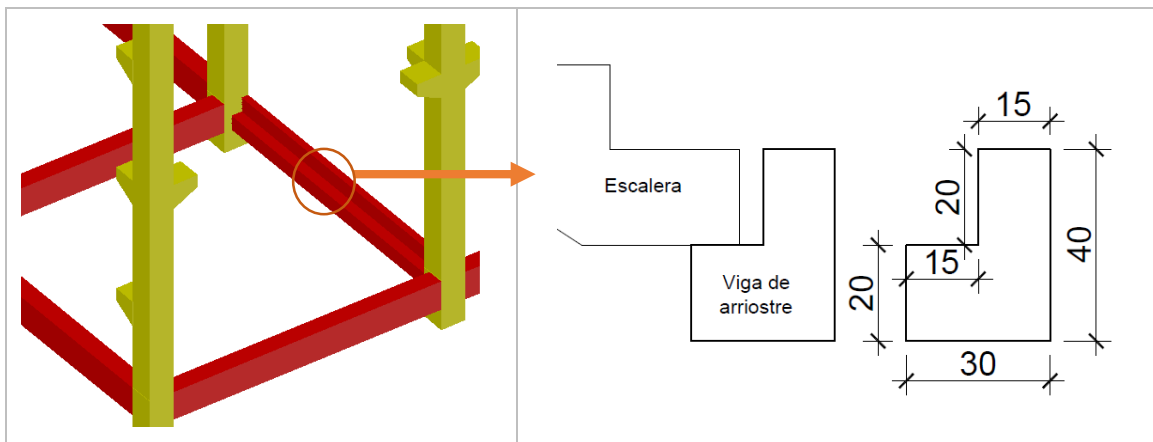


**Imagen 44: Vigas de arriostre vista en planta**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

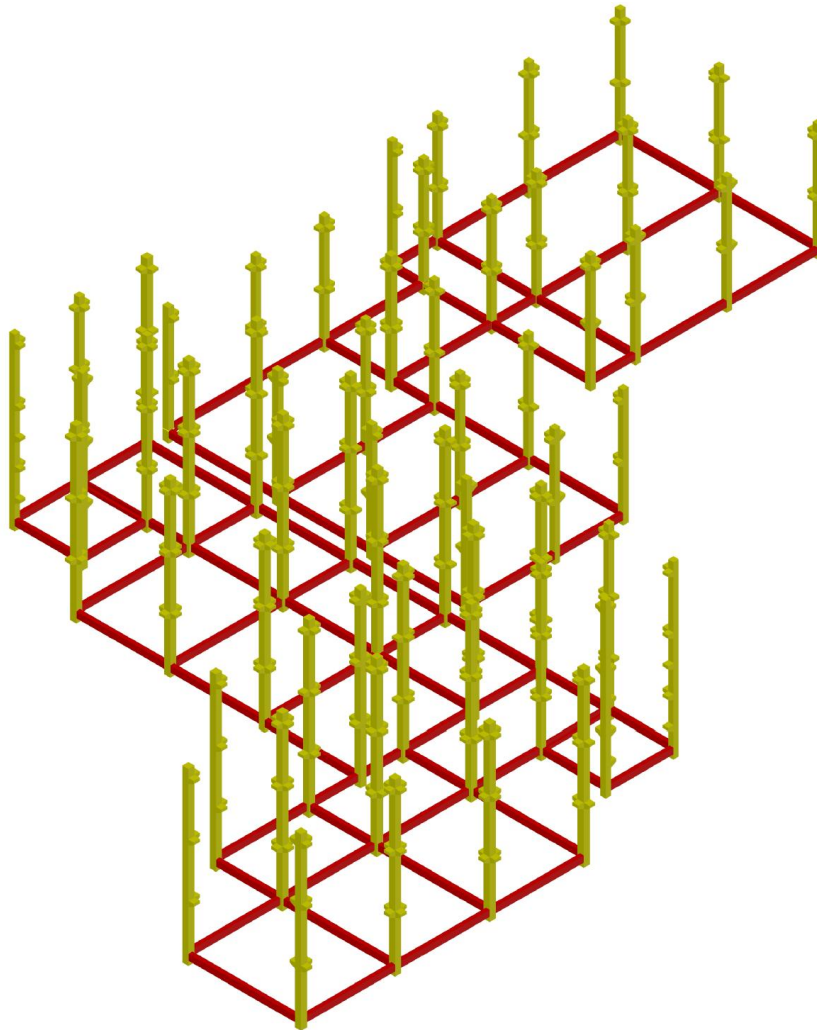
**Imagen 45: Detalle viga de arriostre preliminar**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.



**Imagen 46: Vigas de arriostre preliminares vista 3D**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

### **3.1.3. Vigas esquema inicial**

Las secciones de las vigas de rigidez paralelas a las losas alveolares serán de sección rectangular de 25x50 centímetros, al igual que las vigas de cubierta pues no tendrá azotea o terraza, solo cubierta metálica, sin embargo la cubierta de la escalera será con losas alveolares porque recibirá el peso del tanque elevado de dotación de agua.

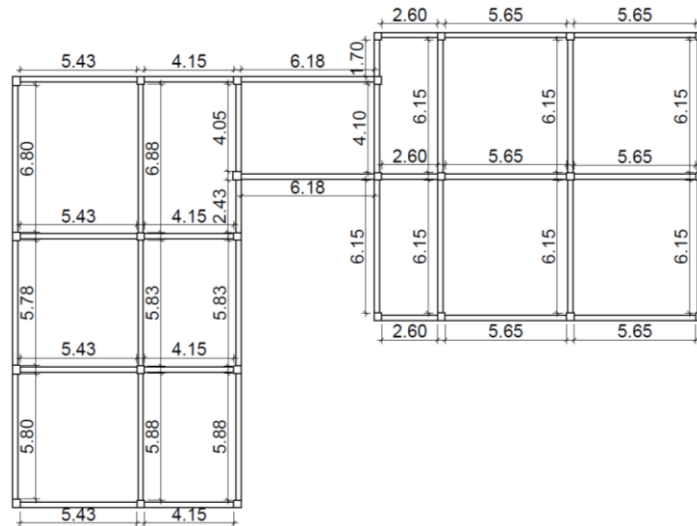
En el caso de vigas principales centrales donde la losa alveolar se apoyará en las dos caras la sección será en forma de "T" invertida de 35x50 centímetros con el alma de 20 centímetros de ancho dejando 10 centímetros en cada lado para el apoyo correspondiente de las losas alveolares. Las vigas de borde donde apoyan las losas alveolares serán en forma de "L" invertida con 30x50 centímetros asegurando 10 centímetros para apoyo de la losa, el ala vertical de borde tendrá 15 centímetros de ancho (*ver imagen 47, 48, 49, 50 y 51*).

**Imagen 47: Vigas planta tipo**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

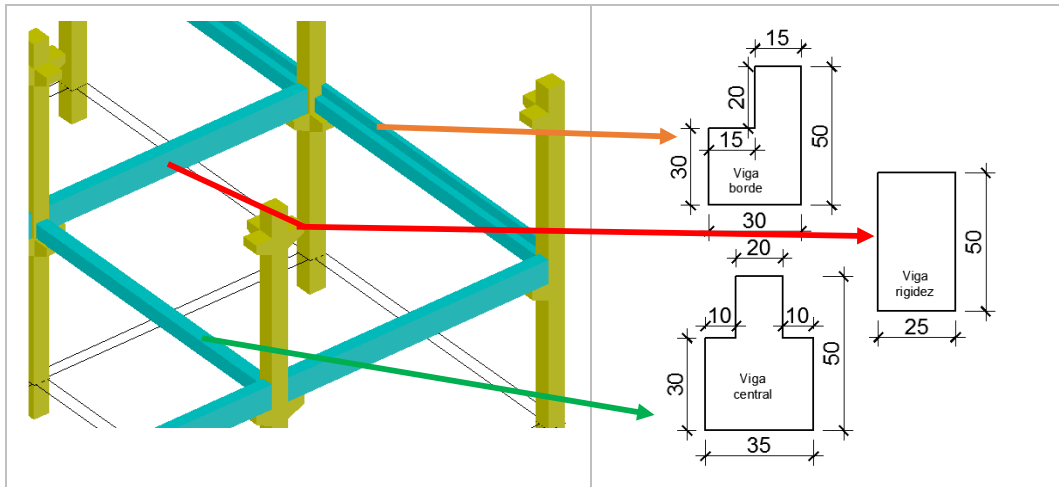
**Imagen 48: Vigas cubierta bloque administración-taller**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.



**Imagen 51: Detalle vigas preliminares**

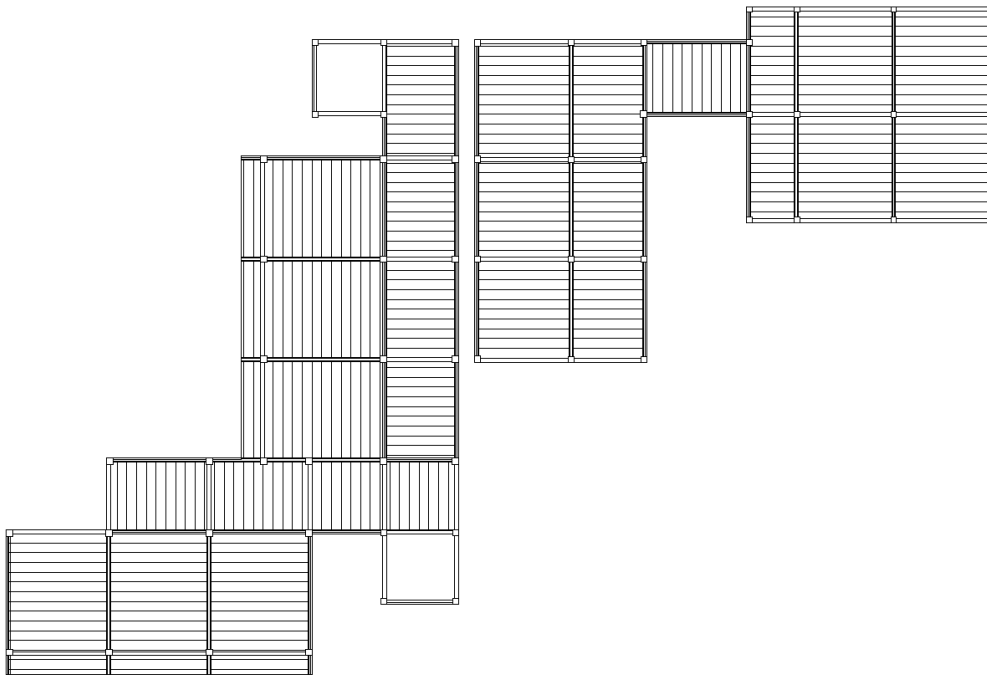


Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

### 3.1.4. Losas esquema inicial

Las losas serán inicialmente losas huecas alveolares de 60 centímetros de ancho y 22 centímetros de alto. La longitud será variable en función a la luz necesaria de cada paño, sin embargo por recomendación de la empresa PRETESA que fabrica estas losas en Bolivia la luz máxima será de 8 metros.

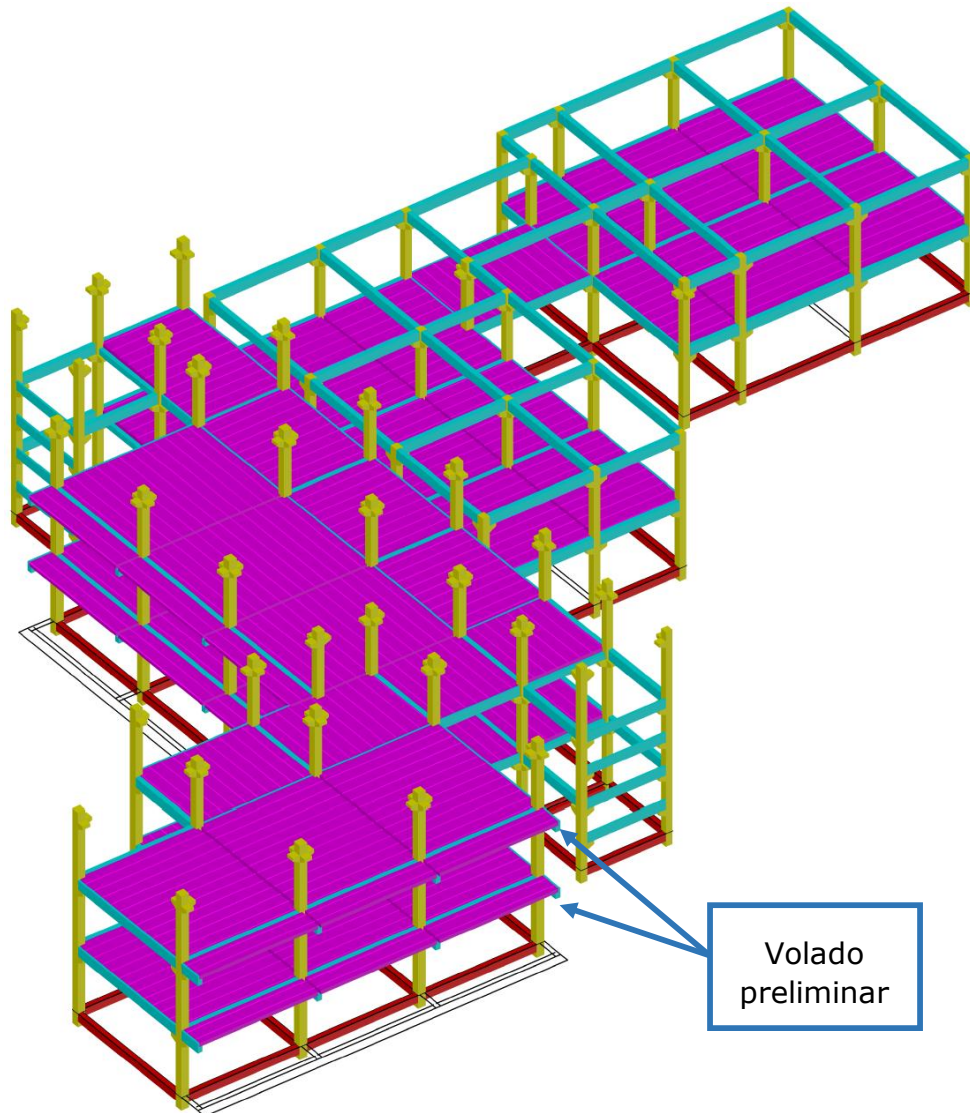
**Imagen 52: Losas vista en planta**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

Las losas solo se apoyan en un solo sentido, siempre intentando cubrir la luz más corta. En el caso del volado del bloque Aulas, una opción pudo ser que las losas alveolares cubran el volado cambiando el sentido de colocado de las mismas, sin embargo la luz era mayor a 8 metros por lo cual se decidió utilizar vigas en volado y apoyar las losas en sentido perpendicular al volado (ver imagen 52 y 53).

**Imagen 53: Losas preliminares vista 3D**



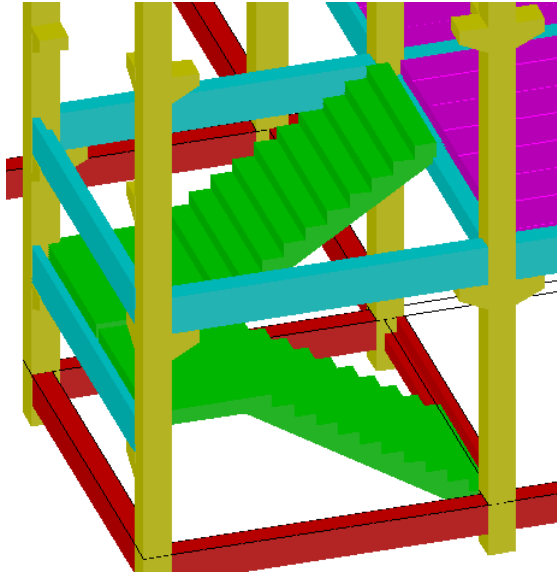
Las líneas negras representan el replanteo base de los ejes y vigas.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

Las losas alveolares se apoyaran 10 centímetros en los bordes de las vigas dejando el espacio suficiente para el vaciado in situ. La capa de compresión será igual con vaciado in situ, normalmente el espesor utilizado es de 5 centímetros,



**Imagen 56: Escalera preliminar vista 3D**



Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.6. Conexiones en esquema inicial**

#### Conexión rígida emuladora

Es el tipo de conexión que requiere vaciado in situ en los nudos, por lo cual es el que más demoras en la construcción podría tener, sin embargo al ser el prefabricado una metodología constructiva aun nueva en Bolivia, es sin duda la que mayor aceptación podría tener en el medio. De igual forma brindaría mayor estabilidad estructural en las zonas con sismicidad considerable (ver imagen 57).

**Imagen 57: Ejemplo 2, nudo rígido**



Fuente: [www.tensocret.cl](http://www.tensocret.cl).



### 3.2. MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La modelación de la estructura fue realizada mediante el programa CYPECAD ver. 2021 con licencia temporal académica de la Universidad Politécnica de Valencia. Se adoptaron 3 situaciones para realizar la modelación:

- **A. Hormigón Armado con acción de viento:** La modelación consistió en emular la estructura ya construida in situ. Se adoptó la acción de viento debido a que el diseño original de la unidad educativa contempla únicamente acción de viento.
- **B. Hormigón prefabricado con acción de viento:** La modelación consistió en el diseño de la misma estructura con acción de viento pero como hormigón prefabricado. Las conexiones adoptadas fueron vaciadas in situ.
- **C. Hormigón prefabricado con acción sísmica:** La modelación consistió en el diseño de la misma estructura sin acción de viento pero con acción sísmica. Las conexiones adoptadas fueron vaciadas in situ.

Las primeras dos modelaciones contemplan solo acción de viento para poder ser comparadas bajo escenarios similares. Esto debido a que la unidad educativa construida in situ fue originalmente diseñada solo con acción de viento. La tercera modelación contempla solo la acción sísmica para determinar las secciones y planos constructivos que la estructura podría tener actualmente. Se decidió utilizar solo sismo o solo viento en las modelaciones en base a lo recomendado en la Norma Boliviana 12225002 [11] en el acápite "2.3. Simultaneidad de las acciones" donde la acción sísmica y la de viento no se combinan.

#### 3.2.1. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño utilizados en las tres modelaciones son mostradas a continuación en la Tabla 3:

**Tabla 3: Parámetros de diseño**

<b>Parámetro</b>	<b>A) Hormigón Armado + viento</b>	<b>B) Hormigón Prefabricado + viento</b>	<b>C) Hormigón Prefabricado + sismo</b>
<i>Resistencia característica del hormigón (<math>f_{ck}</math>)</i>	21MPa para todos los elementos.	25MPa para cimientos. 30MPa para el resto de los elementos.	30MPa para todos los elementos.
<i>Resistencia del acero (<math>f_{yk}</math>)</i>	500 Mpa	500 Mpa	500 Mpa
<i>Tamaño máximo de árido</i>	15mm	15mm	15mm

<i>Tensión admisible del terreno</i>	0,1 MPa en situaciones persistentes. 0,125 MPa en situaciones accidentales.	0,1 MPa en situaciones persistentes. 0,125 MPa en situaciones accidentales.	0,1 MPa en situaciones persistentes. 0,125 MPa en situaciones accidentales.
<i>Columnas de arranque</i>	1,10m	0,90m	1,05m
<i>Cota de fundación</i>	-1,5m	-1,5m	-1,5m
<i>Norma de diseño estructural</i>	NB 1225001-1: 2017	NB 1225001-1: 2017	NB 1225001-1: 2017
<i>Norma de viento</i>	NB 1225003-1	NB 1225003-1	-
<i>Norma sísmica</i>	-	-	GBDS 2020
<i>Carga muerta</i>	2,7 KN/m <sup>2</sup> en forjados	2,7 KN/m <sup>2</sup> en forjados	2,7 KN/m <sup>2</sup> en forjados
<i>Sobrecarga en aulas</i>	2KN/m <sup>2</sup>	2KN/m <sup>2</sup>	2KN/m <sup>2</sup>
<i>Sobrecarga en pasillos y escaleras</i>	4,8 KN/m <sup>2</sup>	4,8 KN/m <sup>2</sup>	4,8 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga por baranda metálica</i>	0,9 KN/m	0,9 KN/m	0,9 KN/m
<i>Carga por mampostería de ladrillo en viga</i>	6 KN/m	6 KN/m	6 KN/m
<i>Carga por mampostería de ladrillo en losa</i>	0,2 KN/m <sup>2</sup> en ingresos. 2KN/m <sup>2</sup> en 1er baño. 3KN/m <sup>2</sup> en 2do baño	0,2 KN/m <sup>2</sup> en ingresos. 2KN/m <sup>2</sup> en 1er baño. 3KN/m <sup>2</sup> en 2do baño	0,2 KN/m <sup>2</sup> en ingresos. 2KN/m <sup>2</sup> en 1er baño. 3KN/m <sup>2</sup> en 2do baño
<i>Peso por cubierta metálica</i>	2,9 KN/m	2,9 KN/m	2,9 KN/m
<i>Parapeto en cubierta</i>	2,8 KN/m	2,8 KN/m	2,8 KN/m
<i>Carga por cielo falso en cubierta</i>	0,8 KN/m	0,8 KN/m	0,8 KN/m
<i>Ménsulas</i>	-	En todos los niveles	En todos los niveles

<i>Losas o forjados</i>	Ambientes: Nervada en doble sentido. Pasillo: Nervada en un sentido.	Losa alveolar LH/22	Losa alveolar LH/22
<i>Losa para tanque</i>	Sobrecarga: 0,1 KN/m <sup>2</sup> Carga Muerta: 5,1 KN/m <sup>2</sup>	Sobrecarga: 0,1 KN/m <sup>2</sup> Carga Muerta: 5,1 KN/m <sup>2</sup>	Sobrecarga: 0,1 KN/m <sup>2</sup> Carga Muerta: 5,1 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carpeta de compresión</i>	5cm	8cm	8cm

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las losas alveolares LH/22 para las modelaciones con hormigón prefabricado. La norma Boliviana NB 1225001 utilizada por CYPECAD no contempla las mismas, por ese motivo se decidió emular las losas utilizando viguetas prefabricadas con peso propio igual a 3,6 KN/m<sup>2</sup> según especificaciones técnicas de PRETESA para las losas alveolares LH/22.

Como las viguetas prefabricadas son parcialmente empotradas, se decidió fijar el coeficiente de empotramiento a 25% para evitar la necesidad de refuerzo por negativo superior a la malla de acero de refuerzo utilizada en la capa de compresión.

Se decidió adoptar 8 centímetros de carpeta de compresión para asegurar el recubrimiento necesario por normativa NB 1225001-1 [10] y asegurar un correcto efecto diafragma frente a las acciones horizontales. De igual forma la malla de compresión utilizada ( $\Phi 6c/20cm$ ) cumple con lo mínimo especificado en normativa [10], siendo la mínima de 0,0015 y la adoptada de 0,0017 cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>.

### 3.2.2. Parámetros para acción de viento

Se tomó en cuenta la acción basada en la presión de viento utilizada en el diseño original y en ambos sentidos. La acción de viento fue utilizada en la primera modelación "A. Hormigón armado con acción de viento" y la segunda modelación "B. Hormigón prefabricado con acción de viento como se muestra en la Tabla 4:

**Tabla 4: Parámetros acción de viento**

<b>Parámetro</b>	<b>A) Hormigón Armado + viento</b>	<b>B) Hormigón Prefabricado + viento</b>
Sentido acción de viento	Sentido "X" y "Y"	Sentido "X" y "Y"
Anchos de banda	X= 60,40; Y=41,54	X= 60,40; Y=41,54
Categoría de uso	III: Edificios y otras estructuras que representan peligro para la vida humana en caso de falla.	III: Edificios y otras estructuras que representan peligro para la vida humana en caso de falla.
Velocidad básica de viento	27,77 m/s	27,77 m/s
Tipo de estructura	C: Estructura de contraviento constituida por pórticos de hormigón armado.	C: Estructura de contraviento constituida por pórticos de hormigón armado.
Categoría de terreno	B: Áreas urbanas y suburbanas	B: Áreas urbanas y suburbanas
Topografía de terreno	Llano	Llano
Presión de viento por planta	0,5 KN/m <sup>2</sup>	0,5 KN/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

No se tomaron en cuenta efectos de segundo orden por ser magnitudes muy pequeñas y por tratarse únicamente de acción de viento. La justificación de la acción de viento será mostrada en la parte de Anejos.

### **3.2.3. Parámetros para acción de sismo**

La acción sísmica fue basada en la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020, con un valor PGA igual a 20% según el mapa probabilístico de amenaza sísmica y en ambos sentidos, los parámetros utilizados para la modelación se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5: Parámetros acción sísmica**

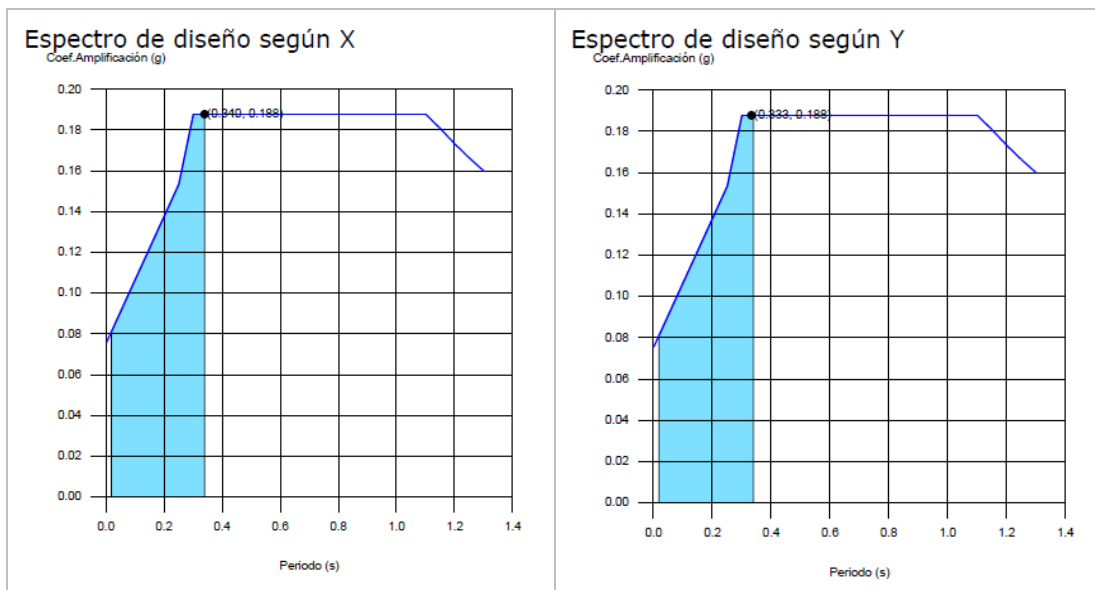
<b>Parámetro</b>	<b>C) Hormigón Prefabricado + sismo</b>
Sentido acción sísmica	Sentido "X" y "Y"
Método de análisis	Modal Espectral
Fracción de sobrecarga de uso	0,5 (mínimo en estructuras con aglomeración)
Fracción de sobrecarga de nieve	0,0 (sin nieve)
Fracción multiplicador de espectro	1.0 (según normativa)
Factor de modificación de respuesta (Ro)	5 (pórticos intermedios resistentes a momentos)
Factor de amplificación de desplazamientos (Cdo)	4,5 (pórticos intermedios resistentes a momentos)
Factor de irregularidad	Ia=0,9 (en altura); Ip=1,0(en planta)
Aceleración máxima de suelo (So o PGA)	20%, según mapa probabilístico para departamento de Cochabamba.
Tipo de suelo	S4: suelo blando (Tensión admisible 0,5 - 1,5 MPa).
Categoría de edificio	III: Edificio con aglomeración de personas o cuyo contenido es de gran valor para la sociedad.
Tipo de estructura	I: Pórticos de hormigón resistentes a momentos ( $Ta = 0.0466 \cdot h^{0.9}$ )
Numero de modos de vibración	Según norma, hasta obtener al menos el 90% de masa desplazada
Efecto de componente vertical sísmica	10%
Verificación de cortante basal	Si, según norma
Periodo de vibración de cálculo T	Modo1= 0,34 seg; Modo 3=0,33seg
Aceleración de cálculo A	A = 0,188g
Factores de modificación cortante basal	1,29 en X; 1,28 en Y
Cortante máximo	Planta baja sismo en Y: 3740,89 KN

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de acción sísmica se tomó en cuenta los efectos de segundo orden P-delta que CYPECAD utiliza en la modelación, según lo recomendado en la guía Boliviana de diseño sísmico GBDS 2020 [9]. Debido a que la fuerza horizontal era mayor en comparación a la acción de viento utilizada en las primeras dos modelaciones.

El espectro de diseño obtenido en base a la GBDS 2020 [9] en los sentidos "X" y "Y" son mostrados en la imagen 58.

**Imagen 58: Espectro de diseño sísmico**



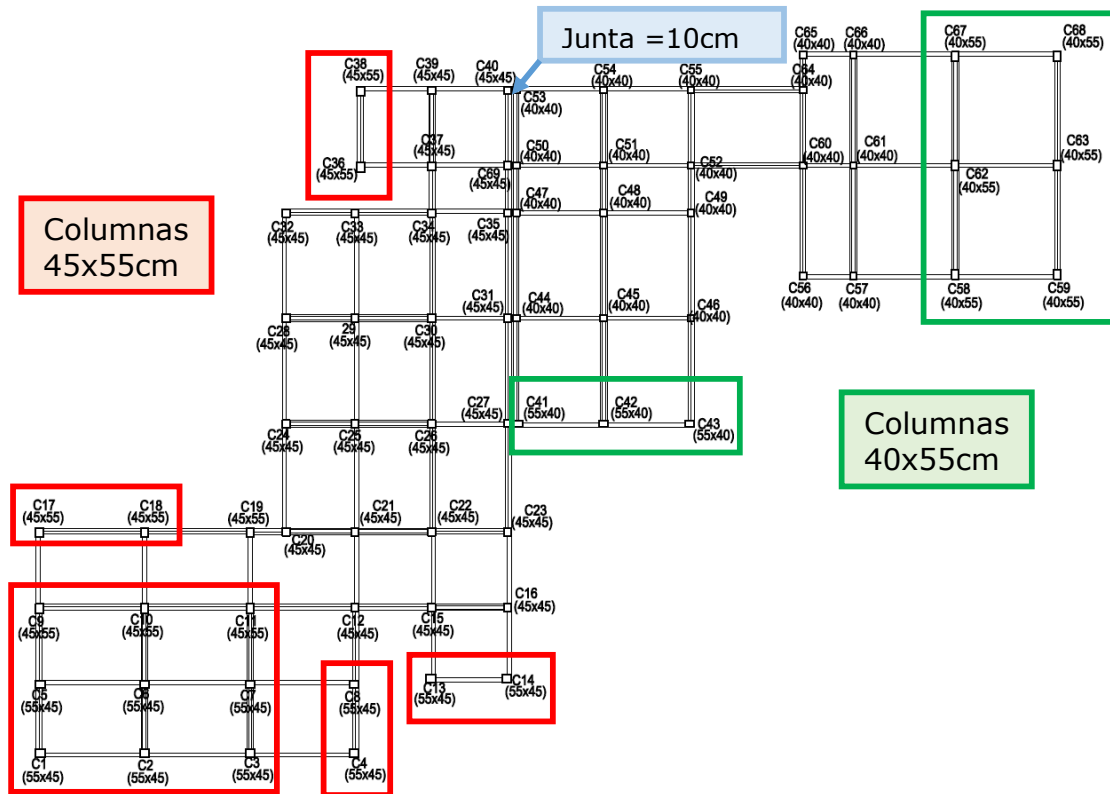
Fuente: Elaboración propia en base al listado de Justificación Sísmica CYPECAD

La distorsión o deriva máxima (relación entre desplazamiento y altura de piso) obtenida fue de 0,008. La cual es menor al máximo establecido en la GBDS 2020[9] de 0,012. Para lograr que se cumpla la deriva se decidió incrementar las secciones de las columnas hasta cumplir el parámetro. Idealmente las secciones de columnas debían ser las mismas para permitir mayor rapidez en la fabricación, sin embargo al momento de evaluar los desplazamientos en los sentidos "X" y "Y" por los modos de vibración, se detectó que la estructura presentaba torsión por la fuerza horizontal. La GBDS 2020[9] recomienda que la estructura de análisis tenga una disposición tal que dichas torsiones se limiten permitiendo a la estructura desplazarse en conjunto. Se decidió incrementar las secciones de las columnas en ciertas secciones de la estructura para mejorar el centro de rigidez y limitar dichas torsiones.

Como se puede ver en la imagen 59, las columnas con mayor incremento de sección se encuentran en los extremos (45x55cm para el bloque de aulas representado de color rojo y 40x55cm para el bloque de administración y taller

representado de color verde). Mientras que en las zonas centrales las columnas son de 45x45cm para el bloque aulas y 40x40cm para el bloque administración y taller como se había planificado preliminarmente.

**Imagen 59: Disposición de columnas con acción sísmica**



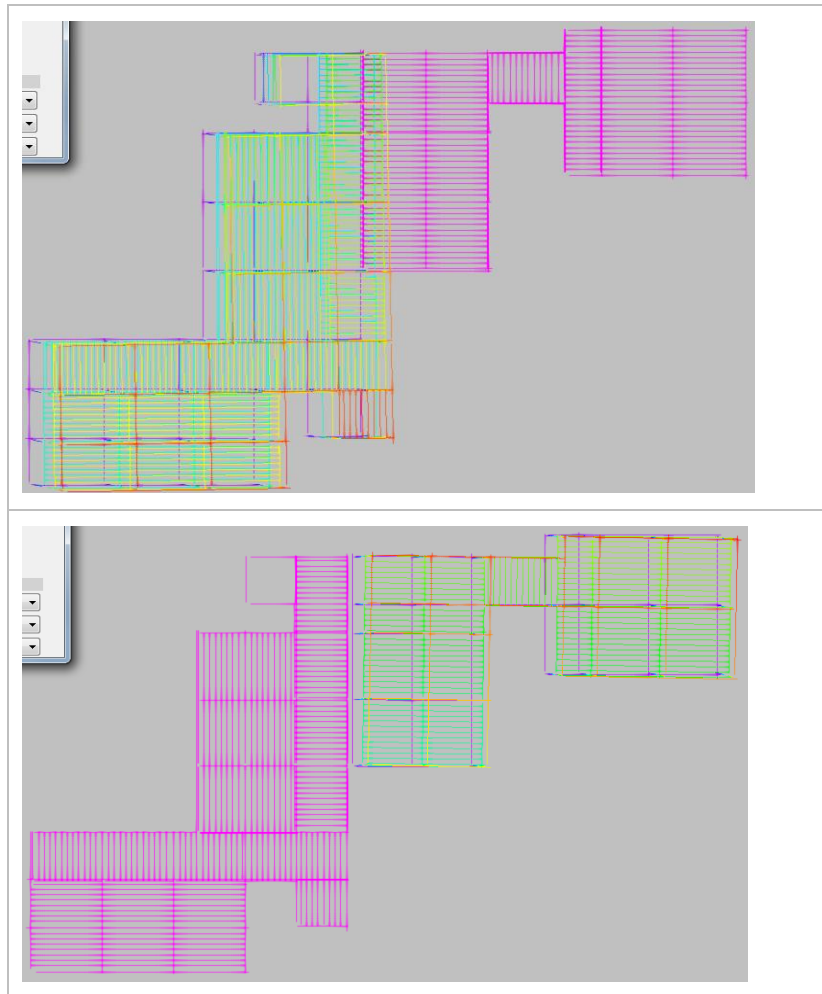
Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD.

Se adoptó 10 centímetros de separación o junta de dilatación entre bloques siendo lo mínimo recomendado en la GBDS 2020[9] para estructuras con acción sísmica (ver imagen 59).

En la imagen 60 y 61 se pueden apreciar los desplazamientos de la estructura en los modos 1 (bloque aulas, desplazamiento = 24,99mm) y 2 (bloque administración y taller, desplazamiento = 16,12mm) para el desplazamiento en "X". De igual forma los modos 3 (bloque aulas, desplazamiento = 21,91mm) y 15 (Bloque administración y taller, desplazamiento = 15,43mm) para el desplazamiento en "Y". Desplazamientos que en relación con la altura cumplen la deriva máxima como se mencionó anteriormente.

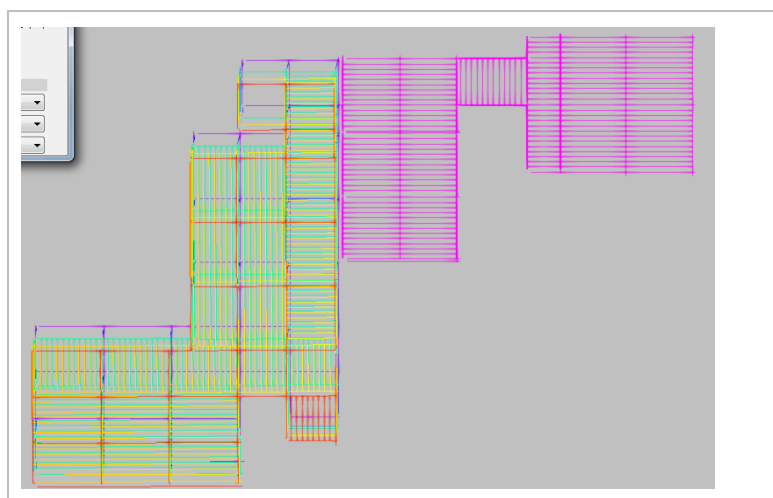


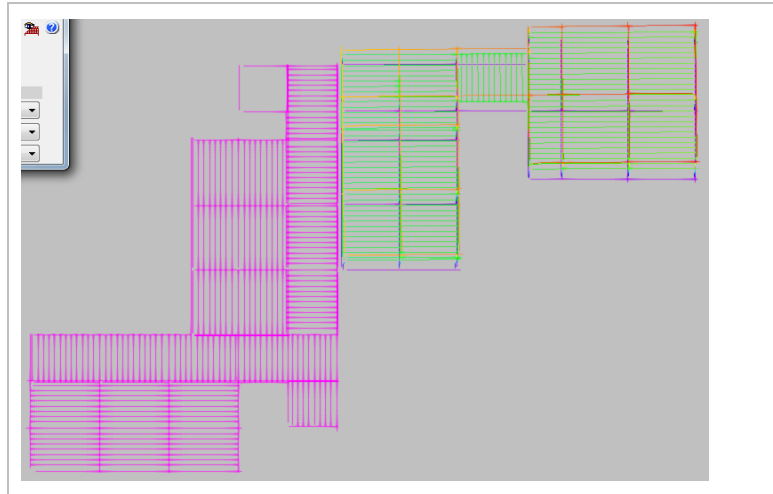
**Imagen 60: Desplazamiento en X, modo 1 y 2**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

**Imagen 61: Desplazamiento en Y, modo 3 y 15**





Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

La justificación sísmica completa será mostrada en la parte de anejos.

### 3.2.4. Geometría final de la estructura

Si bien se tenía una geometría inicial para comenzar la modelación, es la misma modelación donde se definió la geometría final de la estructura como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6: Resumen Geometría final**

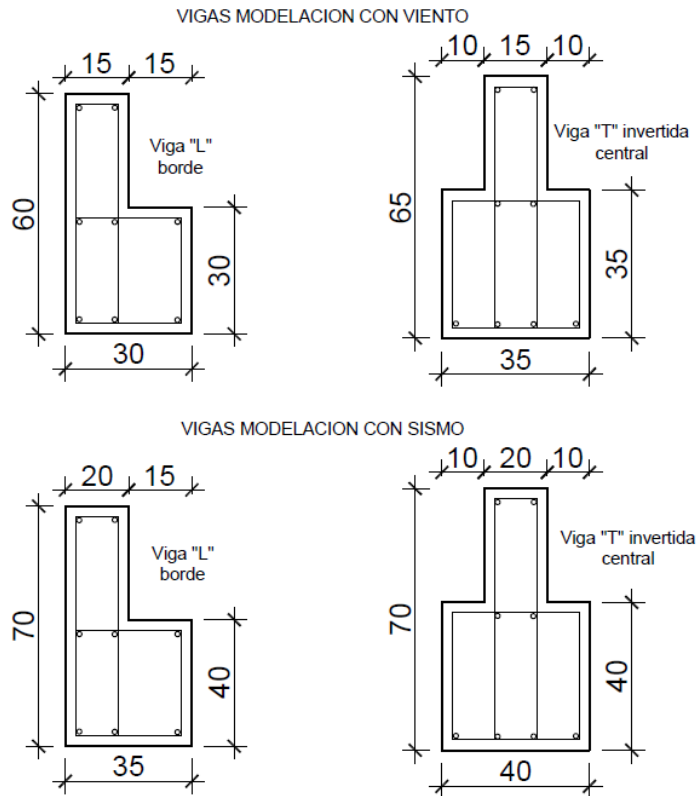
<b>Parámetro</b>	<b>A) Hormigón Armado + viento</b>	<b>B) Hormigón Prefabricado + viento</b>	<b>C) Hormigón Prefabricado + sismo</b>
Geometría Zapatas	Zapatas rectangulares. Canto: 35-50cm	Zapatas trapezoidales. Canto menor: 40cm Canto total: 75cm	Zapatas trapezoidales. Canto menor: 45-70cm Canto: 90-100cm
Volumen Zapatas	159.76m <sup>3</sup>	199.39m <sup>3</sup>	500.01m <sup>3</sup>
Geometría columnas	<u>Administración:</u> 35x35; 40x40; 35x40cm  <u>Aulas:</u> 35x35; 40x40cm	<u>Administración:</u> 30x30; 35x35cm  Aulas: 35x35; 40x40cm	<u>Administración:</u> 40x40; 40x55cm  Aulas: 45x45; 45x55cm
Volumen columnas	67,22m <sup>3</sup>	60,72m <sup>3</sup>	106,04m <sup>3</sup>

Geometría ménsulas	-	Vuelo: 20cm Ancho: 35cm Canto mayor: 30cm Canto menor: 15cm	Vuelo: 20cm Ancho: 40cm Canto mayor: 30cm Canto menor: 15cm
Volumen ménsulas	-	10,38m <sup>3</sup>	11,68m <sup>3</sup>
Geometría vigas	<u>Rectangulares:</u> 20x40; 20x45; 25x60cm	<u>Rectangulares:</u> 20x40 <u>Vigas "L":</u> Base: 30cm Canto base: 30cm Ancho alma: 15cm Canto total: 60cm <u>Vigas "T" invertido:</u> Base: 35cm Canto base: 35cm Ancho alma: 15cm Canto total: 65cm	<u>Rectangulares:</u> 25x45 <u>Vigas "L":</u> Base: 35cm Canto base: 40cm Ancho alma: 20cm Canto total: 70cm <u>Vigas "T" invertido:</u> Base: 40cm Canto base: 40cm Ancho alma: 20cm Canto total: 70cm
Volumen Vigas	199,45m <sup>3</sup>	182,67m <sup>3</sup>	296,54m <sup>3</sup>
Geometría Losa	<u>Pasillos:</u> Losa nervada en 1dir, canto 25cm <u>Ambientes:</u> Losa nervada en 2dir, canto 25cm	Losa alveolar LH/22 Ancho: 60cm Canto: 22cm.	Losa alveolar LH/22 Ancho: 60cm Canto: 22cm.
Volumen Losa	155,25 m <sup>3</sup>	175,5 m <sup>3</sup>	175,5 m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

La diferencia de volúmenes entre las modelaciones "A. hormigón armado + viento" y "B. hormigón prefabricado + viento" no es elevada debido a que en ambos casos se tiene solo la acción de viento. Los volúmenes de la modelación "C. hormigón prefabricado + sismo" se incrementan considerablemente, esto demuestra la influencia que tiene la acción sísmica en el diseño estructural (ver tabla 6).

### Imagen 62: Detalle vigas no rectangulares

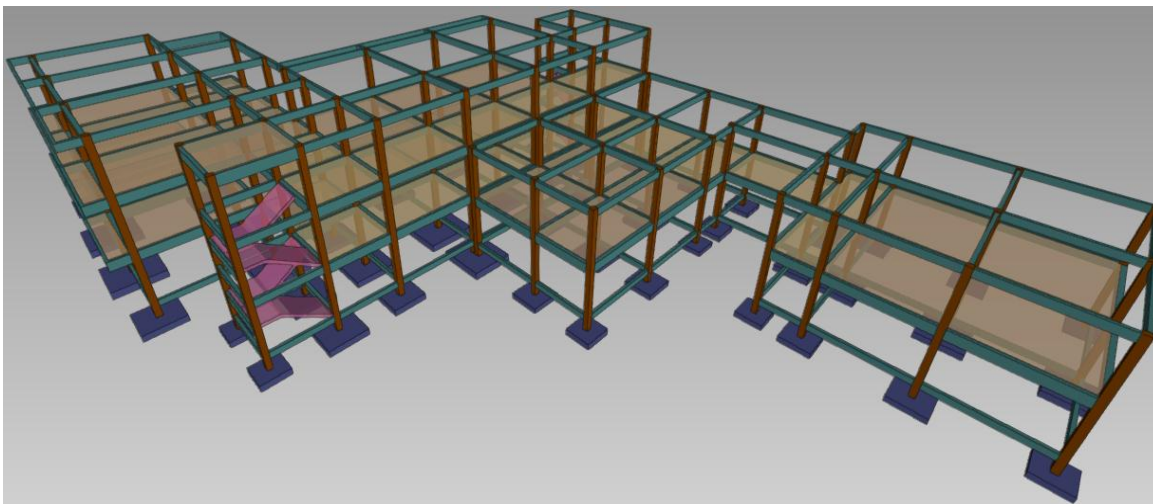


Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

Si bien los tipos de viga utilizados fueron los establecidos preliminarmente (Vigas rectangulares, T y L invertidas), el ancho y canto de las mismas se vio incrementada como se ve en la imagen 62.

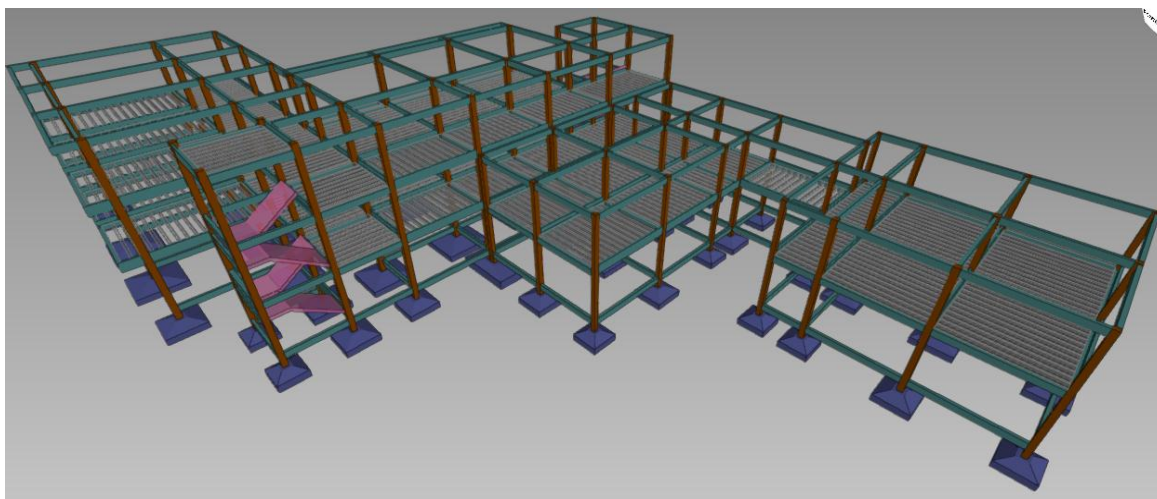
Inicialmente se consideró contar con un volado en el bloque de aulas, sin embargo en base a la modelación con sismo se decidió evitar los volados utilizando vigas de borde y modificando la disposición de las columnas (*ver imagen 59 y 65*).

**Imagen 63: Modelación A) HoAo + viento**



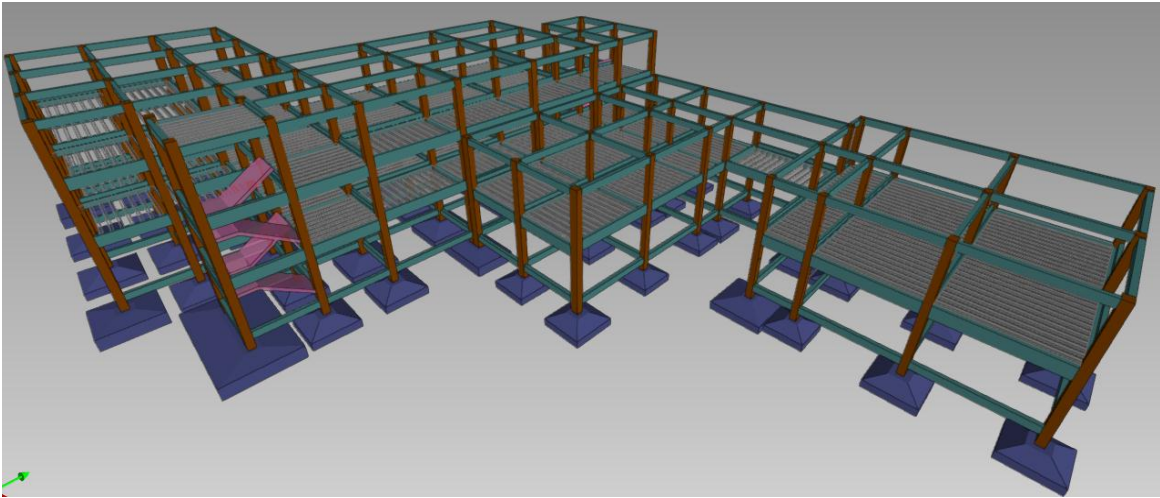
Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

**Imagen 64: Modelación B) HoPref. + viento**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

**Imagen 65: Modelación C) HoPref. + sismo**

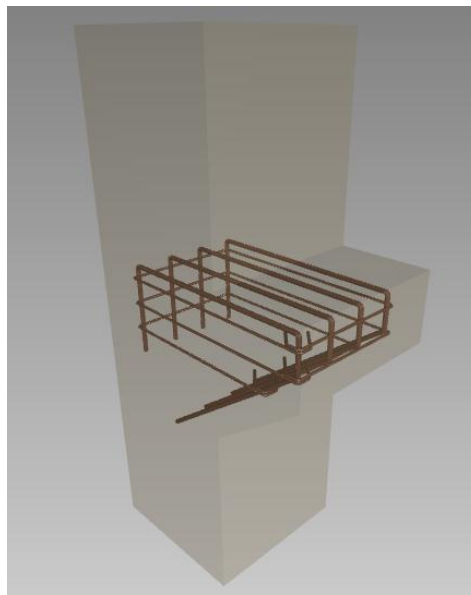


Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

En las imágenes 63 y 64 se puede apreciar la modelación realizada de las losas de hormigón prefabricado utilizando viguetas prefabricadas emulantes con un peso de 3,6 KN/m<sup>2</sup> correspondiente a una losa alveolar LH/22, coeficiente de empotramiento de 25% y 10cm de apoyo en vigas.

El momento flector máximo obtenido en las losas fue de 47,37 KNm teniendo en cuenta que el momento flector máximo de diseño para las losas LH/22 de PRETESA es de 62 KNm. La modelación cumple con los límites especificados.

**Imagen 66: Modelación ménsulas**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

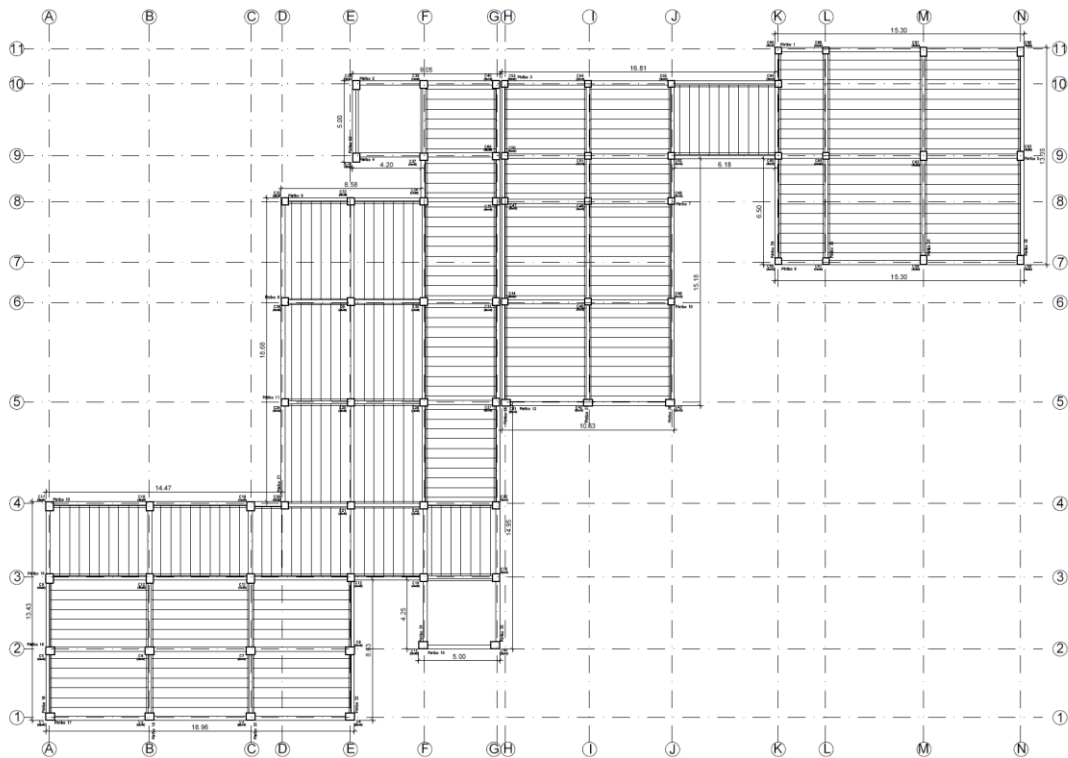
Los cortantes máximos o reacciones de las vigas para el diseño de las ménsulas fueron 262,45 KN mayoradas y 187,46 KN sin mayorar bajo la combinación más demandante 1,4PP+1,4CM.

Como las ménsulas fueron diseñadas por separado se decidió ingresar cargas verticales puntuales en todos los niveles de las columnas igual a 0,35 KN correspondientes al peso de cada ménsula.

### 3.2.5. Detalles constructivos hormigón prefabricado con acción sísmica

Los planos elaborados en el presente trabajo engloban planos de armado, emplazamiento y detalles constructivos. En este apartado se mostrara ejemplos de los mismo dejando la totalidad para el apartado de Planos.

**Imagen 67: Replanteo 1er Nivel**

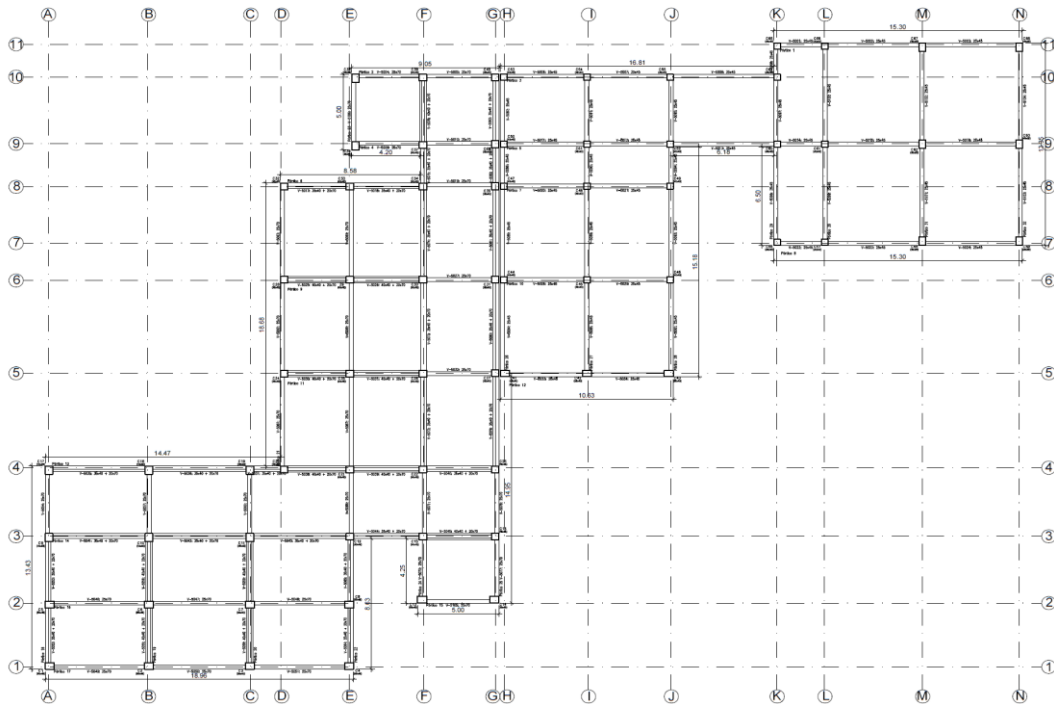


Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

En la imagen 67 y 68 se muestra un ejemplo de los planos de replanteo, en este caso correspondiente al primer nivel o 1era losa. Se muestran los ejes correspondientes para su correcta ubicación, acotaciones, etiquetado de las vigas y los pórticos correspondientes.



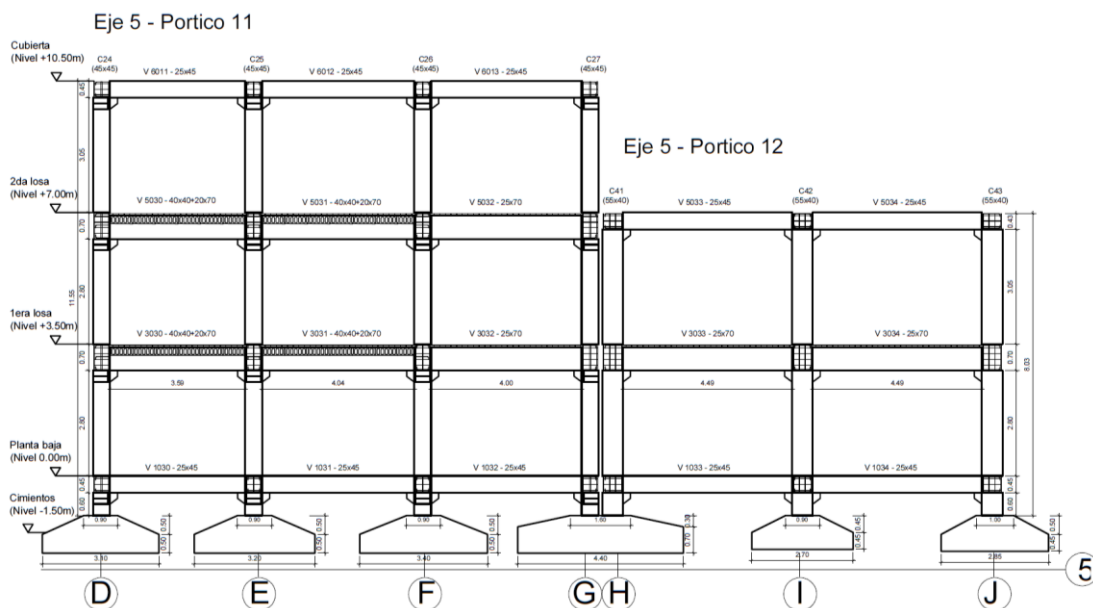
**Imagen 68: Replanteo vigas 1er nivel**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

En la imagen 69 se muestra un ejemplo de los pórticos, en el ejemplo corresponde a los pórticos 11 y 12. Se muestra el emplazamiento de las vigas, las columnas, el etiquetado de los mismos como también los distintos niveles.

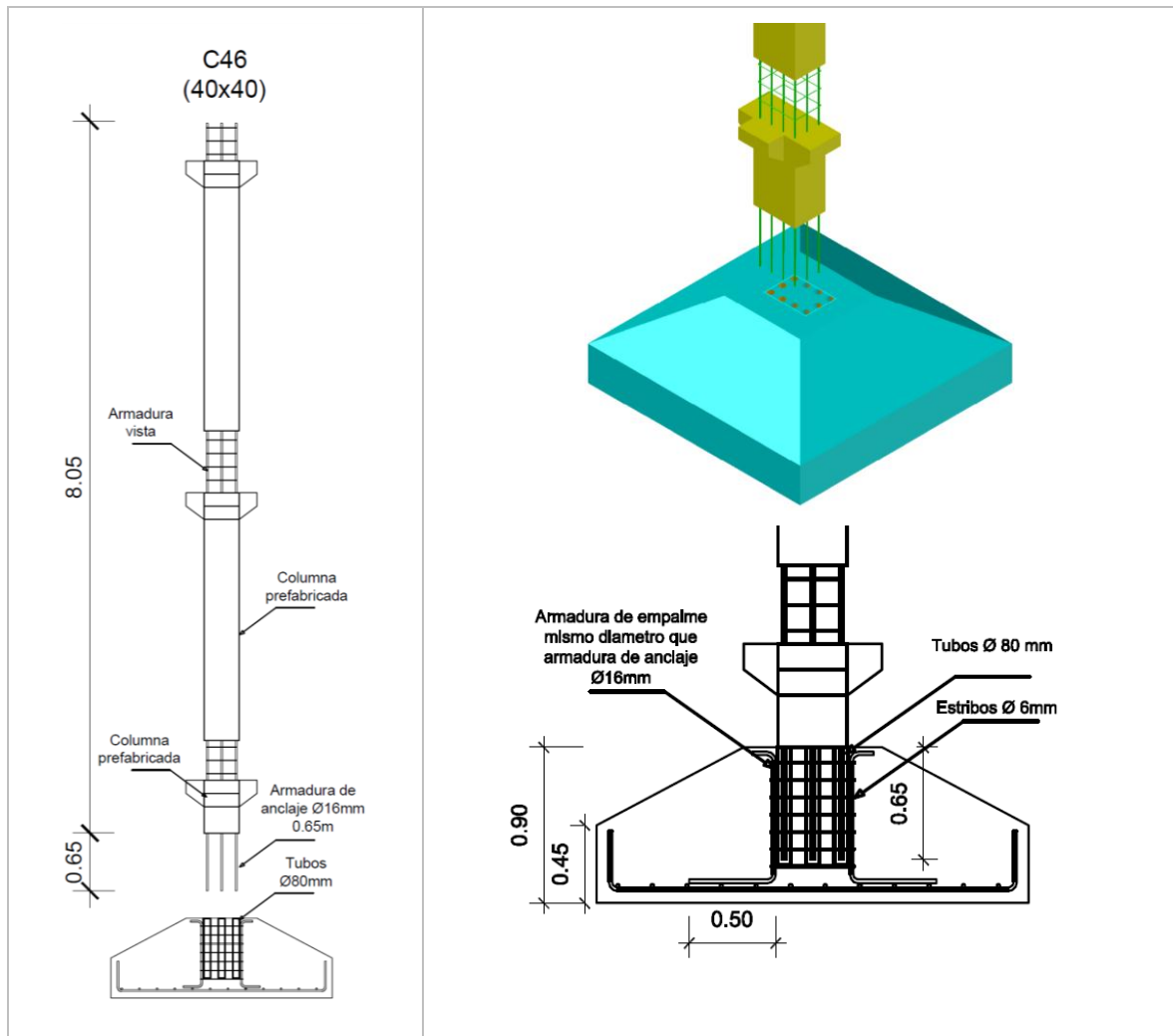
**Imagen 69: Emplazamiento pórtico 11 y 12**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

En la imagen 70 se muestra un ejemplo de detalle constructivo referente a la unión columna zapata, concretamente de la columna tipo 40x40cm correspondiente a los bloques de administración y talleres. En la parte de Planos se mostraran los detalles del resto de columnas tipo como por ejemplo las columnas de 45x55cm con armadura principal  $\Phi 20$  milímetros donde el empalme no es solo de 65cm como se ven en la figura y más bien es de 80cm.

**Imagen 70: Detalle constructivo unión columna- zapata**



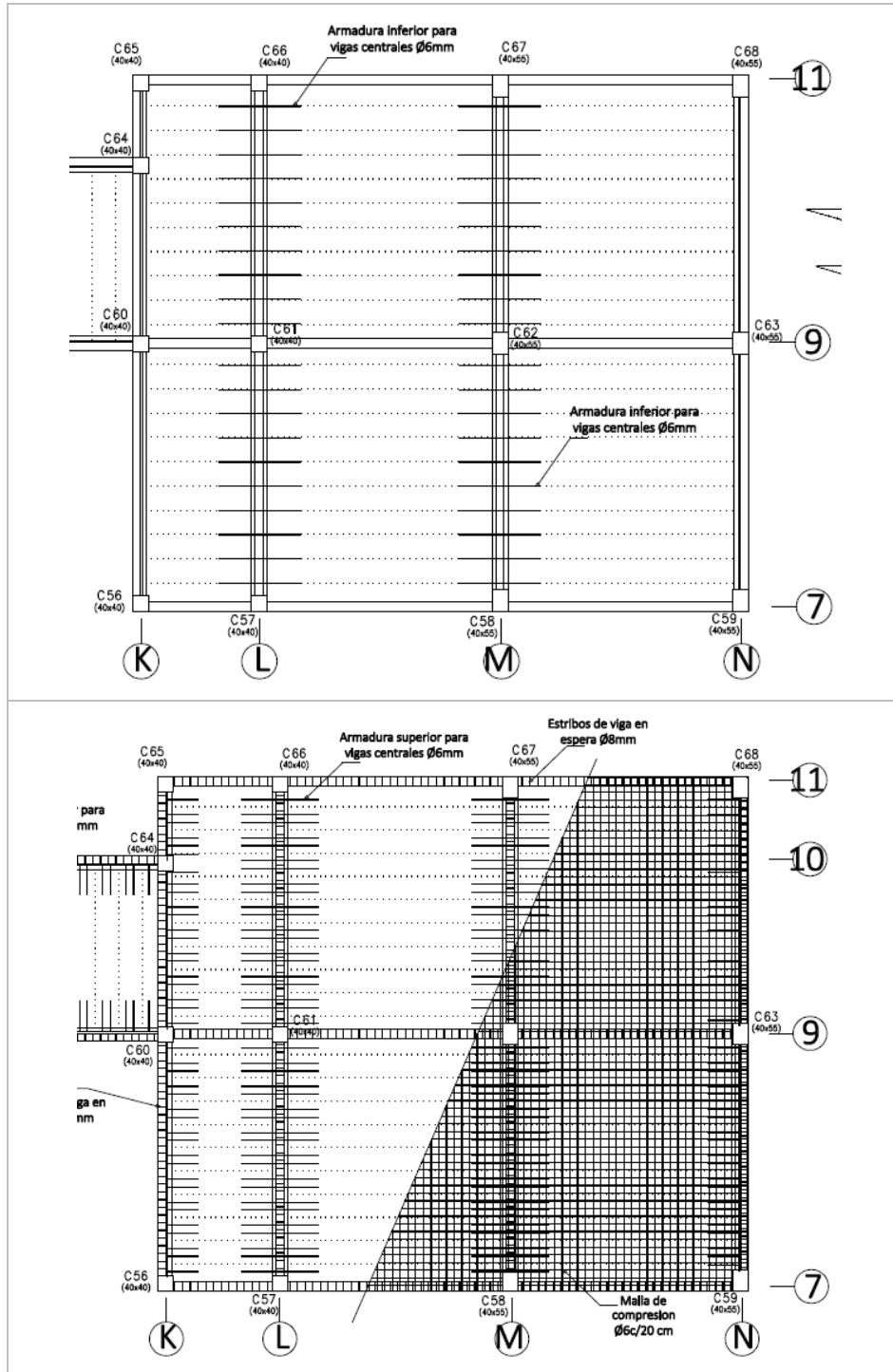
Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

Se adoptaron tubos corrugados de 80mm de diámetro embebidos en las zapatas para albergar la armadura principal de la columna y generar el anclaje como también el empalme correspondiente.

En la imagen 71 se muestra un ejemplo del detalle de armado para las losas. Si bien se adoptaron losas alveolares para la modelación y se obtuvieron momentos negativos mínimos que pueden ser absorbidos por la malla de

compresión  $\phi 6c/20cm$ , se vio por conveniente y para asegurar el efecto diafragma frente a acciones horizontales, utilizar barras de 6 milímetros de diámetro colocados en la parte inferior de las uniones paralelas de las losas. También en la parte superior de las losas alveolares.

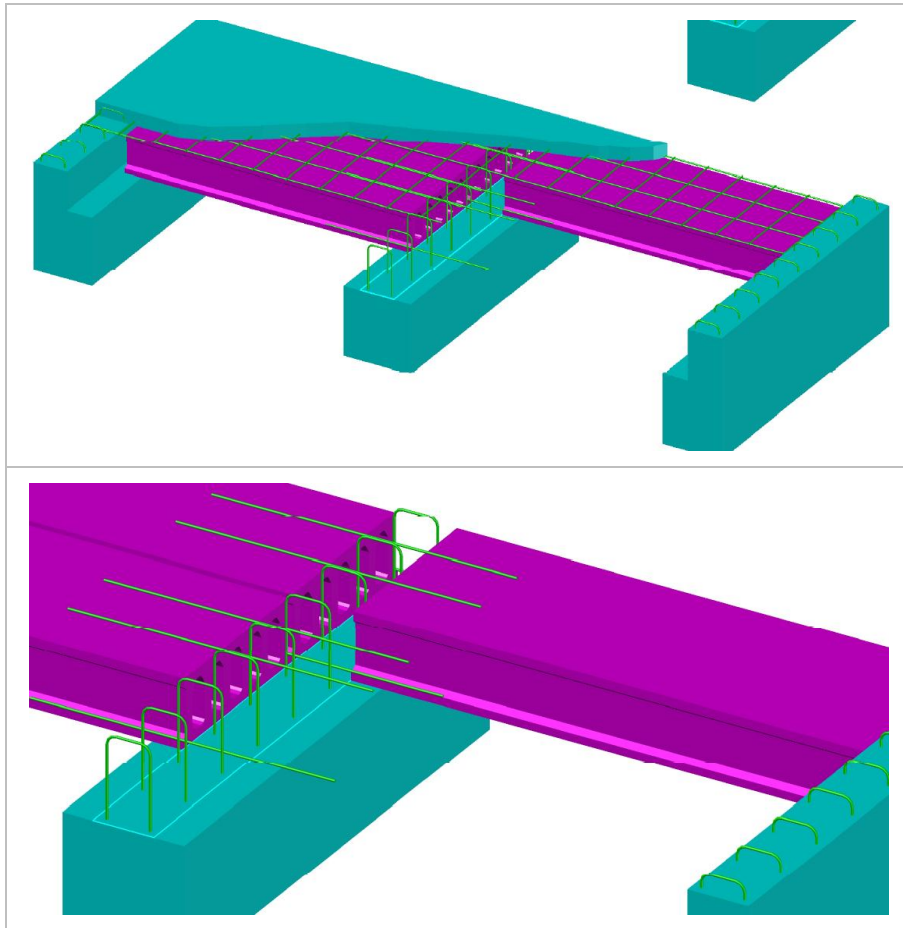
**Imagen 71: Detalle de armado en losas**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

En la imagen 72 se puede apreciar mejor el colocado de las barras de 6mm de diámetro tanto en la parte inferior (en el espacio entre losas) como también superior.

**Imagen 72: Detalle 3D de armado en losas**

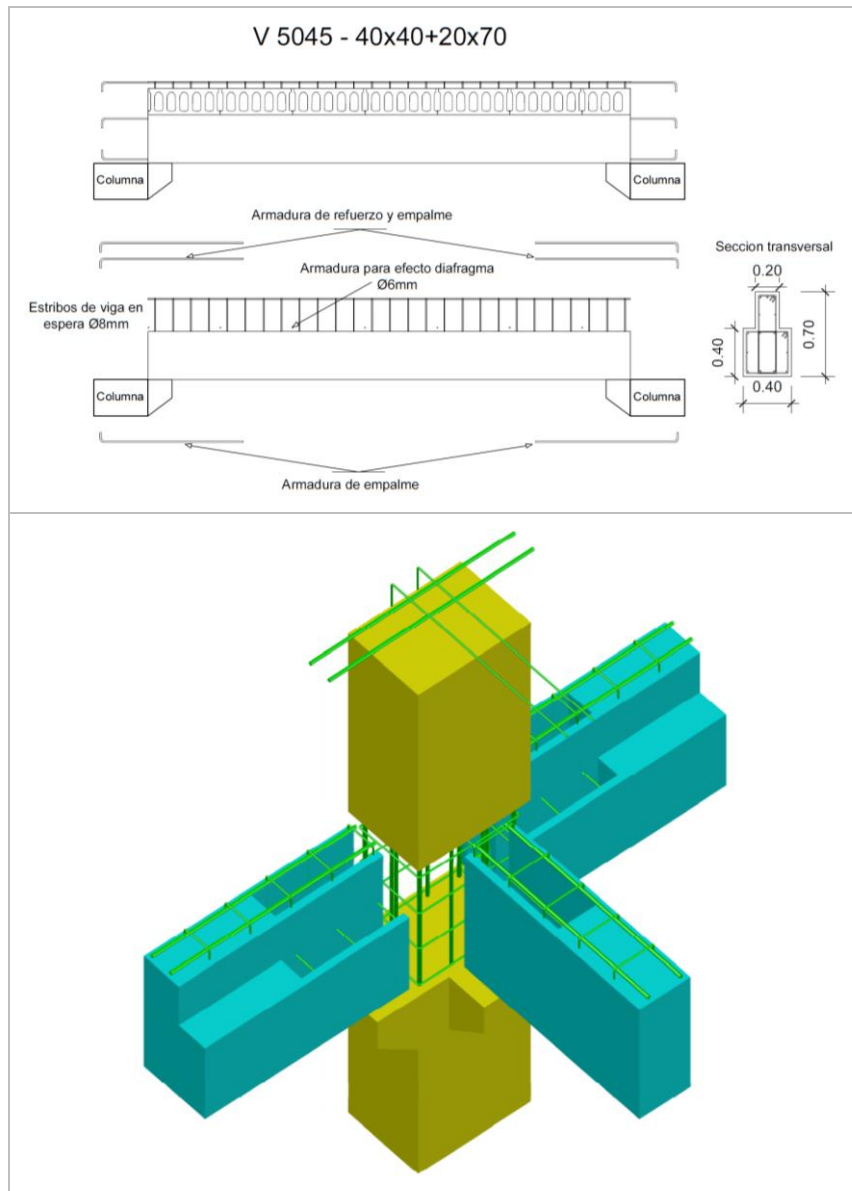


Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

En la imagen 73 muestra un ejemplo de unión viga columna, mostrando el detalle en 2D de una viga "T" invertida, como también el detalle en 3D de dos vigas L y una viga rectangular. Para asegurar la facilidad de montaje las vigas fueron diseñadas dejando el debido espacio cerca del nudo para poder colocar las armaduras de refuerzo o empalme correspondientes. Posteriormente estos espacios serán vaciados in situ junto con el nudo de unión.

Las vigas de cubierta sin embargo fueron fabricadas sin la necesidad de ese espacio para colocar la armadura de empalme, debido a la libertad y facilidad de montaje superior que representan. Estas vigas pueden montarse desde arriba al no necesitarse columnas superiores.

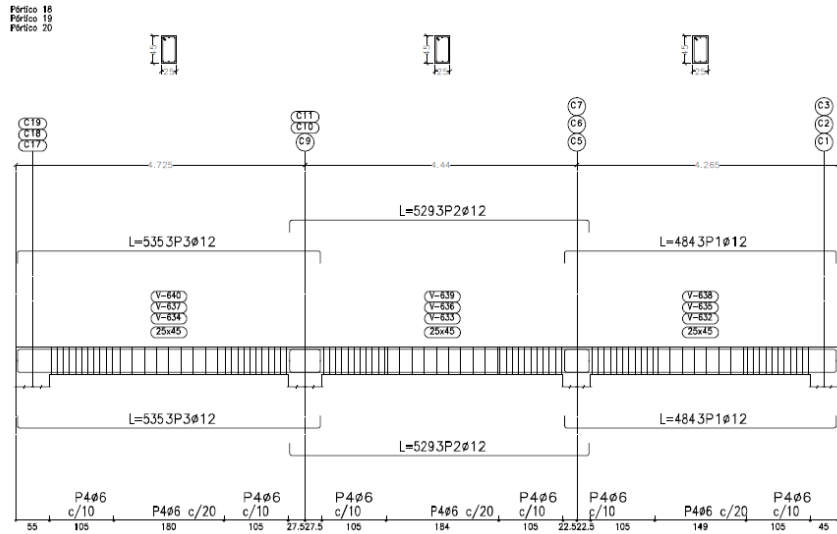
**Imagen 73: Detalle unión Viga columna**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de AUTOCAD

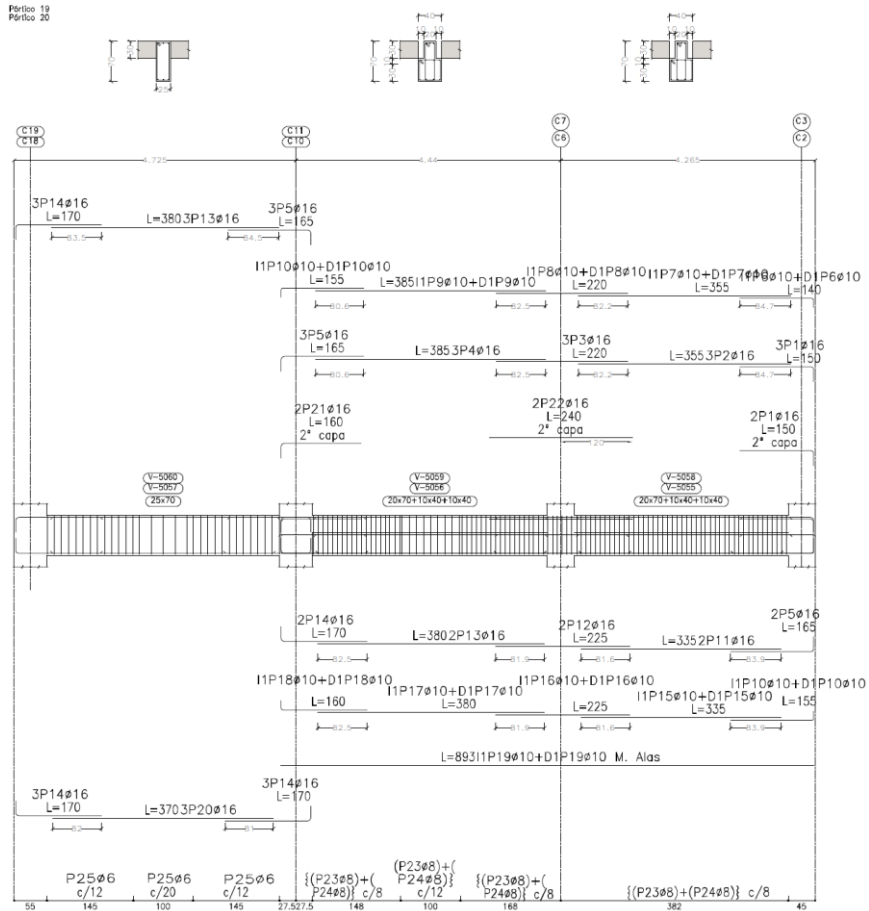
En las imágenes 74 y 75 se muestran ejemplos de los planos de armado de vigas cubierta y vigas 2do nivel. Se puede apreciar como las vigas cubierta sin armadas sin necesidad de cortes y empalmes debido a su fácil montaje. Sin embargo las vigas 2do nivel necesitan un corte en las armaduras principales en cada de columna y se colocan armadura de refuerzo y empalme una vez el elemento se encuentra montado sobre las ménsulas de apoyo.

**Imagen 74: Detalle armado viga cubierta pórtico 18 y 19**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

**Imagen 75: Detalle armado viga 2do nivel pórtico 19 y 20**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de CYPECAD

## CAPITULO 4. ANALISIS COMPARATIVO BAJO FACTORES DE SOSTENIBILIDAD Y CRONOGRAMA

Los factores de sostenibilidad se dividieron en 3 grupos:

- Estimaciones de emisión de CO2 de la estructura.
- Determinación del costo económico y cronograma de ejecución
- Evaluación comparativa desde el punto de vista social

Para este capítulo se tomó en cuenta solamente las modelaciones "A. Hormigón armado + viento" y "B. Hormigón prefabricado + viento" debido a que comparar una modelación con acciones de sismo frente a otra con acción de viento no sería coherente. La construcción y diseño original de la Unidad Educativa fue desarrollada bajo acción de viento sin considerar acción sísmica.

Se decidió utilizar la modelación con sismo para elaborar los planos de detalle constructivo para demostrar la correcta ejecución de la unidad educativa.

### 4.1. VOLUMENES Y DESPERDICIOS

En base a los resultados obtenidos en la modelación se decidió comparar inicialmente los volúmenes de hormigón y acero. Los volúmenes mostrados en la tabla 7 no contemplan desperdicios.

**Tabla 7: Volúmenes modelación**

Elemento	Hormigón prefabricado		Hormigón armado	
	Hormigón (m <sup>3</sup> )	Acero (kg)	Hormigón (m <sup>3</sup> )	Acero (kg)
Viga	182,67	15652,73	199,45	13510
Columna	60,72	5870,91	67,25	6399,09
Escalera	19,70	1242,73	19,70	1153,64
Ménsula	10,38	2519,3	-	-
Losa	175,50	11373,71	155,25	11196,87
zapatas	199,39	9112,73	159,76	7064,55
Total:	648,36	45772,11	601,41	39324,15

Fuente: Elaboración propia



La cantidad de acero en losa contempla una estimación de la cuantía de acero necesaria para la losa alveolar, refuerzos constructivos y malla de compresión. La malla de compresión utilizada fue de  $\Phi 6c/20cm$  en ambos sentidos cumpliendo con lo establecido por normativa NB 1225001[10] como se mencionó en el apartado de parámetros de diseño. A continuación se muestra la diferencia de cantidades entre hormigón prefabricado y hormigón armado, para el hormigón y el acero:

$$\Delta Vol Ho = Vol Ho Pref - Vol Ho Ao = 648,36 - 601,41 = 46,95 m^3$$

$$\Delta Kg Acero = Kg Ho Pref - Kg Ho Ao = 45772,11 - 39324,15 = 6447,96 Kg$$

La diferencia de volúmenes resultante muestra un incremento en los volúmenes en la modelación de hormigón prefabricado de  $46,95m^3$ , sin embargo se debe tomar en cuenta los porcentajes de desperdicio en obra. El desperdicio en construcciones vaciados in situ es mayor que el desperdicio de hormigón prefabricado debido a que los métodos de fabricación industrializados ofrecen mayor control de desperdicios.

Se decidió utilizar los siguientes porcentajes de desperdicio en base a la investigación desarrollada por Lucio Soibelman [12] sobre desperdicio en construcción, el cual establece que si bien la bibliografía menciona desperdicios de 5% y 18% para el hormigón y el acero respectivamente, en la realidad se tienen desperdicio de 7% - 27% para el acero y 0,75% - 25% para el hormigón (ver tabla 8 y 9).

**Tabla 8: % Desperdicios utilizados**

<b>Material</b>	<b>Hormigón prefabricado</b>	<b>Hormigón armado</b>
Acero	7%	18%
Hormigón	1,5%	15%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9: Volúmenes con desperdicios**

Elemento	Hormigón Prefabricado			Hormigón Armado		
	Hormigón (m <sup>3</sup> )	Bolsas cemento	Acero (kg)	Hormigón (m <sup>3</sup> )	Bolsas cemento	Acero (kg)
Viga	185,41	1669	16748,42	229,37	1606	15941,80
Columna	61,63	555	6281,87	77,34	541	7550,93
Escalera	20,00	180	1329,72	22,66	159	1361,30
Ménsula	10,54	95	2695,65	-	-	-
Losa	178,13	1603	12169,87	178,54	1250	13212,31
zapatas	202,38	1619	9750,62	183,72	1286	8336,17
Total:	658,09	5721	48976,16	691,62	4842	46402,50

Fuente: Elaboración propia

A continuación de muestra la diferencia de cantidades tomando en cuenta desperdicios entre hormigón prefabricado y hormigón armado para volumen de hormigón, bolsas de cemento y kilogramos de acero:

$$\Delta Vol Ho = Vol Ho Pref - Vol Ho Ao = 658,09 - 691,62 = -33,54 m^3$$

$$\Delta Bolsas = Bol Ho Pref - Bol Ho Ao = 5721 - 4842 = 879 bolsas$$

$$\Delta Kg Acero = Kg Ho Pref - Kg Ho Ao = 48976,16 - 46402,50 = 2573,66 Kg$$

Se puede apreciar en los resultados la diferencia de volúmenes tomando en cuenta los desperdicios. Se hace notar una disminución de 33,54m<sup>3</sup> del hormigón prefabricado frente al hormigón armado. Sin embargo a pesar de la disminución de volumen de hormigón, la cantidad de cemento se incrementa debido a la diferencia de resistencias características.

Para las bolsas de cemento se utilizaron 7 bolsas por m<sup>3</sup> de hormigón armado, para las zapatas de hormigón prefabricado 8 bolsas por m<sup>3</sup> y para el resto de la estructura de hormigón prefabricado 9 bolsas, esto debido a la resistencia característica utilizada de 21Mpa en hormigón armado y 25MPa y 30MPa para hormigón prefabricado. Si bien era posible utilizar cemento de mejores características y así evitar el incremento de bolsas, se decidió mantener el mismo tipo de cemento en ambos casos para utilizar un mismo factor de emisión de CO<sub>2</sub>.

## 4.2. CANTIDAD DE ENCOFRADO

Para los encofrados se utilizó madera convencional para la modelación de hormigón armado que es justamente la forma en que fue construida originalmente. Sin embargo para hormigón prefabricado se determinó encofrados metálicos para desempeñar la función de moldes (*ver tabla 10*).

La madera adoptada fue Ochoo que se compra normalmente en el país para encofrados la cual tiene un peso específico entre 520 y 600 kg/m<sup>3</sup>. La madera es comercializada por pie cuadrado y las cantidades son variables entre los distintos elementos, desde 70 pie<sup>2</sup> para columnas hasta 8 pie<sup>2</sup> para losas con viguetas. Se decidió adoptar un valor promedio de 36,6 pie<sup>2</sup> lo cual equivale a 52 kg de madera.

**Tabla 10: Volúmenes encofrados**

Elemento	Hormigón prefabricado		Hormigón armado	
	Acero (kg)	Relación (kg/m <sup>3</sup> )	Madera (kg)	Relación (kg/m <sup>3</sup> )
Viga	3037,02	16,38	11927,11	52
Columna	1009,51	16,38	4021,55	52
Escalera	327,53	16,38	1178,06	52
Ménsula	172,57	16,38	-	-
Losa	2917,81	16,38	9283,95	52
zapatas	3315,00	16,38	9553,648	52
Total:	10779,44	-	35964,318	-

Fuente: Elaboración propia

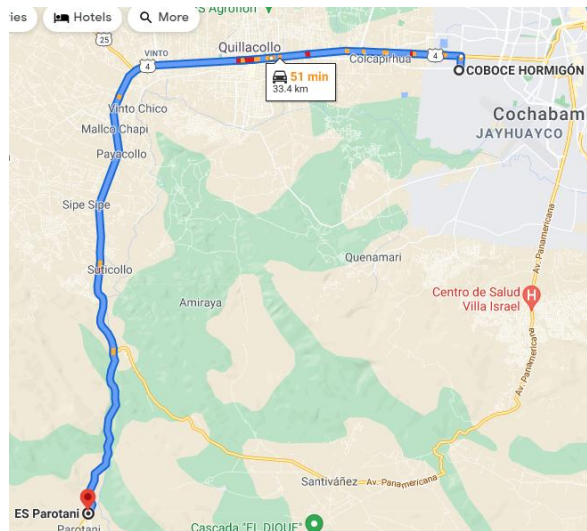
De igual forma para el encofrado metálico se decidió estimar el promedio de todos los elementos prefabricados en base a la cantidad de encofrado metálico por metro cubico determinado en el estudio realizado por Ya Hong Don, Lara Jaillon, Peggy Chu & CS Poon [13] donde realizaron una comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> entre hormigón prefabricado y vaciado in situ para edificación. El valor adoptado fue de 16,38 kg/m<sup>3</sup>.

Si bien no era necesario considerar encofrado metálico en las losas prefabricadas debido a que las mismas serian compradas de PRETESA, para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> se vio por conveniente tomar en cuenta el molde para la base de las losas prefabricadas.

### 4.3. TRANSPORTE DE MATERIALES

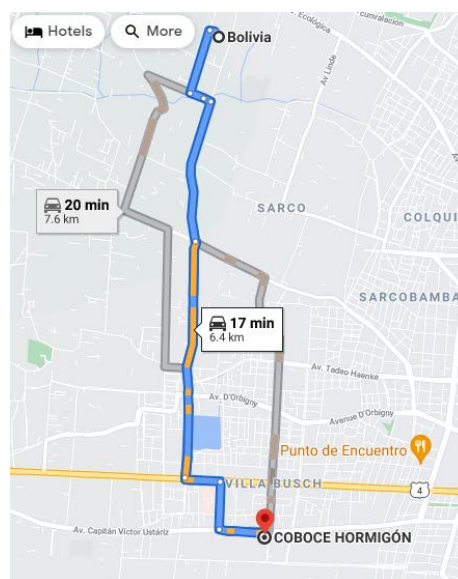
Para el transporte se adoptó una distancia similar entre las fábricas de acero cemento y prefabricado, esto debido a que la zona de emplazamiento de la Unidad Educativa es próxima a la carretera principal donde se encuentran la mayoría de las sucursales de materiales (ver imagen 77). Los agregados adoptados fueron de Parotani por ser el banco de agregados más utilizado del sector (ver imagen 76). Para los agregados se adoptaron 1840 kg por m<sup>3</sup> de hormigón.

**Imagen 76: Distancia de agregados a fábricas de materiales**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de GOOGLE MAPS

**Imagen 77: Distancia fábricas de materiales a Obra**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de GOOGLE MAPS

En la tabla 11 se muestran los valores Tn\*Km necesarios para estimar las emisiones de CO2 producto del transporte. Las distancias incluyen ida y vuelta de los transportes.

**Tabla 11: Transporte de materiales**

Material	Hormigón prefabricado			Hormigón armado		
	Distancia (Km)	Peso (Tn)	Relación (Tn*Km)	Distancia (Km)	Peso (Tn)	Relación (Tn*Km)
Agregado	66,8	1210,88	80886,59	66,8	1272,58	85008,58
Cemento	5,8	286,05	1659,09	5,8	242,10	1404,18
Acero	12,6	48,98	617,10	12,6	46,40	584,67
Prefabricado	15,36	1645,21	25270,48	-	-	-
Ho fresco	-	-	-	12,8	1729,05	22131,89
Total	100,56	3191,12	108433,26	98	3290,14	109129,32

Fuente: Elaboración propia

Como se adoptó el transporte de las piezas prefabricadas desde un punto externo a la zona de emplazamiento, se decidió verificar si el camino tiene la capacidad y dimensiones suficientes para transportar los elementos prefabricados. El transporte adoptado es el Lowboy 3 ejes de 14 metros de largo, 2,5 metros de ancho y capacidad de hasta 45 toneladas (*ver imagen 78*).

**Imagen 78: Lowboy para transporte de columnas**



Fuente: maquinasrsl.com

El Transporte inicia desde la Avenida Víctor Ustariz, la cual es de doble sentido con dos carriles de 3,6 metros de ancho cada uno, haciendo un total de 7,2 metros por sentido vehicular, Posteriormente continua por la calle Manuel Villarroel Arnez que si bien no es considerada avenida es de doble carril con un ancho de 4,2 metros cada uno (*ver imagen 79*).

**Imagen 79: Inicio transporte Prefabricado**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de GOOGLE EARTH

Continuando con el camino se conecta con la Avenida Interdepartamental Blanco Galindo, el cual es de doble sentido con tres carriles por lado con 3,8 metros de ancho cada uno, haciendo un total de 11,5 metros por sentido. A continuación se conecta con la Avenida Sexta siendo el tramo más largo del recorrido y a la vez el más recto, el cual es de doble sentido con 3,6 metros de ancho por carril. Se une posteriormente a la avenida Esperanza con las mismas características de la Avenida Sexta (*ver imagen 80*).

**Imagen 80: Recorrido transporte Prefabricado**

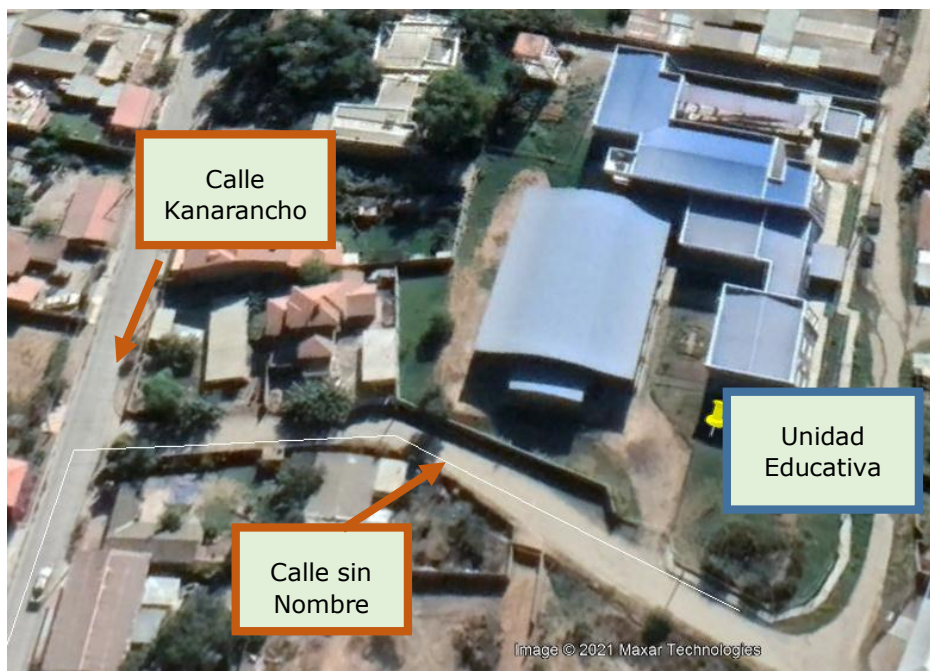


Fuente: Elaboración propia con ayuda de GOOGLE EARTH

Posteriormente se conecta con la Avenida Santa Cruz con dos carriles cada uno en distinto sentido y con 3,6 metros de ancho. Se conecta con la Calle Kanarancho la cual a pesar de no ser considerado avenida tiene el mismo ancho de la Avenida Santa Cruz. Finalmente se conecta con la una Calle sin nombre por alrededor de 80 metros cuyo ancho es de 4 metros, este último tramo es de tierra y en un solo sentido por lo que se debería realizarse con el cuidado respectivo (*ver imagen 80*).



### **Imagen 81: Final transporte Prefabricado**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de GOOGLE EARTH

Como se puede notar a lo largo del recorrido existen las condiciones necesarias para el transporte de elementos de hormigón prefabricado, esto debido a que la ciudad de Cochabamba donde se implementó la Unidad Educativa es considerada como la segunda ciudad de Bolivia con la mejor planificación de vías de comunicación urbana. Solo se tendría inconvenientes en zonas muy alejadas por tener caminos rurales, como también la zona del casco viejo de la ciudad por tener una planificación urbana antigua con caminos cada vez más angostos, debido a la alta demanda de estacionamiento en la zona. Sin embargo con la correcta planificación y permisos de tránsito correspondientes debería ser posible.

El panorama puede cambiar sin embargo si hablamos de transporte de elementos prefabricados grandes en ciudades como Sucre, Oruro, Potosí e incluso La Paz por tener calles más angostas y con topografías más irregulares. En esas ciudades posiblemente lo más recomendable sea la fabricación de los elementos in situ, buscar otras alternativas de transporte o diseñar los elementos prefabricados con la condición de accesibilidad.

#### 4.4. CÁLCULO EMISIONES DE CO2

A falta de factores de emisión específicos para Bolivia, se decidió adoptar factores basados en el estudio realizado por Ya Hong Don, Lara Jaillon, Peggy Chu & CS Poon [13]. En el cual se realiza la comparación de emisiones de CO2 para los métodos constructivos de hormigón in situ y prefabricado. Los factores se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12: Parámetros y factores de emisión**

<b>Parámetro</b>	<b>Hormigón prefabricado</b>	<b>Hormigón armado</b>	<b>Factor</b>
Agregados (kg)	1210877,14	1272583,56	0,004 kgCO2/Kg
Cemento de elementos (Kg)	286050,00	242100,00	0,89 kgCO2/Kg
Cemento contrapiso (Kg)	1624,59	1123,98	0,89 kgCO2/Kg
Cemento Ho pobre (Kg)	2267,10	1945,90	0,89 kgCO2/Kg
Acero(Kg)	48976,16	46402,50	1,71 kgCO2/Kg
Encofrado madera (Kg)	-	35964,32	2,24 kgCO2/Kg
Encofrado metálico (Kg)	10779,44	-	0,95 kgCO2/Kg
Transporte (TnKm)	108394,72	109086,82	0,265 KgCO2/TnKm
Montaje (m)	343,67	-	39,43 KgCO2/m

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de emisiones por montaje, el valor fue adoptado del estudio realizado Victor Yepes, Jose V. Martí & Tatiana García [14]. En el cual se toma en consideración la emisión por montaje de la estructura en función a la longitud del elemento, para el caso de la unidad educativa se decidió adoptar emisión por montaje de pórtico a que el factor de emisión consideraba vigas en U para puentes de hasta 40m. Los resultados se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13: Emisiones de CO2**

<b>Parámetro</b>	<b>CO2 Ho Prefabricado (Tn)</b>	<b>CO2 Ho armado (Tn)</b>	<b>Diferencia (Tn)</b>
Agregados	4,84	5,09	-0,25
Cemento de elementos	254,58	215,47	39,12
Cemento contrapiso	1,45	1,00	0,45
Cemento Ho pobre	2,02	1,73	0,29
Acero	83,75	79,35	4,40
Encofrado madera	0,00	80,56	-80,56
Encofrado metálico	10,24	0,00	10,24
Transporte	28,72	28,91	-0,18
Montaje	13,55	-	13,55
Total	399,17	412,12	-12,95

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones muestran un incremento de 39,12 Tn de CO2 en cemento para el método de Hormigón prefabricado, esto debido a la necesidad de mayores prestaciones del hormigón de 30MPa frente a 21MPa utilizados en el diseño de Hormigón armado. Sin embargo se muestra una diferencia considerable de 10,24Tn a 80,56 Tn sobre la utilización de encofrado metálico y encofrado de madera para el hormigón prefabricado y el hormigón armado respectivamente, esta diferencia es principalmente por la capacidad de reutilización que presentan los moldes metálicos frente al encofrado de madera convencional. Finalmente tomando en cuenta todos los factores el hormigón prefabricado presenta una disminución de 12,95 Tn frente al hormigón armado en emisiones de CO2, lo cual representa una disminución de 3,14% sobre los 412,12 Tn de CO2 del método constructivo vaciado in situ para hormigón armado.

#### **4.5. COSTOS DE EJECUCIÓN**

Para la determinación de costos se elaboraron precios unitarios para todos los elementos de hormigón prefabricado, primero precios unitarios por la fabricación y posteriormente precios unitarios por la implementación. Los precios unitarios del método constructivo vaciado in situ fueron adoptados en función a los precios utilizados en la construcción original. En las tablas 14 y 15

se muestran los precios unitarios de las columnas prefabricadas, el resto de los precios unitarios se encuentran en el apartado de Anejos.

**Tabla 14: P.U. Fabricación columna prefabricada.**

Fabricación Columnas Ho. Prefabricado				1 m3	
Proyecto:			Fecha:		
Cliente:			Tipo de cambio: 6,96		
Nº P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A MATERIALES</b>					
1	- CEMENTO	kg	450	1,2	540
2	- ARENA	m3	0,6	120	72
3	- GRAVA	m3	0,8	130	104
4	- Pernos	kg	2	18	36
5	- Encofrado metalico	m2	0,213	657,7	140,0901
6	- ALAMBRE DE AMARRE	kg	2	13	26
7	- ACERO ESTRUCTURAL	kg	130	8,1	1053
<b>&gt; D TOTAL MATERIALES</b>				<b>(A) =</b>	<b>1.971,09</b>
<b>B MANO DE OBRA</b>					
1	- Hormigonero	hr	12	18,75	225
2	- AYUDANTE	hr	12	12,5	150
3	- ARMADOR	hr	10	18,75	187,5
4	-				
<b>&gt; E SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>(B) =</b>	<b>562,50</b>
F Cargas Sociales			30,00% de (E) =		168,75
O Impuesto al Valor Agregado			14,94% de (E+F) =		109,25
<b>&gt; G TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>(E+F+O) =</b>	<b>840,50</b>
<b>C EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN</b>					
1	- MEZCLADORA	hr	0,5	20	10
2	- VIBRADORA	hr	0,3	15	4,5
	Cortadora	hr	3,00	20,00	60
	Transporte	hr	1,20	130,00	156
H Herramientas menores			5,00% de (G) =		42,02
<b>&gt; I TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>				<b>(C+H) =</b>	<b>272,52</b>
<b>&gt; J SUB TOTAL</b>				<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.084,11</b>
L Gastos grales. y administrativ			7,00% de (J) =		215,89
M Utilidad			7,00% de (J+L) =		231,00
<b>&gt; N PARCIAL</b>				<b>(J+L+M) =</b>	<b>3.531,00</b>
P Impuesto a las Transacciones			3,09% de (N) =		109,11
<b>&gt; Q TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>(N+P) =</b>	<b>3.640,11</b>
<b>&gt; PRECIO ADOPTADO:</b>					<b>3.640,11</b>
Son: Tres mil seiscientos cuarenta 11/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15: P.U. Implementación columna prefabricada.**

Item: COLUMNAS PREFABRICADAS				61,63 m <sup>3</sup>		
Proyecto:		Fecha:				
Cliente:		Tipo de cambio: 6,96				
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A MATERIALES</b>						
1	-	COLUMNA PREFABRICADA	ml	8	455	3640
2	-	CEMENTO PORTLAND	kg	20	1,2	24
3	-	ARENA COMUN	m <sup>3</sup>	0,05	120	6
<b>&gt; D TOTAL MATERIALES</b>				<b>(A) =</b>		<b>3.670,00</b>
<b>B MANO DE OBRA</b>						
1	-	ESPECIALISTA EN MONTAJE	hr	0,6	22	13,2
2	-	AYUDANTE	hr	1,2	15	18
<b>&gt; E SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>(B) =</b>		<b>31,20</b>
F Cargas Sociales				30,00% de (E) =		9,36
O Impuesto al Valor Agregado				14,94% de (E+F) =		6,06
<b>&gt; G TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>(E+F+O) =</b>		<b>46,62</b>
<b>C EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>						
1	-	GRUA 15Tn - ALTURA MAX 20m	hr	0,54	290	156,6
H Herramientas menores				5,00% de (G) =		2,33
<b>&gt; I TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>				<b>(C+H) =</b>		<b>158,93</b>
<b>&gt; J SUB TOTAL</b>				<b>(D+G+I) =</b>		<b>3.875,55</b>
L Gastos grales. y administrativ				7,00% de (J) =		271,29
M Utilidad				7,00% de (J+L) =		290,28
<b>&gt; N PARCIAL</b>				<b>(J+L+M) =</b>		<b>4.437,12</b>
P Impuesto a las Transacciones				3,09% de (N) =		137,11
<b>&gt; Q TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>(N+P) =</b>		<b>4.574,22</b>
<b>&gt; PRECIO ADOPTADO:</b>						<b>4.574,22</b>
Son: Cuatro mil quinientos setenta y cuatro 22/100 Bolivianos						

Fuente: Elaboración propia

El precio adoptado para la grúa es de 290bs/hr el cual si bien es mayor en comparación a maquinarias como la retroexcavadora utilizada normalmente en obra, es justificable debido a su capacidad de soportar 15tn de peso y realizar montajes de hasta 20m. Teniendo en cuenta que el máximo peso de las columnas prefabricadas es de 7,5 Tn y la altura de la columna no supera los 12 metros, la grúa adoptada cumple con lo necesario. También existe la posibilidad de alquilar grúas de 10Tn de capacidad, sin embargo este tipo de grúas en general son mayormente utilizadas en ciudades con más edificaciones en altura los cuales necesitan mayor variedad, por lo tanto alquilar distintas variedades de grúas implica incrementar el costo por traslado desde otra ciudad, lo cual a

la larga es igual al precio de 290bs/hr. Los costos totales se muestran en la tabla 16:

**Tabla 16: Costos totales**

Elemento	Hormigón Prefabricado			Hormigón Armado		
	Vol. (m <sup>3</sup> )	P.U. (Bs)	Costo (Bs)	Vol. (m <sup>3</sup> )	P.U. (Bs)	Costo (Bs)
Viga	185,41	4463,28	827536,97	188,70	3942,44	743952,23
Viga arriostre	-	-	-	40,66	3157,52	128397,39
Columna	61,63	4574,22	281912,84	77,34	3985,49	308227,83
Escalera	20,00	4418,62	88352,52	22,66	3827,41	86709,97
Ménsula	10,54	4574,22	48192,61	-	-	-
Losa 1 dir	178,13	689,52	122825,92	41,84	451,83	18903,21
Losa 2 dir	-	-	-	136,70	626,97	85707,11
zapatas	202,38	2962,97	599648,39	183,72	2837,45	521307,66
Contrapiso	147,79	21,94	3242,59	102,18	21,94	2241,91
excavación	681,78	68,80	46906,46	577,69	68,80	39745,07
Relleno y compac.	359,80	156,88	56445,42	383,13	156,88	60105,43
hormigón pobre	20,61	17,47	360,06	17,17	17,47	299,96
TOTAL			2075423,78			1995597,79

Fuente: Elaboración propia

Se decidió tomar en cuenta los costos por excavación, compactado y hormigón pobre debido al incremento de volumen en zapatas en la modelación de hormigón prefabricado. A continuación se muestra la diferencia de los costos resultantes entre hormigón prefabricado y hormigón armado.

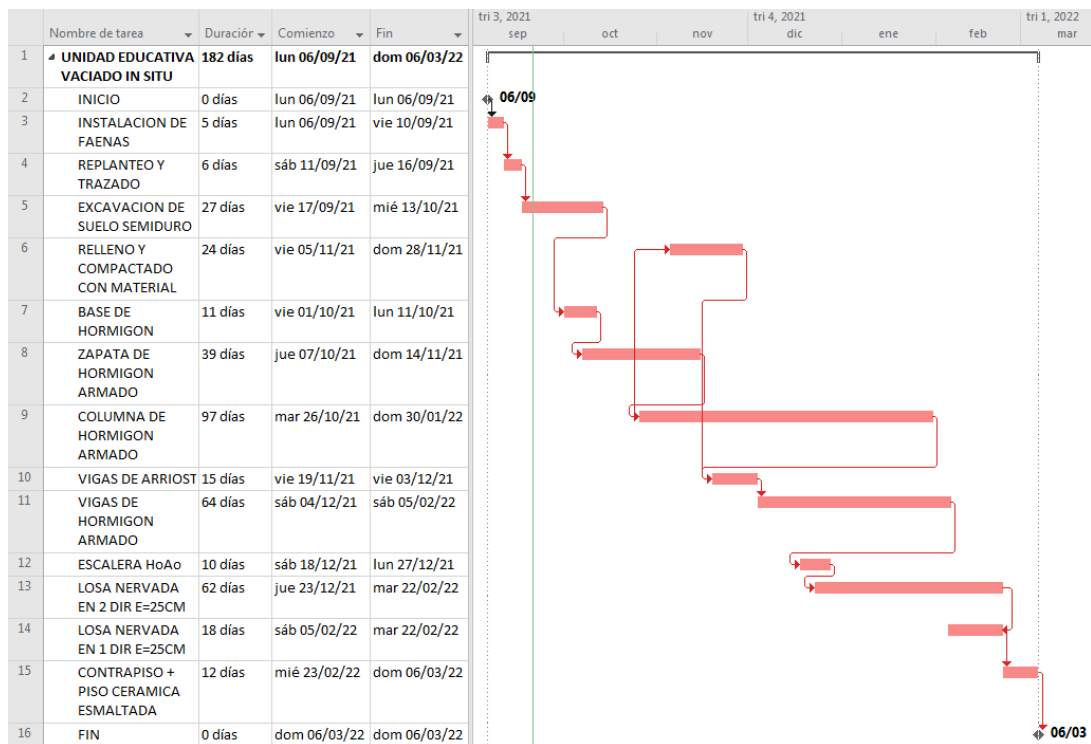
$$\Delta\text{Costo} = \text{Costo Ho Pref} - \text{Costo HoAo} = 2075423,78 - 1995597,79 \\ = 79825,99 \text{ Bs}$$

El hormigón prefabricado muestra una excedencia de 79825,99 Bs frente a la modelación de Hormigón armado vaciado in situ, lo cual representa el 4,21% del mismo. Sin embargo si tomamos en cuenta el presupuesto general de la unidad educativa igual a 7.600.578,30 Bs, esta excedencia representaría un incremento de 1,05%.

#### 4.6. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Para el cronograma de ejecución se tomaron en cuenta todos los ítems utilizados en el cálculo del costo de otra. Se realizó un cronograma para la modelación de hormigón prefabricado (ver imagen 82) y otra para la modelación de hormigón armado vaciado in situ (ver imagen 83).

**Imagen 82: Cronograma HoAo Vaciado in situ**

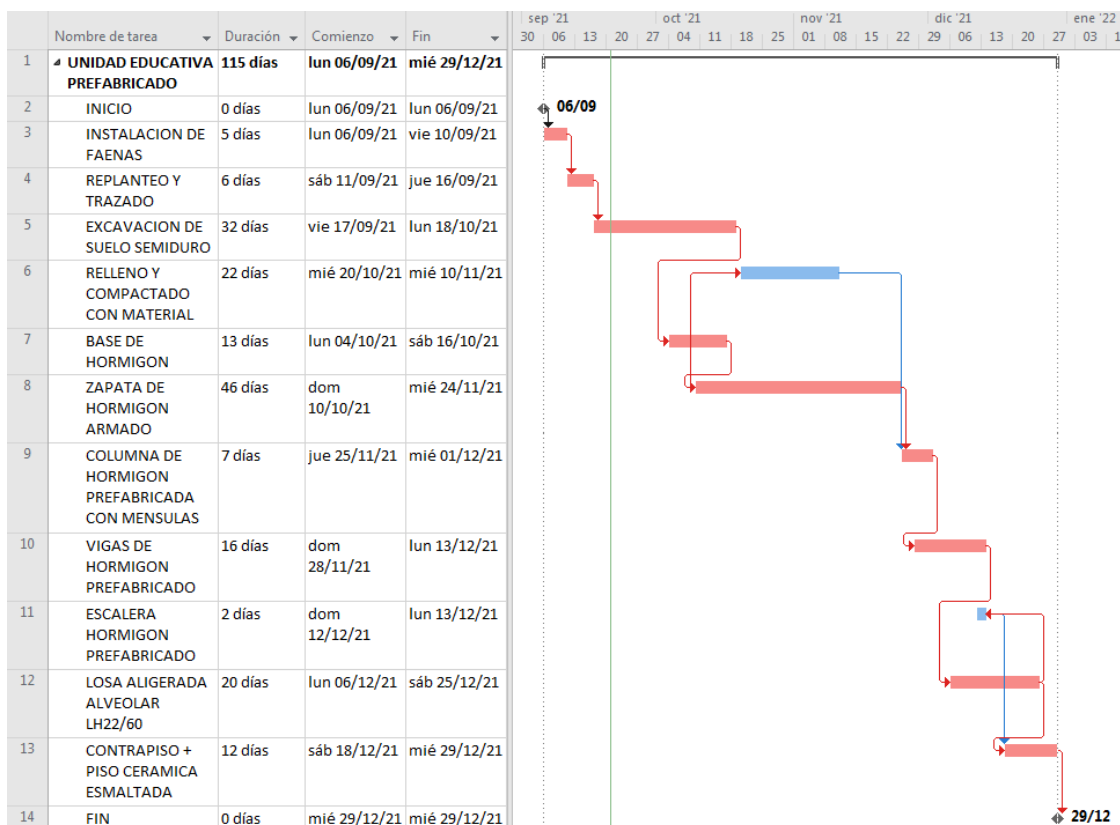


Fuente: Elaboración propia con ayuda de MSPROJECT

El cronograma de ejecución para la modelación hormigón armado vaciado in situ refleja 182 días totales de los cuales la actividad con mayor tiempo de ejecución son las columnas de hormigón armado con 97 días.



**Imagen 83: Cronograma Ho Prefabricado**



Fuente: Elaboración propia con ayuda de MSPROJECT

El cronograma de ejecución para la modelación hormigón prefabricado refleja 115 días totales de los cuales la actividad con mayor tiempo de ejecución son las zapatas de hormigón armado con 46 días siendo estos elementos estructurales los únicos vaciados in situ.

La diferencia entre ambos cronogramas es de 67 días, debido principalmente a la rapidez de montaje que representa el hormigón prefabricado. El rendimiento o tiempo promedio de montaje de las piezas es 0,54hr por pieza lo cual disminuye de gran manera los tiempos de ejecución. El tiempo de fabricación de los elementos no está contemplado debido a que la fabricación puede realizarse previamente desde la fecha de inicio de proyecto 06/09/21 hasta la fecha del primer montaje 25/11/21 correspondiente a las columnas, por lo tanto tendríamos 80 días de fabricación y si hablamos de piezas fabricadas anteriormente por Industrias de prefabricado tendríamos incluso más tiempo disponible.

#### 4.7. EVALUACIÓN SOCIAL

Para tomar en cuenta el factor social se decidió comparar la implementación de Hormigón Prefabricado frente al método constructivo vaciado in situ, en base a categorías de evaluación social.

En la tesis doctoral elaborado por José Mel Fraga [15]. Menciona cuatro posibles categorías de evaluación social para sostenibilidad en estructuras de hormigón.

- Recursos humanos internos
- Población externa
- Desempeño macro social
- Participación de los accionistas

Para los objetivos del presente trabajo de Master se tomaron la primera y la tercera categoría y se adoptaron calificaciones sobre 10 puntos sobre cada uno de los parámetros.

**Recursos humanos internos:**

**Tabla 17: Evaluación de Recursos humanos internos**

<b>Parámetro</b>	<b>Hormigón Prefabricado</b>	<b>Hormigón Armado vaciado in situ.</b>
Estabilidad Laboral	Permite mayor estabilidad laboral al necesitar trabajadores capacitados y especializados en la construcción de prefabricados. Se busca personal fijo contratos por la empresa. Calificación: 9/10	En el país es muy normal subcontratar jornaleros temporales para la construcción de hormigón armado. De todo el personal existente en obra posiblemente solo el 10% haya sido contratado por la empresa, el resto una vez se termine el vaciado tendrá que buscar nuevas actividades fuera de la empresa. Calificación: 5/10
Prácticas Laborales	Debido a la necesidad de personal fijo y capacitado, todo personal será contratado bajo la normativa nacional vigente como también la ley general del trabajador. Por lo cual existen buenas prácticas laborables. Calificación: 9/10	La mayoría del personal no tendrá acceso a contratos laborables, por lo cual no tendrán accesos a todos los beneficios sociales de la ley general del trabajo. Calificación: 5/10
Seguridad y Salud	El hormigón prefabricado al tratarse de fabricación industrializada debe realizarse bajo estrictos estándares de calidad y seguridad. Se garantiza la seguridad industrial en la empresa. Los trabajos son realizados en ambientes controlados sin	Si bien la seguridad en obras existe y es solicitada siempre por la entidad supervisora, no se puede evitar que el 90% de los trabajos sean realizados en altura. El encofrado, armado y vaciado de losas por ejemplo. A mayor tiempo de trabajo en altura, mayor probabilidad de

	necesidad a la sobre exposición de trabajo en altura, sobre todo si tomamos en cuenta que el montaje de las piezas es rápido. Calificación: 9/10	accidentes laborables y si tomamos en cuenta que en vaciados in situ se tiene hasta 12 obreros por cuadrilla de trabajo el riesgo incrementa más. Calificación: 7/10
Capacidad y desarrollo	El hormigón prefabricado está en constante evolución, mejorando los métodos constructivos y de fabricación. El personal contratado tendrá acceso a capacitación debido a esta evolución constante y obtendrá un perfil más competente en el mercado laboral. Calificación: 9/10	Actualmente en Bolivia no se tiene mayores actualizaciones en los métodos constructivos de hormigón armado vaciado in situ. La única forma que el personal tenga acceso a capacitaciones es siendo parte de construcciones novedosas en algunos sectores del País. Calificación: 5/10

Fuente: Elaboración propia

### **Desempeño macrosocial**

**Tabla 18: Evaluación de Desempeño macrosocial**

<b>Parámetro</b>	<b>Hormigón Prefabricado</b>	<b>Hormigón Armado vaciado in situ.</b>
Desempeño socioeconómico	<p>El hormigón prefabricado al tratarse de un método constructivo novedoso en el país puede generar nuevas oportunidades laborables fomentando la actividad económica.</p> <p>Para las empresas constructoras este método permite disminuciones en tiempos de ejecución, lo cual permite mayores ingresos económicos con el tiempo.</p> <p>Si bien la industrialización permite ambientes más seguros y estables de trabajo, también limita la cantidad de personal necesario en obra en comparación del método vaciado in situ. La diferencia podría llegar a una</p>	<p>Las obras de construcción siempre representaron el motor económico del país, siempre genera oportunidades laborables las cuales si bien no son estables abarca gran cantidad de gente.</p> <p>Si bien el rendimiento de las construcciones vaciado in situ es menores que las prefabricadas, al tratarse de un método constructivo conocido en el país que engloba la necesidad de grandes cantidades de personal es muy probable que exista prioridad por este tipo de construcciones.</p> <p>Calificación: 9/10</p>

	<p>disminución del 50% de los trabajadores. Desde el punto de vista económico de la empresa eso es muy bueno, desde el punto de vista social general puede ser un problema.</p> <p>Calificación: 5/10</p>	
<p>Desempeño socioambiental</p>	<p>Debido a la optimización y controles estrictos en la fabricación, los desperdicios de materiales son menores en comparación del método constructivo vaciado in situ, generando menos acumulación de residuos.</p> <p>La velocidad de montaje permite disminuir los tiempos de ejecución evitando malestares a los vecinos de las construcciones por el exceso de ruido, polvo, etc.</p> <p>Calificación: 9/10</p>	<p>Si bien mejorando el control en obra se puede disminuir los desperdicios, por lo general siguen siendo mayores a los producidos en prefabricación.</p> <p>La necesidad de trabajo in situ y en altura podría desarrollar malestar a los vecinos por los ruidos como también caída de residuos o materiales.</p> <p>Calificación: 6/10</p>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente determinando un promedio tenemos calificaciones de 8,3/10 para hormigón prefabricado y 6,2/10 para hormigón armado vaciado in situ.

#### **4.8. RESUMEN ANÁLISIS COMPARATIVO**

Con todos los parámetros calculados se puede elaborar un resumen final mostrado en la tabla 19, del análisis comparativo bajo factores de sostenibilidad y cronograma de ejecución. Donde los valores en color verde representan lo beneficioso de utilizar hormigón prefabricado, mientras que los resultados de color rojo representan lo contrario. Los valores negativos significan disminución y los positivos incremento.

**Tabla 19: Resumen análisis comparativo**

<b>Parámetros</b>	<b>Hormigón prefabricado</b>	<b>Hormigón armado vaciado in situ</b>	<b>Diferencia</b>	<b>%Diferencia respecto de vaciado in situ</b>
Volúmenes de hormigón (m3)	658,09	691,62	-33,54	-4,84%
Bolsas de cemento (Unidad)	5721	4842	+879	+18,15%
Cantidad de acero (Kg)	48976,16	46402,50	+2573,66	+5,55%
Emisiones de CO2 (Kg CO2)	399,17	412,12	-12,95	-3,15%
Costos de ejecución (Bs)	2075423,78	1995597,79	+79825,99	+4,21%
Tiempo de ejecución (días)	115	182	-67	-36,81%
Evaluación social (puntos)	8,3/10	6,2/10	2,1/10	33,87%

Fuente: Elaboración propia

A pesar de mostrarse decremento en volúmenes de hormigón igual a 4,84% a favor del hormigón prefabricado, la cantidad de acero y cantidad de cemento incrementa debido a la optimización geométrica de los elementos y mayores prestaciones de la resistencia característica del hormigón.

Se puede apreciar que a pesar de tener incremento en las cantidades de cemento y el acero, las emisiones de CO2 presentan un decremento de 3,15% a favor del hormigón prefabricado, debido mayormente a los moldes metálicos utilizados en la fabricación y su facilidad de reutilización.

Los costos de ejecución del hormigón prefabricado muestran un incremento de 4.21% frente al hormigón armado vaciado in situ. Sin embargo el porcentaje de incremento en base al costo total del proyecto es de 1,05%.

El tiempo de ejecución del hormigón prefabricado presenta un notorio decremento del 36,81% en comparación del hormigón armado vaciado in situ debido a la velocidad de montaje de las piezas. De igual forma el incremento de la puntuación en la evaluación social incrementa considerablemente a favor del hormigón prefabricado con un porcentaje igual a 33,87%, debido principalmente a la mejora en seguridad, estabilidad y desarrollo laboral.

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE TRABAJO**

En esta capítulo se presentan las conclusiones basados en los resultados de la modelación estructural y análisis comparativo realizado para cumplir los objetivos del trabajo final de Máster. De igual forma se presentan futuras líneas de trabajo sobre prefabricado y sostenibilidad aplicado a Bolivia.

### **CONCLUSIONES:**

A continuación se muestran las conclusiones del trabajo de fin de Master:

- Al tratarse de elementos prefabricados se utilizaron resistencias de hormigón mayores a las normalmente utilizadas en Bolivia para vaciados in situ (21MPa para vaciado in situ y 30MPa para prefabricado). Este incremento en la resistencia también resulto en incremento de cemento (879 bolsas o 18,15%). El incremento de cemento permite mejorar no solo la resistencia, también la durabilidad del hormigón permitiendo mejor calidad en los elementos prefabricados. Por lo tanto, en base al análisis comparativo, utilizar elementos prefabricados con mayor durabilidad, resistencia y calidad permiten mayores beneficios tanto económicos como ambientales.
- Ambas modelaciones de hormigón prefabricado, con viento o sismo, muestran la necesidad de incrementar el canto de las zapatas para cumplir el empalme necesario de las columnas prefabricadas con las zapatas vaciadas in situ. Si bien eso lleva a incrementos en volúmenes de hormigón, materiales y costo de ejecución, el análisis comparativo demuestra que los beneficios son mayores utilizando hormigón prefabricado. Este incremento de volumen en zapatas no representa problemas a nivel económico y ambiental.
- Realizar el diseño de la estructura de hormigón prefabricado utilizando nudos rígidos vaciados in situ permite la implementación de este método constructivo en zonas con acción sísmica considerable como es el caso del presente estudio. Si bien el tiempo de ejecución incrementa por el vaciado in situ de los nudos (a diferencia de estructuras prefabricadas con otro tipo de conexiones), el cronograma de ejecución muestra tiempos competitivos en comparación con la estructura proyectada totalmente con hormigón armado vaciado in situ.
- Las losas alveolares LH/22 marca PRETESA utilizada para la modelación de hormigón prefabricado cumplieron con las características necesarias para el estudio. Si bien PRETESA recomienda la utilización de carpeta de

compresión menor a 5 centímetros de espesor, en la modelación se utilizó 8 centímetros para mejorar el efecto diafragma frente a acciones horizontales. A pesar del incremento en peso que representa 8 centímetros los esfuerzos resultantes fueron menores al valor máximo de 62 KNm recomendado por PRETESA demostrando la resistencia de la losa alveolar.

- Desde el punto de vista económico la implementación de hormigón prefabricado necesitaría un incremento de 1,05% del total del costo del proyecto original. Si bien esto es una desventaja desde el punto de vista de la inversión, es compensado por la incremento de velocidad de construcción (36,81%). Menores tiempos de ejecución permiten a las entidades financiadoras planificar mayor cantidad de proyectos a posterior. Las entidades estatales podrán solicitar aprobación de mayor cantidad de obras en sus respectivos municipios. Desde el punto de vista de las empresas constructoras mayores velocidades de construcción permite iniciar nuevas construcciones más rápido generando utilidades mayores por gestión.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> del hormigón prefabricado muestran un decremento de 3,15%, si bien el valor es podría considerar bajo el hecho de que un método constructivo más rápido, seguro y de mayores estándares de calidad genere emisiones menores al método convencional vaciado in situ, demuestra eficiencia y sostenibilidad en la construcción de prefabricados.
- Respecto a la evaluación social, es complicado establecer a priori la recepción social a nuevos métodos constructivos. La sociedad siempre intenta mantener lo conocido y evitar métodos novedosos por considerarlos experimentales. Sin embargo el hormigón prefabricado permite mejoras en el impacto social al tratarse de un método constructivo más seguro para los trabajadores y para la estabilidad laboral de los mismos. La rapidez en el tiempo de ejecución también podría ser un factor de aceptación por parte de la sociedad al tener menos perjuicios producto de construcciones con tiempos de ejecución mayores.

En base a todo lo mencionado anteriormente podemos concluir que la implementación del método constructivo hormigón prefabricado en Bolivia es posible y conveniente para ciertos tipos de construcciones (como la analizada en el presente TFM) pues llevaría a beneficios económicos, ambientales y sociales.



### **FUTURAS LINEAS DE TRABAJO:**

A continuación se muestran futuras líneas de trabajo planteadas en base a los resultados del trabajo de fin de Máster.

- Reemplazo de ménsulas por otros elementos: En el presente trabajo se decidió utilizar ménsulas en las columnas para asegurar el correcto emplazamiento y montaje de las vigas prefabricadas, sin embargo al tratarse de nudos rígidos valdría la pena analizar la posibilidad de reemplazar las ménsulas por otros elementos, como los soportes de planchas metálicas utilizadas en Chile o ménsulas removibles utilizados en Perú. Se podría mejorar la estética de la estructura sin comprometer la estabilidad y seguridad de la misma.
- Nudos articulados: Si bien los nudos rígidos son recomendados en zonas sísmicas y países que intentan implementar inicialmente construcciones prefabricadas. Es recomendable analizar la posibilidad de implementar construcciones prefabricadas con nudos articulados en zonas de baja sismicidad, según el mapa probabilístico de Bolivia incluiría las ciudades de Cobija, Beni, Norte y Este de Santa Cruz al igual que Tarija a excepción de la zona sud. Los nudos articulados podría disminuir aún más el tiempo de ejecución.
- Sistemas de paneles: Los sistemas de paneles prefabricados están siendo utilizados en la ciudad de Santa Cruz para viviendas de alrededor de 70m<sup>2</sup> y máximo dos niveles (Planta baja y 1er nivel). Sería muy recomendable analizar la posibilidad de implementar paneles prefabricados en edificación tanto en muros interiores portantes como muros de fachada. En el caso de estudio del presente trabajo se podría analizar la posibilidad de implementar la fachada con paneles prefabricados.
- Análisis de ciclo de vida de materiales en Bolivia: En el presente estudio se adoptaron factores de emisión en base a estudios realizados en otros países. Con miras a obtener resultados más representativos es necesario realizar análisis de ciclo de vida de los materiales de construcción utilizados en el País y de esa manera generar nuestra propia base de datos.
- Consumo energético: En el presente estudio no se consideró el consumo energético a lo largo de la vida útil de la estructura, debido a la falta de datos representativos y que los trabajos de obra fina, sistema eléctrico y climatización eran los mismos en todas las modelaciones. Sin embargo valdría tomar en cuenta el consumo energético para futuros trabajos con miras a generar proyectos más sostenibles.

Como se puede apreciar queda mucho por hablar sobre la implementación de hormigón prefabricado en Bolivia, si bien los resultados del presente trabajo cumplen con sus objetivos y permiten una primera visión general, faltan más diseños, investigaciones, implementaciones, mejoras y difusión sobre el tema en Bolivia.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] CBH 87 (1987), Norma Boliviana de Hormigón Armado, IBNORCA, Bolivia.
- [2] ASCE/SEI 7-05 (2006), Minimum design loads for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers, Reston-Virginia.
- [3] ACI318-08M (2008), Building code requirements for structural concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills – U.S.A.
- [4] FIB Bulletin 74 (2014), Planning and design handbook on precast building structures, International Federation for Structural Concrete, Switzerland.
- [5] FIB Bulletin 27 (2003), Seismic design of precast concrete building structures, International Federation for Structural Concrete, Switzerland.
- [6] The Hong Kong Institute of Engineers (2003), Precast concrete construction handbook, China.
- [7] New Zealand Concrete Society & New Zealand Society for Earthquake Engineering (1999), Guidelines for the use of structural precast concrete 2<sup>nd</sup> Edition, New Zealand.
- [8] Periódico El País (1998), Un violento terremoto en el centro de Bolivia causa al menos 48 muertos y 200 desaparecidos, [www.elpais.com](http://www.elpais.com).
- [9] GBDS (2020), Guía Boliviana de Diseño Sísmico, IBNORCA, Bolivia.
- [10] NB 1225001-1 (2017), Norma Boliviana de hormigón estructural, IBNORCA, Bolivia.
- [11] NB 1225002-1 (2017), Norma Boliviana – Acciones sobre las estructuras, IBNORCA, Bolivia.

[12] Soibelman Lucio (2000), Material de desperdicio en la industria de la construcción- Incidencia y control, Séptimo Simposio Internacional de Ingeniería Civil ITES, Monterrey-Mexico.

[13] Ya Hong Dong, Lara Jaillon, Peggy Chu & CS Poon (2015), Comparing carbon emissions of precast and cast-in-situ construction methods - A case study of high rise private building, City University of Hong Kong & The Hong Kong Polytechnic University, China.

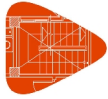
[14] Victor Yepes, Jose V. Martí & Tatiana García (2014), Cost and CO2 emission optimization of precast-prestressed concrete U-beam road bridges by hybrid glowworm swarm algorithm, ICITECH – Universitat Politecnica de Valencia, Spain.

[15] José Mel Fraga (2017), Tesis Doctoral - Nuevo Modelo de evaluación de la sostenibilidad de estructuras de hormigón, Universidade da Coruña, España.

# Anejo 1. Cuantías de obra

## ÍNDICE

1. Cuantías de obra Hormigon armado con acción de viento.....	94
2. Cuantías de obra hormigón prefabricado con acción de viento.....	97
3. Cuantías de obra hormigón prefabricado con acción de sismo.....	100



# Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Armad...

HoAo + viento

Fecha: 09/09/21

## Notas:

Barras: Los valores indicados tienen incluidas las mermas.

Superficie total: Se han deducido los huecos de superficie mayor de 0.00 m<sup>2</sup>.

## Cimentación

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	234.23	159.764	7771
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>159.764</b>	<b>7771</b>

## Planta baja

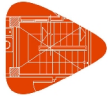
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	319.08	80.18	35.360	2379
Pilares	60.62	-	5.680	211
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>80.18</b>	<b>41.040</b>	<b>2590</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.465</b>	<b>29.34</b>
<b>Superficie total: 88.29 m<sup>2</sup></b>				

## Apoyo escalera 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	9.84	2.05	1.440	64
Pilares	241.34	-	22.670	5897
Escaleras	-	23.38	5.077	321
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>25.43</b>	<b>29.187</b>	<b>6282</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.873</b>	<b>618.31</b>
<b>Superficie total: 10.16 m<sup>2</sup></b>				

## Forjado 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	269.91	23.940	1237
Forjados reticulares	-	622.49	74.080	4441
Vigas	379.64	118.24	72.420	5953
Pilares	7.28	-	0.640	21
Escaleras	-	22.98	4.768	314
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>1033.62</b>	<b>175.848</b>	<b>11966</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.173</b>	<b>11.75</b>
<b>Superficie total: 1018.75 m<sup>2</sup></b>				
Nº de bloques de reticular = 1842 Uds.				



## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Armad...

Fecha: 09/09/21

### Apoyo escalera 2

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	9.84	2.05	1.440	62
Pilares	246.91	-	23.160	559
Escaleras	-	23.38	5.077	320
<b>Total</b>	-	<b>25.43</b>	<b>29.677</b>	<b>941</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>2.921</b>	<b>92.62</b>
<b>Superficie total: 10.16 m<sup>2</sup></b>				

### Forjado 2

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	140.27	12.440	607
Forjados reticulares	-	358.39	42.650	2811
Vigas	390.92	108.43	59.530	4520
Pilares	7.28	-	0.640	21
Escaleras	-	22.98	4.768	314
<b>Total</b>	-	<b>630.07</b>	<b>120.028</b>	<b>8273</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.195</b>	<b>13.45</b>
<b>Superficie total: 615.20 m<sup>2</sup></b>				
Nº de bloques de reticular = 1042 Uds.				

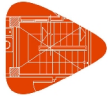
### Cubierta

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados reticulares	-	18.00	2.140	76
Vigas	268.76	57.10	29.260	1883
Pilares	148.76	-	14.460	330
<b>Total</b>	-	<b>75.10</b>	<b>45.860</b>	<b>2289</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.574</b>	<b>28.64</b>
<b>Superficie total: 79.92 m<sup>2</sup></b>				
Nº de bloques de reticular = 56 Uds.				

### Total obra

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	234.23	159.760	7771
<b>Total</b>	-	<b>159.760</b>	<b>7771</b>





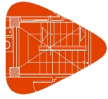
## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Armad...

Fecha: 09/09/21

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	410.18	36.380	1844
Forjados reticulares	-	998.88	118.870	7328
Vigas	1378.08	368.05	199.450	14861
Pilares	712.19	-	67.250	7039
Escaleras	-	92.72	19.700	1269
<b>Total</b>	-	<b>1869.83</b>	<b>441.650</b>	<b>32341</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.242</b>	<b>17.75</b>
<b>Superficie total: 1822.48 m<sup>2</sup></b>				
Nº de bloques de reticular = 2940 Uds.				

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)



# Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Ho.Pref. + viento

Fecha: 09/09/21

## Notas:

Barras: Los valores indicados tienen incluidas las mermas.

Superficie total: Se han deducido los huecos de superficie mayor de 0.00 m<sup>2</sup>.

## Cimentación

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	420.77	199.388	10024
<b>Total</b>	-	<b>199.388</b>	<b>10024</b>

## Planta baja

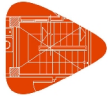
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	339.89	85.55	37.620	2370
Pilares	42.80	-	3.800	119
<b>Total</b>	-	<b>85.55</b>	<b>41.420</b>	<b>2489</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.445</b>	<b>26.72</b>
<b>Superficie total: 93.14 m<sup>2</sup></b>				

## Apoyo escalera 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	9.84	2.46	1.300	89
Pilares	254.56	-	22.590	5273
Escaleras	-	23.38	5.077	366
<b>Total</b>	-	<b>25.84</b>	<b>28.967</b>	<b>5728</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>2.882</b>	<b>569.95</b>
<b>Superficie total: 10.05 m<sup>2</sup></b>				

## Forjado 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	895.20	89.520	1364
Vigas	300.42	132.60	62.960	7334
Pilares	3.08	-	0.270	14
Escaleras	-	22.98	4.768	316
<b>Total</b>	-	<b>1050.78</b>	<b>157.518</b>	<b>9028</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.152</b>	<b>8.72</b>
<b>Superficie total: 1035.39 m<sup>2</sup></b>				



## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

### Apoyo escalera 2

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	9.84	2.46	1.300	89
Pilares	231.79	-	20.550	736
Escaleras	-	23.38	5.077	369
<b>Total</b>	-	<b>25.84</b>	<b>26.927</b>	<b>1194</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>2.679</b>	<b>118.81</b>
<b>Superficie total: 10.05 m<sup>2</sup></b>				

### Forjado 2

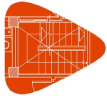
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	507.18	50.720	765
Vigas	336.12	117.97	53.440	5718
Pilares	4.20	-	0.370	14
Escaleras	-	22.98	4.768	316
<b>Total</b>	-	<b>648.13</b>	<b>109.298</b>	<b>6813</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.173</b>	<b>10.77</b>
<b>Superficie total: 632.74 m<sup>2</sup></b>				

### Cubierta

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	16.79	1.680	23
Vigas	232.10	59.91	26.050	1618
Pilares	139.46	-	13.140	302
<b>Total</b>	-	<b>76.70</b>	<b>40.870</b>	<b>1943</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.502</b>	<b>23.88</b>
<b>Superficie total: 81.38 m<sup>2</sup></b>				

### Total obra

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	420.77	199.390	10024
<b>Total</b>	-	<b>199.390</b>	<b>10024</b>



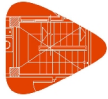
## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	1419.17	141.920	2152
Vigas	1228.21	400.95	182.670	17218
Pilares	675.89	-	60.720	6458
Escaleras	-	92.72	19.700	1367
<b>Total</b>	-	<b>1912.84</b>	<b>405.010</b>	<b>27195</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.217</b>	<b>14.60</b>
<b>Superficie total: 1862.75 m<sup>2</sup></b>				

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)



# Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Ho.Pref. + sismo

Fecha: 09/09/21

## Notas:

Barras: Los valores indicados tienen incluidas las mermas.

Superficie total: Se han deducido los huecos de superficie mayor de 0.00 m<sup>2</sup>.

## Cimentación

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	759.73	500.099	35912
<b>Total</b>	-	<b>500.099</b>	<b>35912</b>

## Planta baja

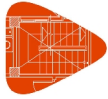
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	439.57	122.75	62.380	6166
Pilares	74.74	-	8.460	1403
<b>Total</b>	-	<b>122.75</b>	<b>70.840</b>	<b>7569</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.518</b>	<b>55.30</b>
<b>Superficie total: 136.88 m<sup>2</sup></b>				

## Apoyo escalera 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	10.92	2.73	2.000	545
Pilares	338.00	-	38.160	16423
Escaleras	-	22.94	5.002	372
<b>Total</b>	-	<b>25.67</b>	<b>45.162</b>	<b>17340</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>2.679</b>	<b>1028.47</b>
<b>Superficie total: 16.86 m<sup>2</sup></b>				

## Forjado 1

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	869.92	86.990	1394
Vigas	471.34	152.96	105.730	15879
Pilares	2.80	-	0.340	266
Escaleras	-	22.53	4.693	310
<b>Total</b>	-	<b>1045.41</b>	<b>197.753</b>	<b>17849</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.191</b>	<b>17.21</b>
<b>Superficie total: 1037.01 m<sup>2</sup></b>				



## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

### Apoyo escalera 2

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas	10.92	2.73	2.000	452
Pilares	303.68	-	34.190	2391
Escaleras	-	22.94	5.002	370
<b>Total</b>	-	<b>25.67</b>	<b>41.192</b>	<b>3213</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>2.443</b>	<b>190.57</b>
<b>Superficie total: 16.86 m<sup>2</sup></b>				

### Forjado 2

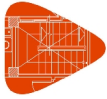
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	492.56	49.260	786
Vigas	458.62	138.88	87.230	9411
Pilares	2.80	-	0.340	154
Escaleras	-	22.53	4.693	310
<b>Total</b>	-	<b>653.97</b>	<b>141.523</b>	<b>10661</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.219</b>	<b>16.51</b>
<b>Superficie total: 645.57 m<sup>2</sup></b>				

### Cubierta

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	15.93	1.590	24
Vigas	254.10	72.39	37.200	3004
Pilares	208.31	-	24.550	1254
<b>Total</b>	-	<b>88.32</b>	<b>63.340</b>	<b>4282</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.650</b>	<b>43.95</b>
<b>Superficie total: 97.43 m<sup>2</sup></b>				

### Total obra

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Zapatas aisladas	759.73	500.100	35912
<b>Total</b>	-	<b>500.100</b>	<b>35912</b>



## Cuantías de obra

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	1378.41	137.840	2204
Vigas	1645.47	492.44	296.540	35457
Pilares	930.33	-	106.040	21891
Escaleras	-	90.94	19.380	1362
<b>Total</b>	-	<b>1961.79</b>	<b>559.800</b>	<b>60914</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.287</b>	<b>31.23</b>
<b>Superficie total: 1950.61 m<sup>2</sup></b>				

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)



## Anejo 2. Justificación acción de viento

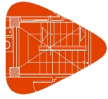
### ÍNDICE

Hormigon armado + viento

<b>1. ACCIÓN DEL VIENTO "HoAo+VIENTO.....</b>	<b>103</b>
<b>1.1.Datos generales.....</b>	<b>103</b>
<b>1.2.Presión dinámica.....</b>	<b>103</b>
<b>1.3. Presión de diseño.....</b>	<b>105</b>
<b>1.4. Cargas de viento por planta.....</b>	<b>107</b>

Hormigon prefabricado + viento

<b>1.ACCIÓN DEL VIENTO "HoPREF. + VIENTO.....</b>	<b>109</b>
<b>1.1Datos generales.....</b>	<b>109</b>
<b>1.2. Presión dinámica.....</b>	<b>109</b>
<b>1.3. Presión de diseño.....</b>	<b>111</b>
<b>1.4. Cargas de viento por planta.....</b>	<b>113</b>



# Justificación de la acción del viento

## ACCIÓN DEL VIENTO

Norma utilizada: NB 1225003-1

Norma Boliviana NB 1225003-1. Acciones sobre las estructuras – Acción del viento – Parte 1

Método de cálculo: Procedimiento analítico (NB 1225003-1, Capítulo 5)

### 1.1. Datos generales

Se considera acción de viento en dirección X

Se considera acción de viento en dirección Y

Datos del emplazamiento

V: Velocidad básica del viento (NB 1225003-1, 5.3)

V : 27.8 m/s

Categoría de uso (NB 1225003-1, 5.4): Categoría III

Tipo de estructura (NB 1225003-1, Anexo A.15)

Dirección X [0°- 180°]: C

Dirección Y [90°- 270°]: C

Categoría del terreno (NB 1225003-1, 5.5)

Categoría B

Orografía del terreno (NB 1225003-1, 5.7)

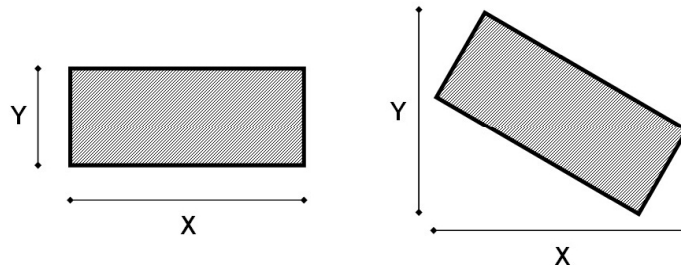
Dirección X [0°- 180°]: Llano

Dirección Y [90°- 270°]: Llano

Anchos de banda

Anchos de banda son las longitudes de la fachada expuesta en dirección perpendicular a la acción del viento.

Producido por una versión educativa de CYPE



Planta	Ancho X (m)	Ancho Y (m)
Cubierta	60.40	41.54
Forjado 2	60.40	41.54
Apoyo escalera 2	60.40	41.54
Forjado 1	60.40	41.54
Apoyo escalera 1	60.40	41.54

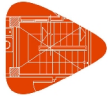
Coefficientes aplicados a la acción de viento

+X: 1.00 -X: 1.00

+Y: 1.00 -Y: 1.00

### 1.2. Presión dinámica

La presión dinámica  $q_z$ , evaluada a la altura  $z$ , se calcula mediante la siguiente expresión:



# Justificación de la acción del viento

$$q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$$

## Parámetros necesarios para la definición de la presión dinámica

**V:** Velocidad básica del viento (NB 1225003-1, 5.3)

**V :** 27.8 m/s

**I:** Factor de importancia (NB 1225003-1, Tabla 5.4-2)

**I :** 1.15

Categoría de uso (NB 1225003-1, 5.4): Categoría III

**K<sub>d</sub>:** Factor de direccionalidad (NB 1225003-1, 5.3.4)

**K<sub>d</sub> :** 0.85

**K<sub>z</sub>:** Coeficiente de exposición (NB 1225003-1, 5.5.4)

**K<sub>zt</sub>:** Factor topográfico (NB 1225003-1, 5.6)

### 1.2.1. Factor de exposición

**K<sub>z</sub>:** Coeficiente de exposición (NB 1225003-1, 5.5.4)

$$K_z = 2.01 \left( z / z_g \right)^{2/\alpha} \quad 5m \leq z \leq z_g$$

$$K_z = 2.01 \left( 5 / z_g \right)^{2/\alpha} \quad z < 5m$$

Constantes de exposición del terreno (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Exposición	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría B
$\alpha$	7.0	7.0	7.0	7.0
<b>z<sub>g</sub> (m)</b>	366.00	366.00	366.00	366.00

Coeficiente de exposición K<sub>z</sub> por planta (NB 1225003-1, Tabla 5.5.4-1)

K <sub>z</sub>				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>Cubierta</b>	0.729	0.729	0.729	0.729
<b>Forjado 2</b>	0.692	0.692	0.692	0.692
<b>Apoyo escalera 2</b>	0.625	0.625	0.625	0.625
<b>Forjado 1</b>	0.589	0.589	0.589	0.589
<b>Apoyo escalera 1</b>	0.589	0.589	0.589	0.589

K <sub>z</sub>				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>MAX(5, h)</b>	0.729	0.729	0.729	0.729

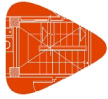
### 1.2.2. Factor topográfico

**K<sub>zt</sub>:** Factor topográfico (NB 1225003-1, 5.6.2)

**K<sub>zt</sub> :** 1

### 1.2.3. Presión dinámica por planta

Presión dinámica q<sub>z</sub> por planta (NB 1225003-1, 5.8)



# Justificación de la acción del viento

q <sub>z</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Cubierta	0.34	0.34	0.34	0.34
Forjado 2	0.32	0.32	0.32	0.32
Apoyo escalera 2	0.29	0.29	0.29	0.29
Forjado 1	0.27	0.27	0.27	0.27
Apoyo escalera 1	0.27	0.27	0.27	0.27

q <sub>h</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	0.34	0.34	0.34	0.34

## 1.3. Presión de diseño

Las presiones de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = (q_z C_{p,bv} - q_h C_{p,sv}) \cdot G \quad \text{(NB 1225003-1, 7.2.1 y Figura 7.2.1-1)}$$

Donde:

- q<sub>z</sub>: Presión dinámica evaluada a la altura z
- q<sub>h</sub>: Presión dinámica evaluada a la altura h
- C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento
- C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento
- G: Factor de efecto de ráfaga

### 1.3.1. Coeficientes de presión

#### Dirección X [0°- 180°]

C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,bv</sub> : 0.80

C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,sv</sub> : -0.41

L/B: Relación

L/B : 1.45

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento

L : 60.40 m

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

B : 41.54 m

#### Dirección Y [90°- 270°]

C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,bv</sub> : 0.80

C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,sv</sub> : -0.50

L/B: Relación

L/B : 0.69

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento

L : 41.54 m

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

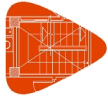
B : 60.40 m

### 1.3.2. Factor de efecto de ráfaga

Estructura flexible: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental menor que 1Hz.

Estructura rígida: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental mayor o igual que 1Hz.

Producido por la versión educativa de CYPE



# Justificación de la acción del viento

## Factor de efecto de ráfaga para estructura rígida

Para las estructuras rígidas, el factor de efecto de ráfaga se determina mediante la expresión:

$$G = 0.925 \left( \frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_v I_z} \right) \quad (\text{NB 1225003-1, Anexo B.1})$$

$I_z$ : Intensidad de la turbulencia a la altura  $z$

$$I_{z_s} = c \left( \frac{10}{z} \right)^{1/6}$$

$z$ : Altura equivalente de la estructura

$$\bar{z} = \text{MAX} (0.6 \cdot h, z_{\min})$$

$h$ : Altura media de la cubierta del edificio

$h$  : 10.50 m

$z_{\min}$ : Constante de exposición (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$c$ : Factor de intensidad de la turbulencia (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$g_Q$ : Factor de pico para la respuesta base (NB 1225003-1, B.1 y B.2)

$g_Q$  : 3.4

$g_v$ : Factor de pico para la respuesta al viento (NB 1225003-1, B.1 y B.2)

$g_v$  : 3.4

$Q$ : Respuesta base (NB 1225003-1, B.1)

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}}$$

$B$ : Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

$h$ : Altura media de la cubierta del edificio

$L_z$ : Escala de longitud integral de turbulencia

$$L_z = \ell \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^\varepsilon$$

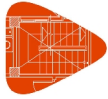
$\ell$ : Factor de escala de longitud integral (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$\varepsilon$ : Exponente para la ley potencial de la escala de longitud integral (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Constantes de exposición del terreno (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Exposición	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría B
$z_{\min}$ (m)	9.20	9.20	9.20	9.20
$c$	0.30	0.30	0.30	0.30
$\ell$	98.0	98.0	98.0	98.0
$\varepsilon$	0.33	0.33	0.33	0.33
$b$	---	---	---	---
$\alpha$	---	---	---	---

Cálculo del factor de efecto de ráfaga, G



# Justificación de la acción del viento

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>z<sub>mín</sub> (m)</b>	9.20	9.20	9.20	9.20
<b>I<sub>z</sub></b>	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>L<sub>z</sub></b>	95.31	95.31	95.31	95.31
<b>Q</b>	0.84	0.81	0.84	0.81
<b>g<sub>Q</sub></b>	3.40	3.40	3.40	3.40
<b>g<sub>v</sub></b>	3.40	3.40	3.40	3.40
<b>g<sub>R</sub></b>	---	---	---	---
<b>V<sub>z</sub></b>	---	---	---	---
<b>R</b>	---	---	---	---
<b>G</b>	0.83	0.81	0.83	0.81

### 1.3.3. Presión de diseño por planta

Presión de diseño, p (NB 1225003-1, 7.2.1 y Figura 7.2.1-1)

Planta	p (kN/m <sup>2</sup> )			
	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>Cubierta</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Forjado 2</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Apoyo escalera 2</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Forjado 1</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Apoyo escalera 1</b>	0.50	0.50	0.50	0.50

### 4. Cargas de viento por planta

Las cargas de viento para el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$F_i = (p_i \cdot A_i) \cdot c$$

Donde:

**F<sub>i</sub>**: Carga de viento que actúa en la planta 'i'

**p<sub>i</sub>**: Presión de diseño en la planta 'i'

**A<sub>i</sub>**: Área de la planta 'i' sobre la que actúa la presión de diseño del viento

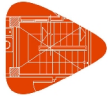
$$A_i = b_i \cdot h_i$$

**b<sub>i</sub>**: Anchura de banda de la planta 'i' perpendicular a la dirección de análisis

**h<sub>i</sub>**: Altura de la planta 'i'

**c**: Coeficiente aplicado a la acción de viento

Planta	Viento a 0° (+X)			
	p (kN/m <sup>2</sup> )	b (m)	h (m)	F (kN)
<b>Cubierta</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Forjado 2</b>	0.50	41.54	2.63	54.521
<b>Apoyo escalera 2</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Forjado 1</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Apoyo escalera 1</b>	0.50	41.54	1.75	36.348



## Justificación de la acción del viento

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Armad...

Fecha: 09/09/21

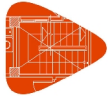
<b>Viento a 90° (-Y)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	60.40	1.75	-52.850
Forjado 2	0.50	60.40	2.63	-79.275
Apoyo escalera 2	0.50	60.40	1.75	-52.850
Forjado 1	0.50	60.40	1.75	-52.850
Apoyo escalera 1	0.50	60.40	1.75	-52.850

<b>Viento a 180° (-X)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	41.54	1.75	-36.347
Forjado 2	0.50	41.54	2.63	-54.521
Apoyo escalera 2	0.50	41.54	1.75	-36.347
Forjado 1	0.50	41.54	1.75	-36.347
Apoyo escalera 1	0.50	41.54	1.75	-36.347

<b>Viento a 270° (+Y)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	60.40	1.75	52.850
Forjado 2	0.50	60.40	2.63	79.275
Apoyo escalera 2	0.50	60.40	1.75	52.850
Forjado 1	0.50	60.40	1.75	52.850
Apoyo escalera 1	0.50	60.40	1.75	52.850



# Justificación de la acción del viento

## ACCIÓN DEL VIENTO

Norma utilizada: NB 1225003-1

Norma Boliviana NB 1225003-1. Acciones sobre las estructuras – Acción del viento – Parte 1

Método de cálculo: Procedimiento analítico (NB 1225003-1, Capítulo 5)

### 1.1. Datos generales

Se considera acción de viento en dirección X

Se considera acción de viento en dirección Y

Datos del emplazamiento

V: Velocidad básica del viento (NB 1225003-1, 5.3)

V : 27.8 m/s

Categoría de uso (NB 1225003-1, 5.4): Categoría III

Tipo de estructura (NB 1225003-1, Anexo A.15)

Dirección X [0°- 180°]: C

Dirección Y [90°- 270°]: C

Categoría del terreno (NB 1225003-1, 5.5)

Categoría B

Orografía del terreno (NB 1225003-1, 5.7)

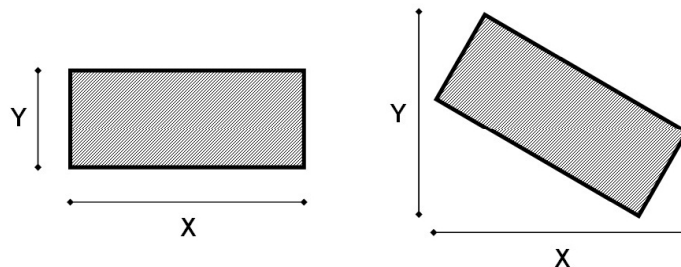
Dirección X [0°- 180°]: Llano

Dirección Y [90°- 270°]: Llano

Anchos de banda

Anchos de banda son las longitudes de la fachada expuesta en dirección perpendicular a la acción del viento.

Producido por una versión educativa de CYPE



Planta	Ancho X (m)	Ancho Y (m)
Cubierta	60.40	41.54
Forjado 2	60.40	41.54
Apoyo escalera 2	60.40	41.54
Forjado 1	60.40	41.54
Apoyo escalera 1	60.40	41.54

Coefficientes aplicados a la acción de viento

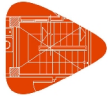
+X: 1.00 -X: 1.00

+Y: 1.00 -Y: 1.00

### 1.2. Presión dinámica

La presión dinámica  $q_z$ , evaluada a la altura  $z$ , se calcula mediante la siguiente expresión:





# Justificación de la acción del viento

$$q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$$

## Parámetros necesarios para la definición de la presión dinámica

**V:** Velocidad básica del viento (NB 1225003-1, 5.3)

**V :** 27.8 m/s

**I:** Factor de importancia (NB 1225003-1, Tabla 5.4-2)

**I :** 1.15

Categoría de uso (NB 1225003-1, 5.4): Categoría III

**K<sub>d</sub>:** Factor de direccionalidad (NB 1225003-1, 5.3.4)

**K<sub>d</sub> :** 0.85

**K<sub>z</sub>:** Coeficiente de exposición (NB 1225003-1, 5.5.4)

**K<sub>zt</sub>:** Factor topográfico (NB 1225003-1, 5.6)

### 1.2.1. Factor de exposición

**K<sub>z</sub>:** Coeficiente de exposición (NB 1225003-1, 5.5.4)

$$K_z = 2.01 \left( z / z_g \right)^{2/\alpha} \quad 5m \leq z \leq z_g$$

$$K_z = 2.01 \left( 5 / z_g \right)^{2/\alpha} \quad z < 5m$$

Constantes de exposición del terreno (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Exposición	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría B
α	7.0	7.0	7.0	7.0
z <sub>g</sub> (m)	366.00	366.00	366.00	366.00

Coeficiente de exposición K<sub>z</sub> por planta (NB 1225003-1, Tabla 5.5.4-1)

K <sub>z</sub>				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Cubierta	0.729	0.729	0.729	0.729
Forjado 2	0.692	0.692	0.692	0.692
Apoyo escalera 2	0.625	0.625	0.625	0.625
Forjado 1	0.589	0.589	0.589	0.589
Apoyo escalera 1	0.589	0.589	0.589	0.589

K <sub>z</sub>				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
MAX(5, h)	0.729	0.729	0.729	0.729

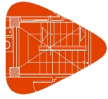
### 1.2.2. Factor topográfico

**K<sub>zt</sub>:** Factor topográfico (NB 1225003-1, 5.6.2)

**K<sub>zt</sub> :** 1

### 1.2.3. Presión dinámica por planta

Presión dinámica q<sub>z</sub> por planta (NB 1225003-1, 5.8)



# Justificación de la acción del viento

q <sub>z</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Cubierta	0.34	0.34	0.34	0.34
Forjado 2	0.32	0.32	0.32	0.32
Apoyo escalera 2	0.29	0.29	0.29	0.29
Forjado 1	0.27	0.27	0.27	0.27
Apoyo escalera 1	0.27	0.27	0.27	0.27

q <sub>h</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	0.34	0.34	0.34	0.34

## 1.3. Presión de diseño

Las presiones de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = (q_z C_{p,bv} - q_h C_{p,sv}) \cdot G \quad \text{(NB 1225003-1, 7.2.1 y Figura 7.2.1-1)}$$

Donde:

- q<sub>z</sub>: Presión dinámica evaluada a la altura z
- q<sub>h</sub>: Presión dinámica evaluada a la altura h
- C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento
- C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento
- G: Factor de efecto de ráfaga

### 1.3.1. Coeficientes de presión

#### Dirección X [0°- 180°]

C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,bv</sub> : 0.80

C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,sv</sub> : -0.41

L/B: Relación

L/B : 1.45

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento

L : 60.40 m

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

B : 41.54 m

#### Dirección Y [90°- 270°]

C<sub>p,bv</sub>: Coeficiente de presión a barlovento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,bv</sub> : 0.80

C<sub>p,sv</sub>: Coeficiente de presión a sotavento (NB 1225003-1, Figura 7.2.1-2)

C<sub>p,sv</sub> : -0.50

L/B: Relación

L/B : 0.69

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento

L : 41.54 m

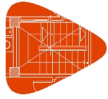
B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

B : 60.40 m

### 1.3.2. Factor de efecto de ráfaga

Estructura flexible: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental menor que 1Hz.

Estructura rígida: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental mayor o igual que 1Hz.



# Justificación de la acción del viento

## Factor de efecto de ráfaga para estructura rígida

Para las estructuras rígidas, el factor de efecto de ráfaga se determina mediante la expresión:

$$G = 0.925 \left( \frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_v I_z} \right) \quad (\text{NB 1225003-1, Anexo B.1})$$

$I_z$ : Intensidad de la turbulencia a la altura  $z$

$$I_{z_s} = c \left( \frac{10}{z} \right)^{1/6}$$

$z$ : Altura equivalente de la estructura

$$\bar{z} = \text{MAX}(0.6 \cdot h, z_{\min})$$

$h$ : Altura media de la cubierta del edificio

$h$  : 10.50 m

$z_{\min}$ : Constante de exposición (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$c$ : Factor de intensidad de la turbulencia (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$g_Q$ : Factor de pico para la respuesta base (NB 1225003-1, B.1 y B.2)

$g_Q$  : 3.4

$g_v$ : Factor de pico para la respuesta al viento (NB 1225003-1, B.1 y B.2)

$g_v$  : 3.4

$Q$ : Respuesta base (NB 1225003-1, B.1)

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}}$$

$B$ : Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

$h$ : Altura media de la cubierta del edificio

$L_z$ : Escala de longitud integral de turbulencia

$$L_z = \ell \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^\varepsilon$$

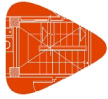
$\ell$ : Factor de escala de longitud integral (NB 1225003-1, Tabla B.1)

$\varepsilon$ : Exponente para la ley potencial de la escala de longitud integral (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Constantes de exposición del terreno (NB 1225003-1, Tabla B.1)

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Exposición	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría B
$z_{\min}$ (m)	9.20	9.20	9.20	9.20
$c$	0.30	0.30	0.30	0.30
$\ell$	98.0	98.0	98.0	98.0
$\varepsilon$	0.33	0.33	0.33	0.33
$b$	---	---	---	---
$\alpha$	---	---	---	---

Cálculo del factor de efecto de ráfaga,  $G$



# Justificación de la acción del viento

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>z<sub>mín</sub> (m)</b>	9.20	9.20	9.20	9.20
<b>I<sub>z</sub></b>	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>L<sub>z</sub></b>	95.31	95.31	95.31	95.31
<b>Q</b>	0.84	0.81	0.84	0.81
<b>g<sub>Q</sub></b>	3.40	3.40	3.40	3.40
<b>g<sub>v</sub></b>	3.40	3.40	3.40	3.40
<b>g<sub>R</sub></b>	---	---	---	---
<b>V<sub>z</sub></b>	---	---	---	---
<b>R</b>	---	---	---	---
<b>G</b>	0.83	0.81	0.83	0.81

### 1.3.3. Presión de diseño por planta

Presión de diseño, p (NB 1225003-1, 7.2.1 y Figura 7.2.1-1)

Planta	p (kN/m <sup>2</sup> )			
	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
<b>Cubierta</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Forjado 2</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Apoyo escalera 2</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Forjado 1</b>	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Apoyo escalera 1</b>	0.50	0.50	0.50	0.50

### 4. Cargas de viento por planta

Las cargas de viento para el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$F_i = (p_i \cdot A_i) \cdot c$$

Donde:

**F<sub>i</sub>**: Carga de viento que actúa en la planta 'i'

**p<sub>i</sub>**: Presión de diseño en la planta 'i'

**A<sub>i</sub>**: Área de la planta 'i' sobre la que actúa la presión de diseño del viento

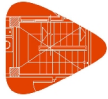
$$A_i = b_i \cdot h_i$$

**b<sub>i</sub>**: Anchura de banda de la planta 'i' perpendicular a la dirección de análisis

**h<sub>i</sub>**: Altura de la planta 'i'

**c**: Coeficiente aplicado a la acción de viento

Planta	Viento a 0° (+X)			
	p (kN/m <sup>2</sup> )	b (m)	h (m)	F (kN)
<b>Cubierta</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Forjado 2</b>	0.50	41.54	2.63	54.521
<b>Apoyo escalera 2</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Forjado 1</b>	0.50	41.54	1.75	36.348
<b>Apoyo escalera 1</b>	0.50	41.54	1.75	36.348



## Justificación de la acción del viento

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

<b>Viento a 90° (-Y)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	60.40	1.75	-52.850
Forjado 2	0.50	60.40	2.63	-79.275
Apoyo escalera 2	0.50	60.40	1.75	-52.850
Forjado 1	0.50	60.40	1.75	-52.850
Apoyo escalera 1	0.50	60.40	1.75	-52.850

<b>Viento a 180° (-X)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	41.54	1.75	-36.347
Forjado 2	0.50	41.54	2.63	-54.521
Apoyo escalera 2	0.50	41.54	1.75	-36.347
Forjado 1	0.50	41.54	1.75	-36.347
Apoyo escalera 1	0.50	41.54	1.75	-36.347

<b>Viento a 270° (+Y)</b>				
<b>Planta</b>	<b>p (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>F (kN)</b>
Cubierta	0.50	60.40	1.75	52.850
Forjado 2	0.50	60.40	2.63	79.275
Apoyo escalera 2	0.50	60.40	1.75	52.850
Forjado 1	0.50	60.40	1.75	52.850
Apoyo escalera 1	0.50	60.40	1.75	52.850

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)

## Anejo 3. Justificación acción de Sismo

### ÍNDICE

<b>1. SISMO.....</b>	<b>116</b>
<b>1.1.Datos generales de sismo.....</b>	<b>116</b>
<b>1.2. Espectro de cálculo.....</b>	<b>117</b>
<b>1.3. Coeficientes de participación.....</b>	<b>119</b>
<b>1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....</b>	<b>120</b>
<b>1.5. Corrección por cortante basal.....</b>	<b>121</b>
<b>1.6. Cortante sísmico combinado por planta.....</b>	<b>124</b>
<b>2. Distorsión de pilares con acción de viento.....</b>	<b>127</b>
<b>3. Distorsión de pilares acción de sismo.....</b>	<b>138</b>



# Justificación de la acción sísmica

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

---

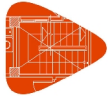
## SISMO

**Norma utilizada:** GBDS-2020

Guía Boliviana de Diseño Sísmico (2020)

**Método de cálculo:** Análisis modal espectral (GBDS-2020, 8.2)

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)



# Justificación de la acción sísmica

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

## 1.1. Datos generales de sismo

### Caracterización del emplazamiento

$S_0$ : Aceleración máxima del suelo (GBDS-2020, Figura 2-5)  
Tipo de suelo (GBDS-2020, 5.1): S4

$S_0$  : 20.0 %g

### Sistema estructural

$R_{0x}$ : Factor de modificación de respuesta (X) (GBDS-2020, 7.5)  
 $R_{0y}$ : Factor de modificación de respuesta (Y) (GBDS-2020, 7.5)  
 $Cd_{0x}$ : Factor de amplificación de desplazamientos (X) (GBDS-2020, 7.5)  
 $Cd_{0y}$ : Factor de amplificación de desplazamientos (Y) (GBDS-2020, 7.5)  
 $I_a$ : Factor de irregularidad en altura (GBDS-2020, 7.6)  
 $I_p$ : Factor de irregularidad en planta (GBDS-2020, 7.6)

$R_{0x}$  : 5.0  
 $R_{0y}$  : 5.0  
 $Cd_{0x}$  : 4.5  
 $Cd_{0y}$  : 4.5  
 $I_a$  : 0.9  
 $I_p$  : 1.0

### Categoría del edificio

(GBDS-2020, 3.1): III (Edificios donde frecuentemente existe aglomeración de personas o cuyo contenido es de gran valor para la sociedad)

### Efecto de la topografía

(GBDS-2020, 5.2)

No se considera el efecto de la topografía

### Estimación del periodo fundamental de la estructura

Altura del edificio  
Tipo de estructura (X): I  
Tipo de estructura (Y): I  
Periodo fundamental aproximado  
Periodo fundamental aproximado

$h$  : 10.50 m

$T_{ax}$  : 0.4 s  
 $T_{ay}$  : 0.4 s

### Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Carga de sobrecarga de uso

: 0.50

Carga de sobrecarga de nieve

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

### Efectos de la componente sísmica vertical

Considerados mediante la aplicación de un coeficiente de modificación que actúa como sumando del factor de las cargas permanentes en las combinaciones sísmicas de acciones

: 0.100

**Verificación de la condición de cortante basal:** Según norma

Se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

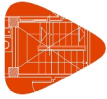
Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ordinario

### Direcciones de análisis

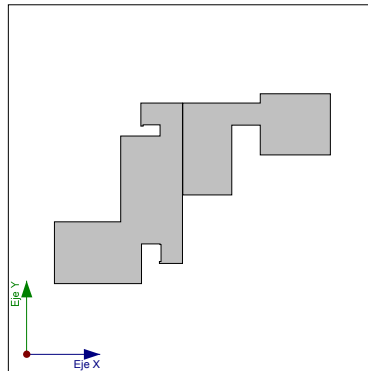
Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y





# Justificación de la acción sísmica

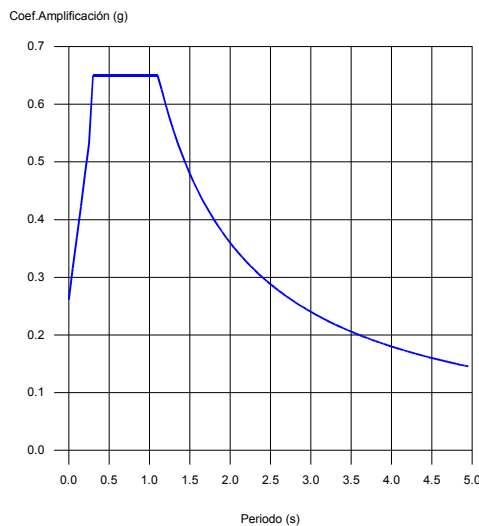


Proyección en planta de la obra

## 1.2. Espectro de cálculo

### 1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones

Producido por una versión educativa de CYPE



#### Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = \begin{cases} F_a \cdot S_0 \cdot \left(1 + 1.15 \frac{T}{T_0}\right) & T < T_0 \\ 2.5 \cdot F_a \cdot S_0 & T_0 \leq T \leq T_s \\ \frac{1.5 \cdot F_v \cdot S_0}{T} & T_s < T \leq T_L \\ \frac{1.5 \cdot F_v \cdot S_0 \cdot T_L}{T^2} & T > T_L \end{cases}$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.650 g.

GBDS-2020 (6.5)

### Parámetros necesarios para la definición del espectro

**S<sub>0</sub>**: Aceleración máxima del suelo (GBDS-2020, Figura 2-5)

**F<sub>a</sub>**: Coeficiente de sitio de periodo corto (GBDS-2020, Tabla 6-4)

**F<sub>v</sub>**: Coeficiente de sitio de periodo largo (GBDS-2020, Tabla 6-5)

Tipo de suelo (GBDS-2020, 5.1): S4

**T<sub>0</sub>**: Periodo límite inicial (GBDS-2020, Tabla 6-3)

$$T_0 = 0.15 \cdot \frac{F_v}{F_a}$$

**T<sub>s</sub>**: Periodo límite corto (GBDS-2020, Tabla 6-3)

$$T_s = 0.6 \cdot \frac{F_v}{F_a}$$

**T<sub>L</sub>**: Periodo límite largo (GBDS-2020, Tabla 6-3)

**S<sub>0</sub>** : 20.0 %g

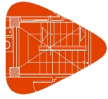
**F<sub>a</sub>** : 1.3

**F<sub>v</sub>** : 2.4

**T<sub>0</sub>** : 0.3 s

**T<sub>s</sub>** : 1.1 s

**T<sub>L</sub>** : 7.4 s



# Justificación de la acción sísmica

$$T_L = 4 \cdot \frac{F_v}{F_a}$$

**F<sub>a</sub>**: Coeficiente de sitio de periodo corto (GBDS-2020, Tabla 6-4)

**F<sub>a</sub>** : 1.3

**F<sub>v</sub>**: Coeficiente de sitio de periodo largo (GBDS-2020, Tabla 6-5)

**F<sub>v</sub>** : 2.4

## 1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene dividiendo el espectro elástico por el coeficiente  $R/(I_e \cdot \sigma)$  correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae} \cdot I_e \cdot \tau}{R}$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad (\text{GBDS} - 2020, 7.1)$$

**R<sub>x</sub>**: Coeficiente reductor (X)

**R<sub>x</sub>** : 4.5

**R<sub>y</sub>**: Coeficiente reductor (Y)

**R<sub>y</sub>** : 4.5

**R<sub>0x</sub>**: Factor de modificación de respuesta (X) (GBDS-2020, 7.5)

**R<sub>0x</sub>** : 5.0

**R<sub>0y</sub>**: Factor de modificación de respuesta (Y) (GBDS-2020, 7.5)

**R<sub>0y</sub>** : 5.0

**I<sub>a</sub>**: Factor de irregularidad en altura (GBDS-2020, 7.6)

**I<sub>a</sub>** : 0.9

**I<sub>p</sub>**: Factor de irregularidad en planta (GBDS-2020, 7.6)

**I<sub>p</sub>** : 1.0

**I<sub>e</sub>**: Factor de importancia (GBDS-2020, 3.1)

**I<sub>e</sub>** : 1.3

Categoría del edificio (GBDS-2020, 3.1): III

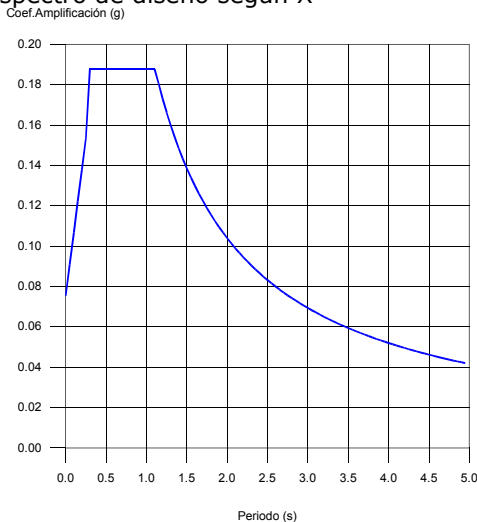
$\tau$ : Factor de amplificación topográfica (GBDS-2020, 5.2)

$\tau$  : 1.0

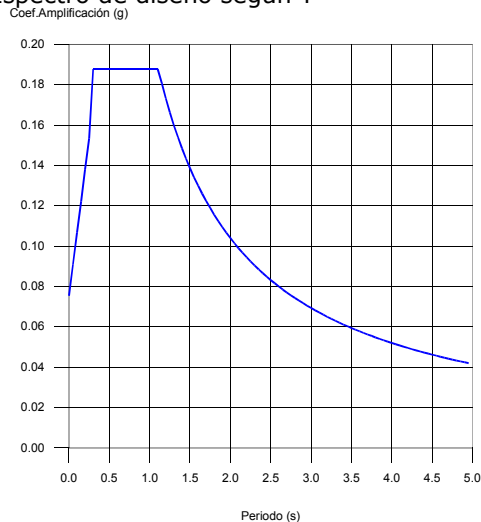
Producido por una versión educativa de CYPE

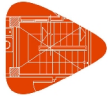
GBDS-2020 (7.1)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y





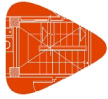
# Justificación de la acción sísmica

## 1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.340	0.1517	0.0187	0.9882	65.66 %	0.99 %	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 5.3843 mm	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 5.3843 mm
Modo 2	0.286	0.0709	0.0047	0.9975	27.02 %	0.12 %	R = 3.46 A = 1.74 m/s <sup>2</sup> D = 3.60184 mm	R = 3.46 A = 1.74 m/s <sup>2</sup> D = 3.60184 mm
Modo 3	0.333	0.0174	0.1395	0.9901	1.04 %	66.42 %	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 5.1763 mm	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 5.1763 mm
Modo 4	0.310	0.0064	0.0058	1	0.46 %	0.1 %	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 4.47095 mm	R = 3.46 A = 1.842 m/s <sup>2</sup> D = 4.47095 mm
Modo 5	0.117	0.1524	0.0238	0.988	3.48 %	0.09 %	R = 3.46 A = 1.095 m/s <sup>2</sup> D = 0.38057 mm	R = 3.46 A = 1.095 m/s <sup>2</sup> D = 0.38057 mm
Modo 6	0.116	0.1519	0.8165	0.5569	0.1 %	2.82 %	R = 3.46 A = 1.093 m/s <sup>2</sup> D = 0.37586 mm	R = 3.46 A = 1.093 m/s <sup>2</sup> D = 0.37586 mm
Modo 7	0.108	0.0006	0.0194	0.9998	0 %	0.32 %	R = 3.46 A = 1.067 m/s <sup>2</sup> D = 0.31475 mm	R = 3.46 A = 1.067 m/s <sup>2</sup> D = 0.31475 mm
Modo 8	0.068	0.2385	0.105	0.9655	0.6 %	0.12 %	R = 3.46 A = 0.946 m/s <sup>2</sup> D = 0.11165 mm	R = 3.46 A = 0.946 m/s <sup>2</sup> D = 0.11165 mm
Modo 9	0.068	0.186	0.3942	0.9	0.13 %	0.59 %	R = 3.46 A = 0.943 m/s <sup>2</sup> D = 0.1089 mm	R = 3.46 A = 0.943 m/s <sup>2</sup> D = 0.1089 mm
Modo 10	0.061	0.0095	0.0088	0.9999	0.02 %	0.01 %	R = 3.46 A = 0.923 m/s <sup>2</sup> D = 0.08646 mm	R = 3.46 A = 0.923 m/s <sup>2</sup> D = 0.08646 mm
Modo 11	0.024	0.0667	0.0047	0.9978	0.02 %	0 %	R = 3.46 A = 0.809 m/s <sup>2</sup> D = 0.01142 mm	R = 3.46 A = 0.809 m/s <sup>2</sup> D = 0.01142 mm
Modo 12	0.021	0.1198	0.2303	0.9657	0 %	0 %	R = 3.46 A = 0.801 m/s <sup>2</sup> D = 0.00897 mm	R = 3.46 A = 0.801 m/s <sup>2</sup> D = 0.00897 mm
Modo 13	0.019	0.0107	0.1763	0.9843	0 %	0.03 %	R = 3.46 A = 0.796 m/s <sup>2</sup> D = 0.00751 mm	R = 3.46 A = 0.796 m/s <sup>2</sup> D = 0.00751 mm
Modo 14	0.019	0.0921	0.452	0.8873	0 %	0 %	R = 3.46 A = 0.794 m/s <sup>2</sup> D = 0.00693 mm	R = 3.46 A = 0.794 m/s <sup>2</sup> D = 0.00693 mm
Modo 15	0.281	0.0041	0.0557	0.9984	0.15 %	27.33 %	R = 3.46 A = 1.708 m/s <sup>2</sup> D = 3.42128 mm	R = 3.46 A = 1.708 m/s <sup>2</sup> D = 3.42128 mm
Total					98.68 %	98.94 %		

Producido por una versión educativa de CYPE

T: Periodo de vibración en segundos.



# Justificación de la acción sísmica

$L_x, L_y$ : Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

$L_{gz}$ : Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

$M_x, M_y$ : Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

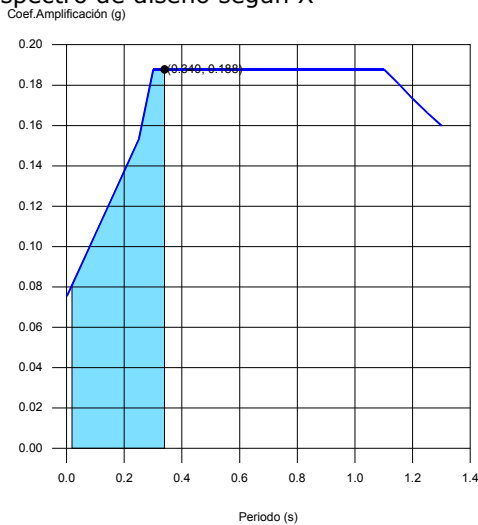
**R**: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

**A**: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

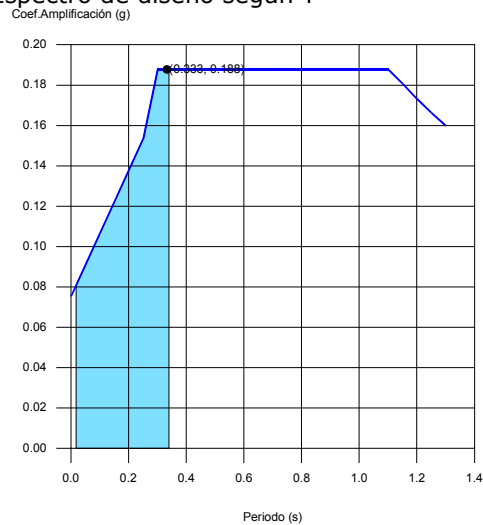
**D**: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

## Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

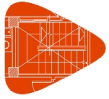
Producción por una versión educativa de CYPE

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.340	0.188

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.333	0.188

## 1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	$e_x$ (m)	$e_y$ (m)
Cubierta	(17.75, 15.92)	(15.96, 14.83)	1.79	1.08
Forjado 2	(21.34, 19.01)	(21.91, 19.57)	-0.57	-0.56
Apoyo escalera 2	(22.33, 20.40)	(21.96, 20.89)	0.37	-0.48
Forjado 1	(27.60, 22.79)	(22.65, 20.55)	4.94	2.24
Apoyo escalera 1	(22.27, 20.71)	(22.13, 20.14)	0.14	0.57
Planta baja	(27.12, 22.13)	(25.70, 21.01)	1.42	1.11



# Justificación de la acción sísmica

**c.d.m.:** Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

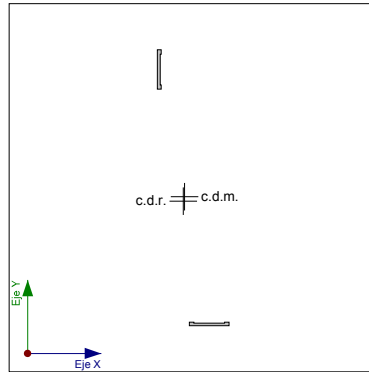
**c.d.r.:** Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

**e<sub>x</sub>:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

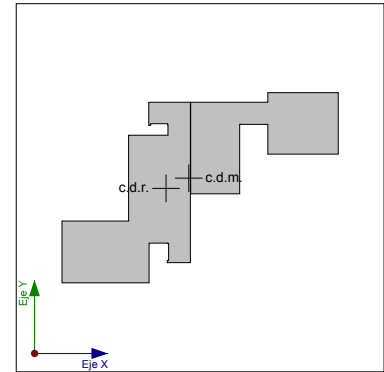
**e<sub>y</sub>:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

## Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta

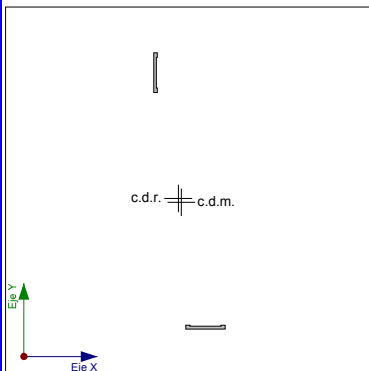
Producido por una versión educativa de CYPE



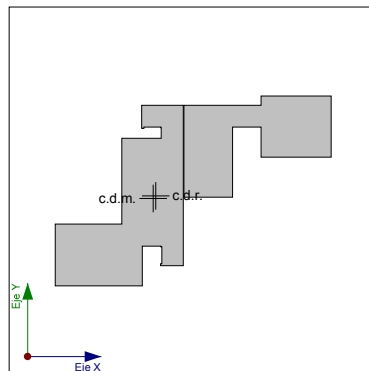
Apoyo escalera 1



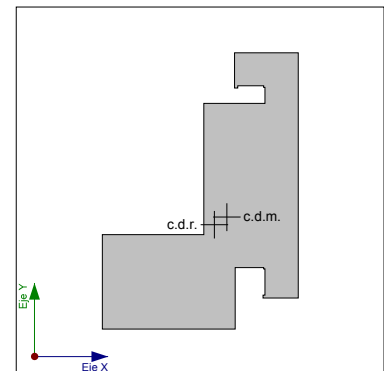
Forjado 1



Apoyo escalera 2



Forjado 2



Cubierta

## 1.5. Corrección por cortante basal

### 1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico ( $V_d$ ), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_x$ (kN)	$V_{d,x}$ (kN)
Sismo X1	Modo 1	3144.105	3713.890
	Modo 2	1222.030	
	Modo 3	49.603	
	Modo 4	22.134	
	Modo 5	99.216	
	Modo 6	2.779	
	Modo 7	0.008	
	Modo 8	14.706	
	Modo 9	3.215	



## Justificación de la acción sísmica

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Fecha: 09/09/21

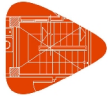
Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_x$ (kN)	$V_{d,x}$ (kN)
	Modo 10	0.398	
	Modo 11	0.482	
	Modo 12	0.011	
	Modo 13	0.003	
	Modo 14	0.002	
	Modo 15	6.702	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	$V_y$ (kN)	$V_{d,y}$ (kN)
Sismo Y1	Modo 1	47.588	3740.886
	Modo 2	5.287	
	Modo 3	3181.983	
	Modo 4	9.303	
	Modo 5	2.424	
	Modo 6	80.317	
	Modo 7	8.753	
	Modo 8	2.855	
	Modo 9	14.443	
	Modo 10	0.341	
	Modo 11	0.002	
	Modo 12	0.040	
	Modo 13	0.684	
	Modo 14	0.051	
	Modo 15	1214.312	

[Producido por una versión educativa de CYPE](#)

$V_x$ : Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_y$ : Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica



### 1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

**V<sub>x</sub>**: Cortante sísmico en la base (X) (GBDS-2020, 8.1.3)

$$V_x : \underline{4783.206} \text{ kN}$$

$$V_{s,x} = S_d(T_{a,x}) \cdot W$$

**S<sub>d</sub>(T<sub>a,x</sub>)**: Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$$S_d(T_{a,x}) : \underline{0.2}$$

**T<sub>a,x</sub>**: Periodo fundamental aproximado de la estructura (GBDS-2020, 8.1.5)

$$T_{a,x} : \underline{0.4} \text{ s}$$

**h**: Altura del edificio

$$h : \underline{10.50} \text{ m}$$

Tipo de estructura sismorresistente (X): I

**V<sub>y</sub>**: Cortante sísmico en la base (Y) (GBDS-2020, 8.1.3)

$$V_y : \underline{4783.206} \text{ kN}$$

$$V_{s,y} = S_d(T_{a,y}) \cdot W$$

**S<sub>d</sub>(T<sub>a,y</sub>)**: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$$S_d(T_{a,y}) : \underline{0.2}$$

**T<sub>a,y</sub>**: Periodo fundamental aproximado de la estructura (GBDS-2020, 8.1.5)

$$T_{a,y} : \underline{0.4} \text{ s}$$

**h**: Altura del edificio

$$h : \underline{10.50} \text{ m}$$

Tipo de estructura sismorresistente (Y): I

**W**: Peso sísmico total de la estructura

$$W : \underline{25472.693} \text{ kN}$$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

**w<sub>i</sub>**: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

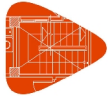
Producido por una versión gratuita de CYPE

Planta	w <sub>i</sub> (kN)
Cubierta	2403.693
Forjado 2	9279.772
Apoyo escalera 2	221.316
Forjado 1	13342.349
Apoyo escalera 1	225.565
<b>W=Σw<sub>i</sub></b>	<b>25472.693</b>

### 1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V<sub>d</sub>), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 100 % del cortante basal sísmico estático (V<sub>s</sub>), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: V<sub>s</sub>/V<sub>d</sub>.

**GBDS-2020 (8.1.3)**



# Justificación de la acción sísmica

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1}$ $V_{s,X}$ 3713.890 kN 4783.206 kN	1.29
Sismo Y1	$V_{d,Y1}$ $V_{s,Y}$ 3740.886 kN 4783.206 kN	1.28

$V_{d,x}$ : Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,x}$ : Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$ : Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,y}$ : Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

## 1.6. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

### 1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

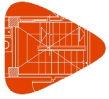
Planta	$Q_x$ (kN)	$F_{eq,x}$ (kN)	$Q_y$ (kN)	$F_{eq,y}$ (kN)
Cubierta	616.971	616.971	151.349	151.349
Forjado 2	2256.698	1662.747	536.397	395.025
Apoyo escalera 2	2295.795	39.778	545.486	9.290
Forjado 1	3691.054	1504.435	838.711	313.613
Apoyo escalera 1	3713.890	24.734	844.445	6.399
Planta baja	3713.890	0.000	844.445	0.000

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	$Q_x$ (kN)	$F_{eq,x}$ (kN)	$Q_y$ (kN)	$F_{eq,y}$ (kN)
Cubierta	152.726	152.726	612.952	612.952
Forjado 2	540.239	396.812	2258.865	1667.200
Apoyo escalera 2	550.997	10.870	2298.524	40.377
Forjado 1	845.134	315.427	3717.448	1518.570
Apoyo escalera 1	851.652	7.022	3740.886	25.371
Planta baja	851.652	0.000	3740.886	0.000

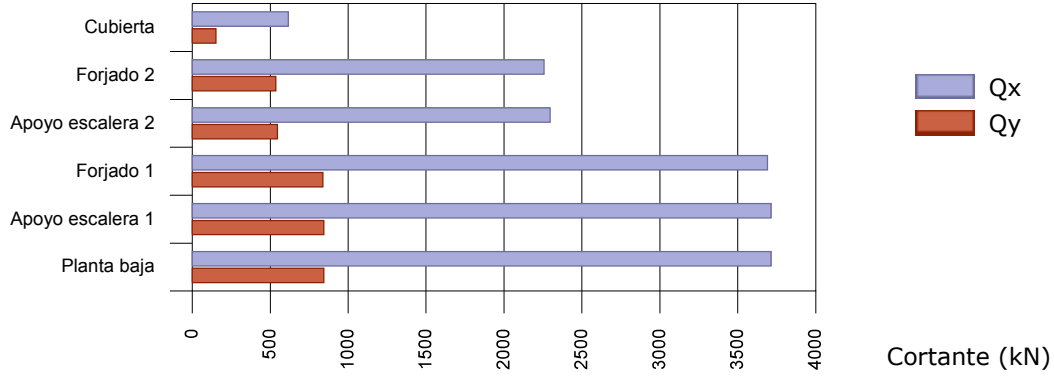
## Cortantes sísmicos máximos por planta



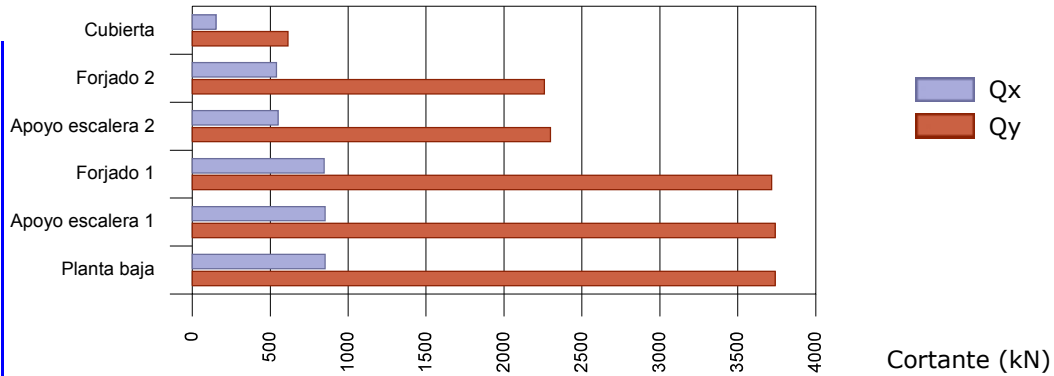


# Justificación de la acción sísmica

Hipótesis sísmica: Sismo X1



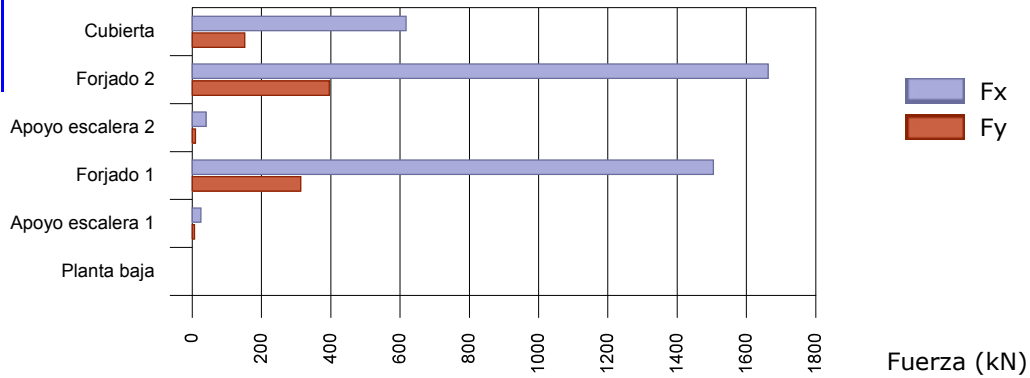
Hipótesis sísmica: Sismo Y1

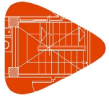


Producida por una versión educativa de CYPE

## Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

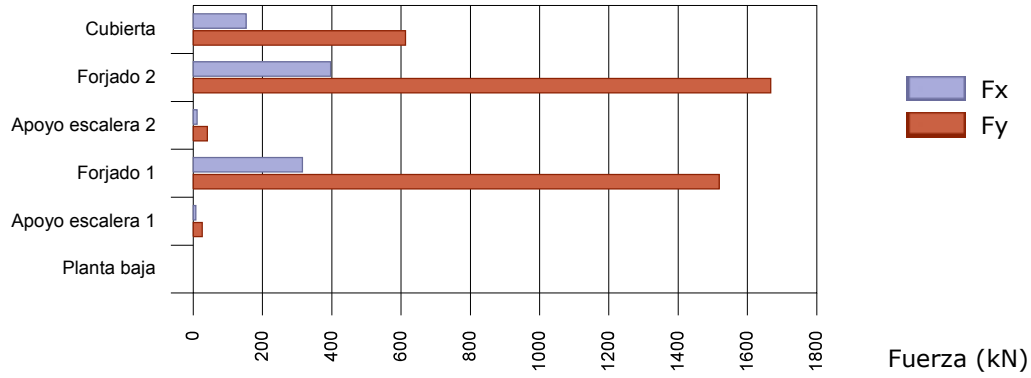
Hipótesis sísmica: Sismo X1





# Justificación de la acción sísmica

Hipótesis sísmica: Sismo Y1



## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha: 09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior
- Distorsión:
  - Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
  - Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta
- Origen:
  - G: Sólo gravitatorias
  - GV: Gravitatorias + viento
- Nota:
 

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
29	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	----	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	----
C1	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	----	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	----
C2	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	----	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	----
C3	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	----	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	----
C4	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C5	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C6	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C7	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C8	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C9	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0002	h / 8000	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0002	h / 9875	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C10	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C11	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C12	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C13	Cubierta	10.43	3.78	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.60	2.45	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.15	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	2.10	2.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.25	0.80	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.48</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C14	Cubierta	10.43	3.78	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.60	2.45	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.15	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	2.10	2.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.25	0.80	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.48</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C15	Cubierta	10.43	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	0.05	1.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.48</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C16	Cubierta	10.43	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	0.05	1.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.48	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C17	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0002	h / 8000	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C18	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C19	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C20	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C21	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C22	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0002	h / 8000	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C23	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C24	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G	
C25	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G	
C26	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G	
C27	Cubierta	10.28	3.43	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0001	----	G	0.0000	----	G	
C28	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0001	----	G	0.0001	----	G	
C30	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha: 09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0002	h / 9875	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C31	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C32	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C33	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C34	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C35	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C36	Cubierta	10.28	3.63	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.60	2.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.50	1.40	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	2.10	2.33	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE



## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C37	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	0.05	1.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>
C38	Cubierta	10.28	3.63	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.60	2.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.50	1.40	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	2.10	2.33	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>
C39	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	0.05	1.10	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>
C40	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>
C41	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C42	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0002	h / 9500	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0006	h / 2667	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0005	h / 3950	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C43	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0003	h / 6584	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		7.83	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C44	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0001	----	G	0.0002	----	G	
C45	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0001	----	G	0.0002	----	G	
C46	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0001	----	G	0.0002	----	G	
C47	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C48	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0002	h / 8000	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0003	h / 6584	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C49	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C50	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C51	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0002	h / 8000	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C52	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0003	h / 5334	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0003	h / 6584	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C53	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C54	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0002	h / 7625	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0004	h / 4938	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C55	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0003	h / 5334	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0003	h / 6584	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0002	----	G	
C56	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0000	----	G	0.0001	----	G	
C57	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0002	h / 7625	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0002	h / 9500	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0006	h / 2667	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0006	h / 3292	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C58	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0002	h / 9500	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0003	h / 6584	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C59	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0002	h / 8000	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C60	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0002	h / 8000	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0002	h / 9875	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C61	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C62	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C63	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	
C64	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.70	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.55	1.80	0.0003	h / 6000	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0004	h / 4938	G	0.0001	----	G

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Producido por una versión educativa de CYPE

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C65	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C66	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0002	h / 7625	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0002	h / 9500	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0001	----	G	0.0005	h / 3200	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0006	h / 3292	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C67	Forjado 2	6.78	1.53	0.0000	----	G	0.0002	h / 7625	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0003	h / 5334	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0003	h / 6584	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C68	Forjado 2	6.78	1.53	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0002	h / 8000	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0001	----	G	0.0002	h / 9875	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0001</b>	<b>----</b>	<b>G</b>
C69	Cubierta	10.28	3.43	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0002</b>	<b>----</b>	<b>G</b>	<b>0.0000</b>	<b>----</b>	<b>G</b>

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
29	Cubierta	10.28	3.43	0.0055	h / 623	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0040	h / 475	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0079	h / 250	----	0.0073	h / 271	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0282	h / 402	----	0.0277	h / 409	----
C1	Cubierta	10.28	3.43	0.0069	h / 497	----	0.0057	h / 601	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0043	h / 373	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0046	h / 414	----	0.0041	h / 464	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0079	h / 203	----	0.0070	h / 229	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0075	h / 264	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0019	h / 435	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0333	h / 341	----	0.0303	h / 374	----
C2	Cubierta	10.28	3.43	0.0069	h / 497	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0041	h / 391	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0047	h / 405	----	0.0040	h / 475	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0071	h / 226	----	0.0067	h / 239	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0075	h / 264	----	0.0074	h / 267	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0333	h / 341	----	0.0293	h / 387	----
C3	Cubierta	10.28	3.43	0.0069	h / 497	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0047	h / 405	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0071	h / 226	----	0.0065	h / 247	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0075	h / 264	----	0.0071	h / 279	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0333	h / 341	----	0.0283	h / 401	----
C4	Cubierta	10.28	3.43	0.0069	h / 497	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0046	h / 414	----	0.0037	h / 514	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0078	h / 206	----	0.0063	h / 254	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0068	h / 291	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0333	h / 341	----	0.0277	h / 409	----
C5	Cubierta	10.28	3.43	0.0067	h / 512	----	0.0057	h / 601	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0050	h / 320	----	0.0041	h / 391	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0042	h / 453	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0076	h / 211	----	0.0060	h / 267	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0066	h / 300	----	0.0084	h / 236	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0019	h / 435	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0322	h / 352	----	0.0303	h / 374	----
C6	Cubierta	10.28	3.43	0.0067	h / 512	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0050	h / 320	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0045	h / 423	----	0.0041	h / 464	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0069	h / 232	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0073	h / 271	----	0.0082	h / 241	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0322	h / 352	----	0.0293	h / 387	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C7	Cubierta	10.28	3.43	0.0067	h / 512	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0050	h / 320	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0045	h / 423	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0069	h / 232	----	0.0055	h / 291	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0073	h / 271	----	0.0079	h / 250	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0322	h / 352	----	0.0283	h / 401	----
C8	Cubierta	10.28	3.43	0.0067	h / 512	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0050	h / 320	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0076	h / 211	----	0.0055	h / 291	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0066	h / 300	----	0.0075	h / 264	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0019	h / 435	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0322	h / 352	----	0.0277	h / 409	----
C9	Cubierta	10.28	3.43	0.0063	h / 544	----	0.0057	h / 601	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0048	h / 334	----	0.0042	h / 381	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0043	h / 442	----	0.0042	h / 453	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0073	h / 220	----	0.0066	h / 243	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0069	h / 287	----	0.0079	h / 250	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0019	h / 435	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0310	h / 366	----	0.0303	h / 374	----
C10	Cubierta	10.28	3.43	0.0063	h / 544	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0047	h / 341	----	0.0041	h / 391	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0040	h / 475	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0063	h / 254	----	0.0063	h / 254	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0075	h / 264	----	0.0077	h / 257	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0310	h / 366	----	0.0293	h / 387	----
C11	Cubierta	10.28	3.43	0.0063	h / 544	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0064	h / 250	----	0.0061	h / 263	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0074	h / 267	----	0.0074	h / 267	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0310	h / 366	----	0.0283	h / 401	----
C12	Cubierta	10.28	3.43	0.0063	h / 544	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0037	h / 433	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0045	h / 423	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0059	h / 272	----	0.0054	h / 297	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0081	h / 244	----	0.0077	h / 257	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0310	h / 366	----	0.0277	h / 409	----
C13	Cubierta	10.43	3.78	0.0066	h / 572	----	0.0055	h / 687	----
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0019	h / 553	----	0.0015	h / 700	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 2	5.60	2.45	0.0075	h / 327	----	0.0061	h / 402	----
	Forjado 1	3.15	1.05	0.0036	h / 292	----	0.0030	h / 350	----
	Apoyo escalera 1	2.10	2.35	0.0106	h / 222	----	0.0099	h / 238	----
	Planta baja	-0.25	0.80	0.0019	h / 422	----	0.0018	h / 445	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>			<b>11.48</b>	<b>0.0321</b>	<b>h / 358</b>	<b>----</b>	<b>0.0277</b>	<b>h / 415</b>
C14	Cubierta	10.43	3.78	0.0066	h / 572	----	0.0056	h / 675	----
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0019	h / 553	----	0.0015	h / 700	----
	Apoyo escalera 2	5.60	2.45	0.0075	h / 327	----	0.0061	h / 402	----
	Forjado 1	3.15	1.05	0.0036	h / 292	----	0.0030	h / 350	----
	Apoyo escalera 1	2.10	2.35	0.0106	h / 222	----	0.0099	h / 238	----
	Planta baja	-0.25	0.80	0.0019	h / 422	----	0.0018	h / 445	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>			<b>11.48</b>	<b>0.0321</b>	<b>h / 358</b>	<b>----</b>	<b>0.0278</b>	<b>h / 413</b>	<b>----</b>
C15	Cubierta	10.43	3.58	0.0063	h / 568	----	0.0055	h / 650	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0042	h / 381	----	0.0034	h / 471	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0048	h / 396	----	0.0042	h / 453	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0080	h / 200	----	0.0074	h / 217	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0060	h / 284	----	0.0055	h / 310	----
	Planta baja	0.05	1.10	0.0018	h / 612	----	0.0018	h / 612	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>			<b>11.48</b>	<b>0.0310</b>	<b>h / 371</b>	<b>----</b>	<b>0.0277</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>
C16	Cubierta	10.43	3.58	0.0063	h / 568	----	0.0056	h / 639	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0043	h / 373	----	0.0034	h / 471	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0047	h / 405	----	0.0042	h / 453	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0088	h / 182	----	0.0074	h / 217	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0053	h / 321	----	0.0055	h / 310	----
	Planta baja	0.05	1.10	0.0018	h / 612	----	0.0018	h / 612	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>			<b>11.48</b>	<b>0.0310</b>	<b>h / 371</b>	<b>----</b>	<b>0.0278</b>	<b>h / 413</b>	<b>----</b>
C17	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0057	h / 601	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0043	h / 373	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0041	h / 464	----	0.0041	h / 464	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0071	h / 226	----	0.0073	h / 220	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0067	h / 295	----	0.0071	h / 279	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0019	h / 435	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0303</b>	<b>h / 374</b>	<b>----</b>
C18	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0044	h / 364	----	0.0041	h / 391	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0042	h / 453	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0062	h / 259	----	0.0071	h / 226	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0073	h / 271	----	0.0068	h / 291	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>			<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0293</b>	<b>h / 387</b>	<b>----</b>
C19	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0044	h / 364	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0043	h / 442	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0055	h / 291	----	0.0068	h / 236	----

Producido por una versión educativa de CYPE



## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0080	h / 247	----	0.0066	h / 300	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0283</b>	<b>h / 401</b>	<b>----</b>
C20	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0043	h / 373	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0037	h / 514	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0051	h / 314	----	0.0066	h / 243	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0085	h / 233	----	0.0067	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0279</b>	<b>h / 406</b>	<b>----</b>	
C21	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0042	h / 381	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0056	h / 286	----	0.0056	h / 286	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0079	h / 250	----	0.0074	h / 267	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0277</b>	<b>h / 409</b>	<b>----</b>	
C22	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0043	h / 373	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0044	h / 432	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0055	h / 291	----	0.0056	h / 286	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0080	h / 247	----	0.0077	h / 257	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0277</b>	<b>h / 409</b>	<b>----</b>	
C23	Cubierta	10.28	3.43	0.0060	h / 571	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0044	h / 364	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0042	h / 453	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0065	h / 247	----	0.0055	h / 291	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0070	h / 283	----	0.0076	h / 260	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0298</b>	<b>h / 381</b>	<b>----</b>	<b>0.0278</b>	<b>h / 408</b>	<b>----</b>	
C24	Cubierta	10.28	3.43	0.0057	h / 601	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0043	h / 373	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0040	h / 475	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0063	h / 254	----	0.0058	h / 276	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0071	h / 279	----	0.0074	h / 267	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0288</b>	<b>h / 394</b>	<b>----</b>	<b>0.0279</b>	<b>h / 406</b>	<b>----</b>	
C25	Cubierta	10.28	3.43	0.0057	h / 601	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0040	h / 400	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0041	h / 464	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0058	h / 276	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0079	h / 250	----	0.0072	h / 275	----
Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----	

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0288	h / 394	----	0.0277	h / 409	----
C26	Cubierta	10.28	3.43	0.0057	h / 601	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0041	h / 391	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0042	h / 453	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0055	h / 291	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0079	h / 250	----	0.0072	h / 275	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0288	h / 394	----	0.0277	h / 409	----
C27	Cubierta	10.28	3.43	0.0057	h / 601	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0042	h / 381	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0040	h / 475	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0064	h / 250	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0072	h / 275	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0288	h / 394	----	0.0278	h / 408	----
C28	Cubierta	10.28	3.43	0.0055	h / 623	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0041	h / 391	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0039	h / 488	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0062	h / 259	----	0.0058	h / 276	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0071	h / 279	----	0.0074	h / 267	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0282	h / 402	----	0.0279	h / 406	----
C30	Cubierta	10.28	3.43	0.0055	h / 623	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0041	h / 464	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0054	h / 297	----	0.0058	h / 276	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0079	h / 250	----	0.0072	h / 275	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0282	h / 402	----	0.0277	h / 409	----
C31	Cubierta	10.28	3.43	0.0055	h / 623	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0040	h / 400	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0038	h / 500	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0063	h / 254	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0072	h / 275	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0282	h / 402	----	0.0278	h / 408	----
C32	Cubierta	10.28	3.43	0.0053	h / 647	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0037	h / 514	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0061	h / 263	----	0.0066	h / 243	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0070	h / 283	----	0.0067	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0275	h / 412	----	0.0279	h / 406	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C33	Cubierta	10.28	3.43	0.0053	h / 647	----	0.0054	h / 635	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0037	h / 433	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0038	h / 500	----	0.0037	h / 514	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0065	h / 247	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0077	h / 257	----	0.0065	h / 304	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0275	h / 412	----	0.0277	h / 409	----
C34	Cubierta	10.28	3.43	0.0053	h / 647	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0037	h / 433	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0039	h / 488	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0051	h / 314	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0077	h / 257	----	0.0081	h / 244	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0275	h / 412	----	0.0277	h / 409	----
C35	Cubierta	10.28	3.43	0.0053	h / 647	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0037	h / 514	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0062	h / 259	----	0.0053	h / 302	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0078	h / 254	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0275	h / 412	----	0.0278	h / 408	----
C36	Cubierta	10.28	3.63	0.0052	h / 698	----	0.0054	h / 672	----
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0022	h / 478	----	0.0024	h / 438	----
	Apoyo escalera 2	5.60	2.10	0.0052	h / 404	----	0.0052	h / 404	----
	Forjado 1	3.50	1.40	0.0046	h / 305	----	0.0050	h / 280	----
	Apoyo escalera 1	2.10	2.33	0.0084	h / 277	----	0.0079	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0273	h / 415	----	0.0277	h / 409	----
C37	Cubierta	10.28	3.43	0.0052	h / 659	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0033	h / 485	----	0.0035	h / 458	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0042	h / 453	----	0.0041	h / 464	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0074	h / 217	----	0.0071	h / 226	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0055	h / 310	----	0.0060	h / 284	----
	Planta baja	0.05	1.10	0.0018	h / 612	----	0.0018	h / 612	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0273	h / 415	----	0.0277	h / 409	----
C38	Cubierta	10.28	3.63	0.0051	h / 711	----	0.0054	h / 672	----
	Forjado 2	6.65	1.05	0.0022	h / 478	----	0.0024	h / 438	----
	Apoyo escalera 2	5.60	2.10	0.0051	h / 412	----	0.0052	h / 404	----
	Forjado 1	3.50	1.40	0.0045	h / 312	----	0.0050	h / 280	----
	Apoyo escalera 1	2.10	2.33	0.0083	h / 281	----	0.0079	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0269	h / 422	----	0.0277	h / 409	----
C39	Cubierta	10.28	3.43	0.0051	h / 672	----	0.0055	h / 623	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0032	h / 500	----	0.0036	h / 445	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0041	h / 464	----	0.0042	h / 453	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0073	h / 220	----	0.0083	h / 193	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.70	0.0055	h / 310	----	0.0049	h / 347	----
	Planta baja	0.05	1.10	0.0018	h / 612	----	0.0018	h / 612	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		11.33	0.0269	h / 422	----	0.0277	h / 409	----
C40	Cubierta	10.28	3.43	0.0051	h / 672	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0038	h / 422	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0035	h / 543	----	0.0038	h / 500	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0059	h / 272	----	0.0062	h / 259	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0069	h / 287	----	0.0069	h / 287	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
Total		11.33	0.0269	h / 422	----	0.0278	h / 408	----	
C41	Forjado 2	6.78	1.53	0.0026	h / 587	----	0.0024	h / 636	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0026	h / 731	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0049	h / 327	----	0.0053	h / 302	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0048	h / 412	----	0.0054	h / 366	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0012	h / 688	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0161	h / 487	----	0.0164	h / 478	----	
C42	Forjado 2	6.78	1.53	0.0028	h / 545	----	0.0028	h / 545	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0024	h / 792	----	0.0028	h / 679	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0043	h / 373	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0054	h / 366	----	0.0058	h / 341	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0012	h / 688	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0161	h / 487	----	0.0168	h / 466	----	
C43	Forjado 2	6.78	1.53	0.0026	h / 587	----	0.0029	h / 526	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0028	h / 679	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0050	h / 320	----	0.0055	h / 291	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0047	h / 421	----	0.0056	h / 353	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0012	h / 688	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0161	h / 487	----	0.0174	h / 450	----	
C44	Forjado 2	6.78	1.53	0.0029	h / 526	----	0.0027	h / 565	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0022	h / 864	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0048	h / 334	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0057	h / 347	----	0.0062	h / 319	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0172	h / 455	----	0.0163	h / 481	----	
C45	Forjado 2	6.78	1.53	0.0031	h / 492	----	0.0030	h / 509	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0024	h / 792	----	0.0023	h / 827	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0041	h / 391	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0065	h / 304	----	0.0065	h / 304	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0172	h / 455	----	0.0168	h / 466	----	
C46	Forjado 2	6.78	1.53	0.0029	h / 526	----	0.0032	h / 477	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0025	h / 760	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0048	h / 334	----	0.0042	h / 381	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0057	h / 347	----	0.0064	h / 309	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		7.83	0.0172	h / 455	----	0.0174	h / 450	----
C47	Forjado 2	6.78	1.53	0.0031	h / 492	----	0.0028	h / 545	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0022	h / 864	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0039	h / 411	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0061	h / 324	----	0.0065	h / 304	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0184	h / 426	----	0.0163	h / 481	----	
C48	Forjado 2	6.78	1.53	0.0033	h / 463	----	0.0030	h / 509	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0023	h / 827	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0042	h / 381	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0070	h / 283	----	0.0067	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0184	h / 426	----	0.0168	h / 466	----	
C49	Forjado 2	6.78	1.53	0.0031	h / 492	----	0.0032	h / 477	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0025	h / 760	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0040	h / 400	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0061	h / 324	----	0.0067	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0184	h / 426	----	0.0174	h / 450	----	
C50	Forjado 2	6.78	1.53	0.0032	h / 477	----	0.0028	h / 545	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0029	h / 656	----	0.0021	h / 905	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0037	h / 433	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0063	h / 314	----	0.0066	h / 300	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0189	h / 415	----	0.0163	h / 481	----	
C51	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0030	h / 509	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0027	h / 704	----	0.0023	h / 827	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0044	h / 364	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0072	h / 275	----	0.0068	h / 291	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0189	h / 415	----	0.0168	h / 466	----	
C52	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0032	h / 477	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0024	h / 792	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0049	h / 327	----	0.0038	h / 422	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0071	h / 279	----	0.0068	h / 291	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0189	h / 415	----	0.0174	h / 450	----	
C53	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0026	h / 587	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0030	h / 634	----	0.0024	h / 792	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0055	h / 291	----	0.0046	h / 348	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0066	h / 300	----	0.0058	h / 341	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
	Total		7.83	0.0198	h / 396	----	0.0163	h / 481	----
C54	Forjado 2	6.78	1.53	0.0036	h / 424	----	0.0029	h / 526	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0025	h / 760	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0048	h / 334	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0075	h / 264	----	0.0061	h / 324	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0198	h / 396	----	0.0168	h / 466	----	
C55	Forjado 2	6.78	1.53	0.0036	h / 424	----	0.0030	h / 509	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0029	h / 656	----	0.0026	h / 731	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0051	h / 314	----	0.0048	h / 334	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0075	h / 264	----	0.0060	h / 330	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0012	h / 688	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0198	h / 396	----	0.0174	h / 450	----	
C56	Forjado 2	6.78	1.53	0.0031	h / 492	----	0.0033	h / 463	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0029	h / 656	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0045	h / 356	----	0.0054	h / 297	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0062	h / 319	----	0.0058	h / 341	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0177	h / 443	----	0.0182	h / 430	----	
C57	Forjado 2	6.78	1.53	0.0032	h / 477	----	0.0036	h / 424	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0025	h / 760	----	0.0032	h / 594	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0040	h / 400	----	0.0058	h / 276	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0068	h / 291	----	0.0063	h / 314	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0177	h / 443	----	0.0185	h / 423	----	
C58	Forjado 2	6.78	1.53	0.0031	h / 492	----	0.0036	h / 424	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0026	h / 731	----	0.0034	h / 559	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0062	h / 259	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0061	h / 324	----	0.0056	h / 353	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0177	h / 443	----	0.0193	h / 406	----	
C59	Forjado 2	6.78	1.53	0.0030	h / 509	----	0.0038	h / 402	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0035	h / 543	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0053	h / 302	----	0.0062	h / 259	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0055	h / 360	----	0.0055	h / 360	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0013	h / 635	----	0.0014	h / 590	----
	Cimentación	-1.05							
Total		7.83	0.0177	h / 443	----	0.0200	h / 392	----	
C60	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0034	h / 449	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0027	h / 704	----	0.0027	h / 704	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0046	h / 348	----	0.0043	h / 373	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha:09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0074	h / 267	----	0.0066	h / 300	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0189</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>	<b>0.0182</b>	<b>h / 430</b>	<b>----</b>
C61	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0036	h / 424	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0027	h / 704	----	0.0027	h / 704	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0044	h / 364	----	0.0042	h / 381	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0073	h / 271	----	0.0067	h / 295	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0189</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>	<b>0.0185</b>	<b>h / 423</b>	<b>----</b>
C62	Forjado 2	6.78	1.53	0.0033	h / 463	----	0.0037	h / 413	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0031	h / 613	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0049	h / 327	----	0.0052	h / 308	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0066	h / 300	----	0.0060	h / 330	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0189</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>	<b>0.0193</b>	<b>h / 406</b>	<b>----</b>
C63	Forjado 2	6.78	1.53	0.0032	h / 477	----	0.0040	h / 382	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0030	h / 634	----	0.0033	h / 576	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0056	h / 286	----	0.0053	h / 302	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0059	h / 335	----	0.0060	h / 330	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0014	h / 590	----	0.0014	h / 590	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0189</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>	<b>0.0200</b>	<b>h / 392</b>	<b>----</b>
C64	Forjado 2	6.78	1.53	0.0036	h / 424	----	0.0036	h / 424	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.70	0.0029	h / 587	----	0.0025	h / 680	----
	Forjado 1	3.55	1.80	0.0062	h / 291	----	0.0045	h / 400	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0066	h / 300	----	0.0063	h / 314	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0198</b>	<b>h / 396</b>	<b>----</b>	<b>0.0182</b>	<b>h / 430</b>	<b>----</b>
C65	Forjado 2	6.78	1.53	0.0035	h / 436	----	0.0034	h / 449	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0030	h / 634	----	0.0027	h / 704	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0051	h / 314	----	0.0045	h / 356	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0072	h / 275	----	0.0064	h / 309	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0202</b>	<b>h / 388</b>	<b>----</b>	<b>0.0182</b>	<b>h / 430</b>	<b>----</b>
C66	Forjado 2	6.78	1.53	0.0037	h / 413	----	0.0036	h / 424	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0028	h / 679	----	0.0031	h / 613	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0045	h / 356	----	0.0057	h / 281	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0078	h / 254	----	0.0064	h / 309	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0202</b>	<b>h / 388</b>	<b>----</b>	<b>0.0185</b>	<b>h / 423</b>	<b>----</b>
C67	Forjado 2	6.78	1.53	0.0035	h / 436	----	0.0037	h / 413	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0030	h / 634	----	0.0034	h / 559	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0052	h / 308	----	0.0062	h / 259	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0070	h / 283	----	0.0056	h / 353	----

Producido por una versión educativa de CYPE

## Distorsiones de pilares, pantallas y muros

Nombre Obra: TFM Precast sismo UE prueba cotas

Fecha: 09/09/21

Modelación Unidad Educativa TFM hormigon Prefa...

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0013	h / 635	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0202</b>	<b>h / 388</b>	<b>----</b>	<b>0.0193</b>	<b>h / 406</b>	<b>----</b>
C68	Forjado 2	6.78	1.53	0.0034	h / 449	----	0.0039	h / 392	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0032	h / 594	----	0.0035	h / 543	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0060	h / 267	----	0.0062	h / 259	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0064	h / 309	----	0.0055	h / 360	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0015	h / 550	----	0.0014	h / 590	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>7.83</b>	<b>0.0202</b>	<b>h / 388</b>	<b>----</b>	<b>0.0200</b>	<b>h / 392</b>	<b>----</b>
C69	Cubierta	10.28	3.43	0.0052	h / 659	----	0.0056	h / 612	----
	Forjado 2	6.85	1.60	0.0039	h / 411	----	0.0037	h / 433	----
	Apoyo escalera 2	5.25	1.90	0.0036	h / 528	----	0.0039	h / 488	----
	Forjado 1	3.35	1.60	0.0060	h / 267	----	0.0050	h / 320	----
	Apoyo escalera 1	1.75	1.98	0.0070	h / 283	----	0.0080	h / 247	----
	Planta baja	-0.23	0.82	0.0018	h / 459	----	0.0018	h / 459	----
	Cimentación	-1.05							
	<b>Total</b>		<b>11.33</b>	<b>0.0273</b>	<b>h / 415</b>	<b>----</b>	<b>0.0278</b>	<b>h / 408</b>	<b>----</b>

*Notas:*  
<sup>(1)</sup> Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

### Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares ( $\delta / h$ )				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Cubierta	----	----	1 / 497 (C1, ...)	1 / 601 (C1, ...)
Forjado 2	----	1 / 7625 (C54, ...)	1 / 302 (C1)	1 / 373 (C1, C17)
Apoyo escalera 2	----	1 / 9500 (C42, ...)	1 / 327 (C13, C14)	1 / 402 (C13, C14)
Forjado 1	1 / 5334 (C52, C55)	1 / 2667 (C42, C57)	1 / 182 (C16)	1 / 193 (C39)
Apoyo escalera 1	1 / 4938 (C64)	1 / 3292 (C57, C66)	1 / 222 (C13, C14)	1 / 236 (C5)
Planta baja	----	----	1 / 422 (C13, C14)	1 / 435 (C1, ...)

*Notas:*  
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Desplome total máximo de los pilares ( $\Delta / H$ )			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 341 (C1, ...)	1 / 374 (C1, ...)

*Notas:*  
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Producido por una versión educativa de CYPE



## **Anejo 4. Precios unitarios de fabricación e implementación**

### **ÍNDICE**

<b>2. P.U. Fabricación de elementos prefabricados.....</b>	<b>149</b>
<b>3. P.U. Implementación de elementos prefabricados.....</b>	<b>153</b>

**Precios unitarios para fabricación de elementos prefabricados, incluye zapatas de Hormigón armado.**

		Fabricacion Columnas Ho. Prefabricado		1 m3		
		Proyecto:		Fecha:		
		Cliente:		Tipo de cambio: 6,96		
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	<b>MATERIALES</b>				
1	-	CEMENTO	kg	450	1,2	540
2	-	ARENA	m3	0,6	120	72
3	-	GRAVA	m3	0,8	130	104
4	-	Pernos	kg	2	18	36
5	-	Encofrado metalico	m2	0,213	657,7	140,0901
6	-	ALAMBRE DE AMARRE	kg	2	13	26
7	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	130	8,1	1053
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>1.971,09</b>
	B	<b>MANO DE OBRA</b>				
1	-	Hormigonero	hr	12	18,75	225
2	-	AYUDANTE	hr	12	12,5	150
3	-	ARMADOR	hr	10	18,75	187,5
4	-					
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>562,50</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		168,75
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		109,25
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>840,50</b>
	C	<b>EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN</b>				
1	-	MEZCLADORA	hr	0,5	20	10
2	-	VIBRADORA	hr	0,3	15	4,5
		Cortadora	hr	3,00	20,00	60
		Transporte	hr	1,20	130,00	156
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		42,02
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>272,52</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.084,11</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de (J) =		215,89
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		231,00
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>3.531,00</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		109,11
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>3.640,11</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>3.640,11</b>
Son: Tres mil seiscientos cuarenta 11/100 Bolivianos						

Fabricacion Vigas Ho. Prefabricado					1 m3	
Proyecto:					Fecha:	
Cliente:					Tipo de cambio: 6,96	
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	<b>MATERIALES</b>				
1	-	CEMENTO	kg	450	1,2	540
2	-	ARENA	m3	0,45	120	54
3	-	GRAVA	m3	0,92	130	119,6
4	-	Pernos	kg	2	18	36
5	-	Encofrado metalico	m2	0,213	657,7	140,0901
6	-	ALAMBRE DE AMARRE	kg	2	13	26
7	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	130	8,1	1053
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>1.968,69</b>
	B	<b>MANO DE OBRA</b>				
1	-	hormigonero	hr	12	18,75	225
2	-	AYUDANTE4	hr	12	12,5	150
3	-	ARMADOR2	hr	10	18,75	187,5
4	-					
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>562,50</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de	(E) =	168,75
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de	(E+F) =	109,25
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>840,50</b>
	C	<b>EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN</b>				
1	-	MEZCLADORA	hr	0,5	20	10
2	-	VIBRADORA	hr	0,3	15	4,5
		Cortadora	hr	3,00	20,00	60
		Transporte	hr	1,00	100,00	100
	H	Herramientas menores		5,00% de	(G) =	42,02
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>216,52</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.025,71</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de	(J) =	211,80
	M	Utilidad		7,00% de	(J+L) =	226,63
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>3.464,14</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de	(N) =	107,04
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>3.571,18</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>3.571,18</b>
Son: Tres mil quinientos setenta y uno con 18/100 Bolivianos						

		Fabricacion escaleras Ho. Prefabricado		1 m3		
		Proyecto:		Fecha:		
		Cliente:		Tipo de cambio: 6,96		
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	<b>MATERIALES</b>				
1	-	CEMENTO	kg	450	1,2	540
2	-	ARENA	m3	0,6	120	72
3	-	GRAVA	m3	0,7	130	91
4	-	Pernos	kg	2	18	36
5	-	Encofrado metalico	m2	0,213	657,7	140,0901
6	-	ALAMBRE DE AMARRE	kg	1	13	13
7	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	130	8	1040
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>		<b>(A) =</b>		<b>1.932,09</b>
	B	<b>MANO DE OBRA</b>				
1	-	Hormigonero	hr	12	18,75	225
2	-	AYUDANTE4	hr	12	12,5	150
3	-	ARMADOR2	hr	10	18,75	187,5
4	-					
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>(B) =</b>		<b>562,50</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		168,75
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		109,25
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>(E+F+O) =</b>		<b>840,50</b>
	C	<b>EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN</b>				
1	-	MEZCLADORA	hr	0,5	15	7,5
2	-	VIBRADORA	hr	0,8	20	16
		Cortadora	hr	3,00	20,00	60
		Transporte	hr	1,00	100,00	100
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		42,02
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>		<b>(C+H) =</b>		<b>225,52</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>		<b>(D+G+I) =</b>		<b>2.998,11</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de (J) =		209,87
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		224,56
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>		<b>(J+L+M) =</b>		<b>3.432,54</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		106,07
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>		<b>(N+P) =</b>		<b>3.538,61</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>3.538,61</b>
Son: Tres mil quinientos treinta y ocho con 61/100 Bolivianos						

Fabricacion zapatas HoAo					1 m3	
Proyecto:					Fecha:	
Cliente:					Tipo de cambio: 6,96	
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A MATERIALES</b>						
1	-	CEMENTO	kg	400	1,2	480
2	-	ARENA	m3	0,5	120	60
3	-	GRAVA	m3	0,9	130	117
4	-	CLAVOS	kg	0,2	13	2,6
5	-	MADERA DE ENCOFRADO p2		10	8,5	85
6	-	ALAMBRE DE AMARRE	kg	1	13	13
7	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	63	8,1	510,3
		tubos	ml	4,00	6,00	24,00
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>1.291,90</b>
<b>B MANO DE OBRA</b>						
1	-	ALBAÑIL3	hr	10	18,75	187,5
2	-	AYUDANTE4	hr	14	12,5	175
3	-	ARMADOR2	hr	8	18,75	150
4	-	ENCOFRADOR2	hr	13	18,75	243,75
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>756,25</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de	(E) =	226,88
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de	(E+F) =	146,88
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>1130,00</b>
<b>C EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>						
1	-	MEZCLADORA	hr	1	20	20
2	-	VIBRADORA	hr	0,8	15	12
	H	Herramientas menores		5,00% de	(G) =	56,50
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>88,50</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>2.510,40</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de	(J) =	175,73
	M	Utilidad		7,00% de	(J+L) =	188,03
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>2.874,16</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de	(N) =	88,81
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>2.962,97</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>2.962,97</b>
Son: Dos mil novecientos sesenta y dos con 97/100 Bolivianos						

**Precios unitarios para implementacion y montaje de elementos prefabricados.**

		<b>Item: COLUMNAS PREFABRICADAS</b>	<b>61,63 m<sup>3</sup></b>			
		<b>Proyecto:</b>	<b>Fecha:</b>			
		<b>Cliente:</b>	<b>Tipo de cambio: 6,96</b>			
<b>Nº</b>	<b>P.</b>	<b>Insumo/Parámetro</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unit. (Bs)</b>	<b>Parcial (Bs)</b>
	A	MATERIALES				
1	-	COLUMNA PREFABRICADA	ml	8	455	3640
2	-	CEMENTO PORTLAND	kg	20	1,2	24
3	-	ARENA COMUN	m <sup>3</sup>	0,05	120	6
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>3.670,00</b>
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ESPECIALISTA EN MONTAJE	hr	0,6	22	13,2
2	-	AYUDANTE	hr	1,2	15	18
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>31,20</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		9,36
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		6,06
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>46,62</b>
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	-	GRUA 15Tn - ALTURA MAX 20m	hr	0,54	290	156,6
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		2,33
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>158,93</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.875,55</b>
	L	Gastos gales. y administrativ		7,00% de (J) =		271,29
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		290,28
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>4.437,12</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		137,11
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>4.574,22</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>4.574,22</b>
Son: Cuatro mil quinientos setenta y cuatro 22/100 Bolivianos						

		<b>Item: VIGAS PREFABRICADAS</b>		<b>185,41 m<sup>3</sup></b>		
		<b>Proyecto:</b>		<b>Fecha:</b>		
		<b>Cliente:</b>		<b>Tipo de cambio: 6,96</b>		
<b>Nº</b>	<b>P.</b>	<b>Insumo/Parámetro</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unit. (Bs)</b>	<b>Parcial (Bs)</b>
	A	MATERIALES				
1	-	Viga T prefabricada	m	6	596	3576
2	-					
3	-					
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>3.576,00</b>
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ESPECIALISTA EN MONTAJE	hr	0,6	22	13,2
2	-	AYUDANTE	hr	1,2	15	18
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>31,20</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		9,36
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		6,06
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>46,62</b>
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	-	GRUA 15Tn - ALTURA MAX 20m	hr	0,54	290	156,6
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		2,33
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>158,93</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.781,55</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de (J) =		264,71
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		283,24
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>4.329,50</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		133,78
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>4.463,28</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>4.463,28</b>
Son: Cuatro mil cuatrocientos sesenta y tres con 28/100 Bolivianos						

		Item: Losa prefabricada	178,13 m <sup>3</sup>			
		Proyecto:	Fecha:			
		Cliente:	Tipo de cambio: 6,96			
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	Losa LH22/60	ml	1,8	210	378
2	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	0,08	8,1	0,648
3	-					
>	D	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>378,65</b>
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ESPECIALISTA EN MONTAJE	hr	0,6	22	13,2
2	-	AYUDANTE	hr	1,2	15	18
>	E	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>31,20</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		9,36
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		6,06
>	G	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>46,62</b>
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	-	GRUA 15Tn - ALTURA MAX 20m	hr	0,54	290	156,6
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		2,33
>	I	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>158,93</b>
>	J	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>584,20</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de (J) =		40,89
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		43,76
>	N	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>668,85</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		20,67
>	Q	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>689,52</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>689,52</b>
Son: seiscientos ochenta y nueve con 52/100 Bolivianos						

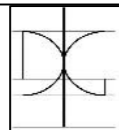
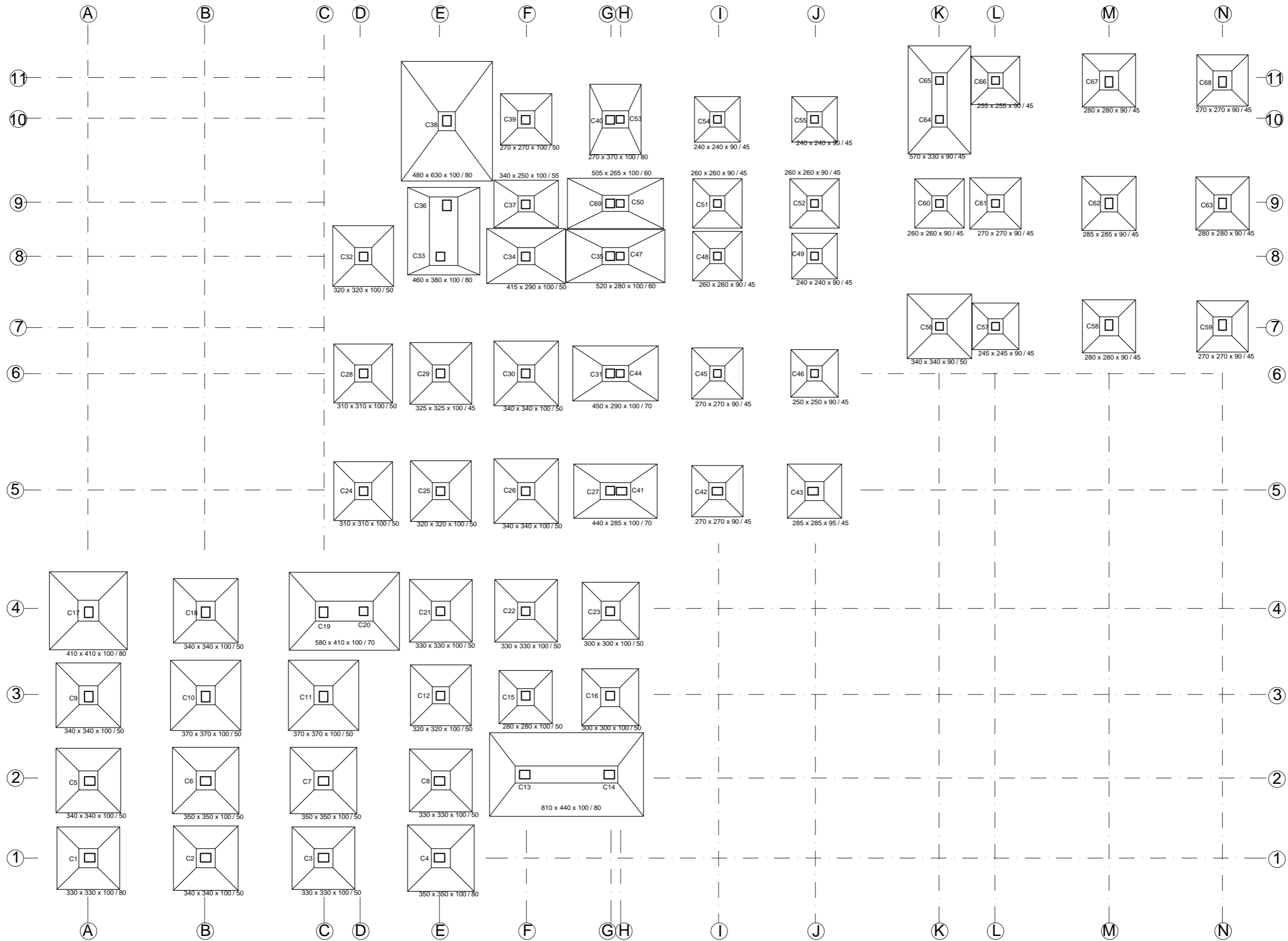


		Item: Escalera prefabricada	20,00 m <sup>3</sup>			
		Proyecto:	Fecha:			
		Cliente:	Tipo de cambio: 6,96			
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	Escalera prefabricada2,1	ml	2	1769	3538
2	-	ACERO ESTRUCTURAL	kg	0,02	8,1	0,162
3	-					
>	D	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>3.538,16</b>
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ESPECIALISTA EN MONTAJE	hr	0,6	22	13,2
2	-	AYUDANTE	hr	1,2	15	18
>	E	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>31,20</b>
	F	Cargas Sociales		30,00% de (E) =		9,36
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de (E+F) =		6,06
>	G	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>46,62</b>
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN				
1	-	GRUA 15Tn - ALTURA MAX 20m	hr	0,54	290	156,6
	H	Herramientas menores		5,00% de (G) =		2,33
>	I	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>158,93</b>
>	J	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>3.743,71</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		7,00% de (J) =		262,06
	M	Utilidad		7,00% de (J+L) =		280,40
>	N	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>4.286,18</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de (N) =		132,44
>	Q	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>4.418,62</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>4.418,62</b>
Son: Cuatro mil cuatrocientos dieciocho con 62/100 Bolivianos						

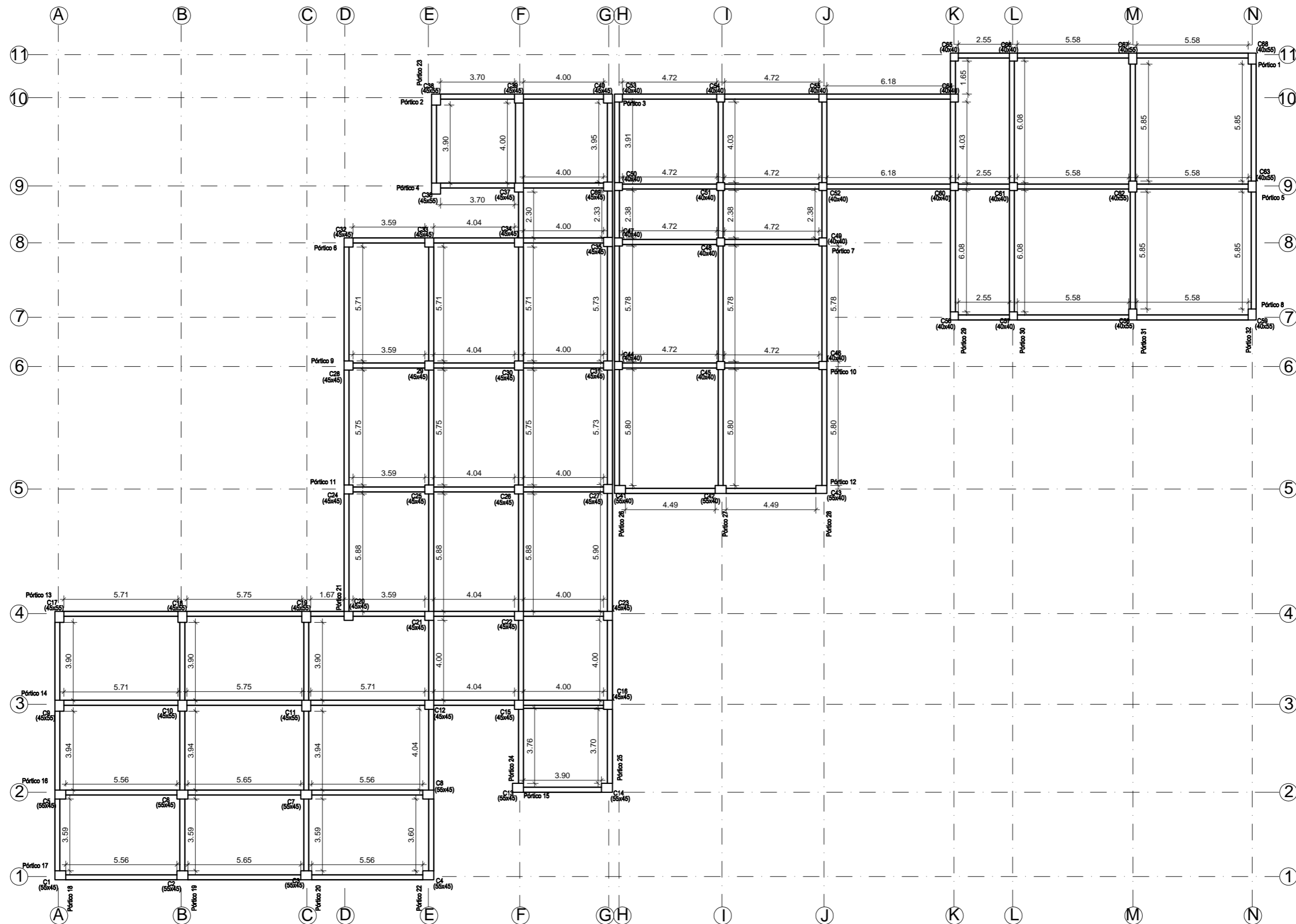
## PLANOS DE EMPLAZAMIENTO

REPLANTEO DE ZAPATAS	1/20
REPLANTEO VIGAS DE ARRIOSTRE	2/20
REPLANTEO VIGAS DE ARRIOSTRE	3/20
REPLANTEO DESCANSO ESCALERA 1	4/20
REPLANTEO VIGAS 1ER NIVEL	5/20
REPLANTEO VIGAS 1ER NIVEL	6/20
REPLANTEO LOSA 1ER NIVEL	7/20
REPLANTEO DESCANSO ESCALERA 2	8/20
REPLANTEO VIGAS 2DO NIVEL	9/20
REPLANTEO VIGAS 2DO NIVEL	10/20
REPLANTEO LOSA 2DO NIVEL	11/20
REPLANTEO VIGAS CUBIERTA	12/20
REPLANTEO VIGAS CUBIERTA	13/20
REPLANTEO PORTICOS EJE X	14/20
REPLANTEO PORTICOS EJE X	15/20
REPLANTEO PORTICOS EJE X	16/20
REPLANTEO PORTICOS EJE Y	17/20
REPLANTEO PORTICOS EJE Y	18/20
REPLANTEO PORTICOS EJE Y	19/20
REPLANTEO PORTICOS EJE Y	20/20

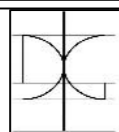
# Plano Replanteo Zapatas



# Plano Replanteo Vigas de arriostre



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

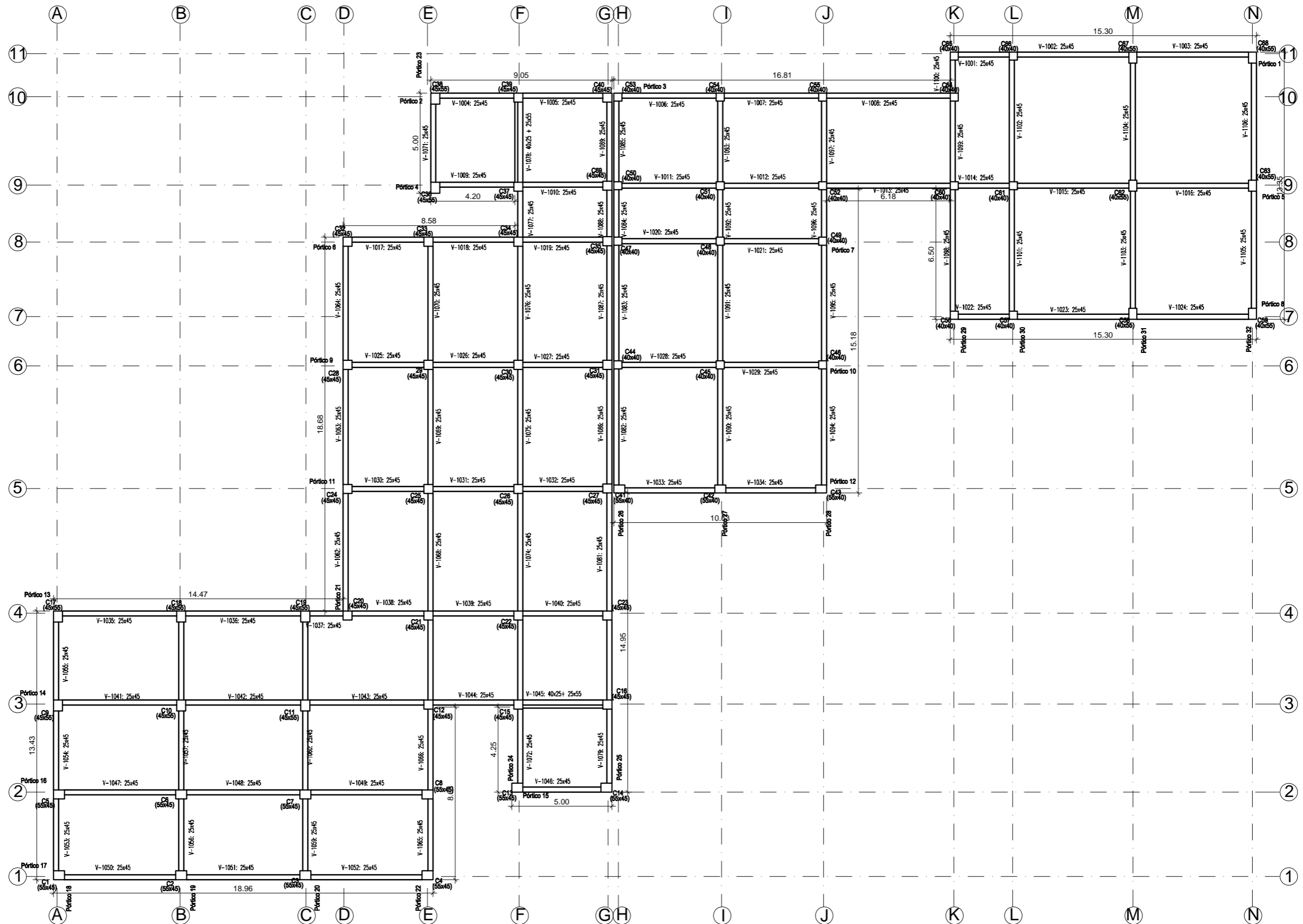
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

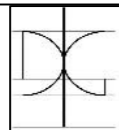
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS ARRIOSTRE

No DE  
PLANO:  
2/20

# Plano Etiquetado Vigas de arriostre



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

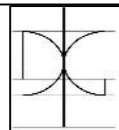
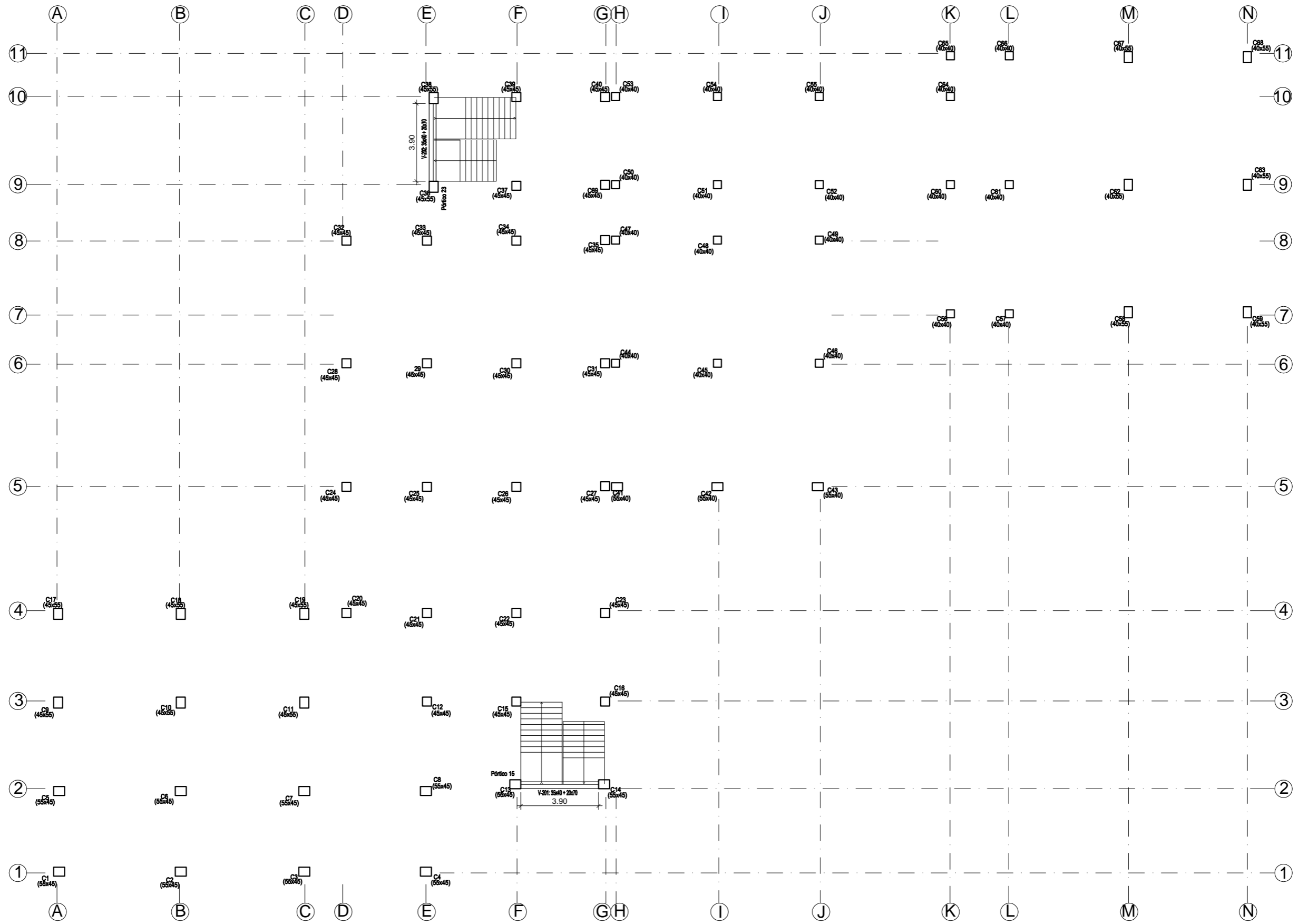
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

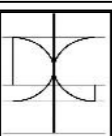
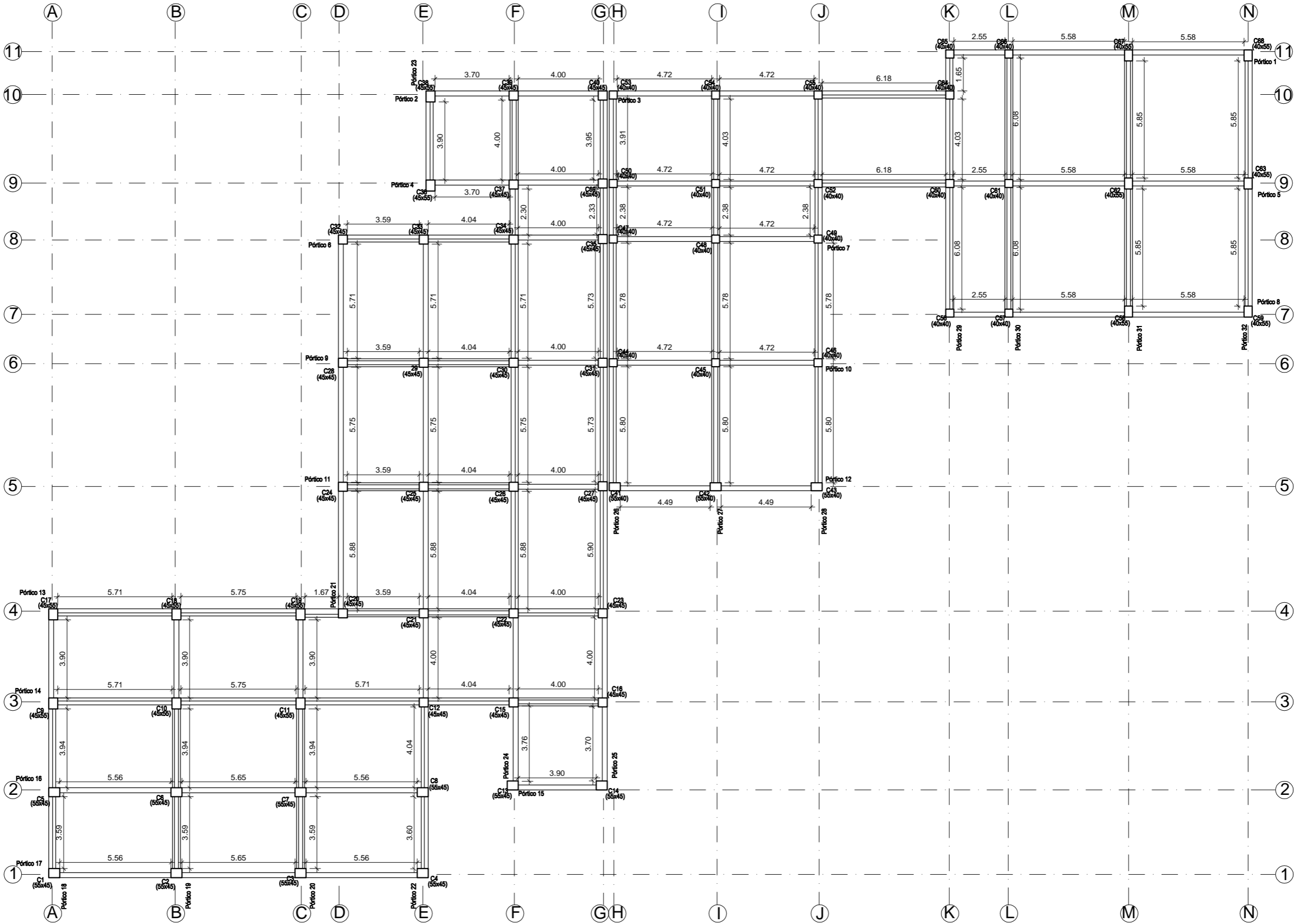
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS ARRIOSTRE

No DE  
PLANO:  
3/20

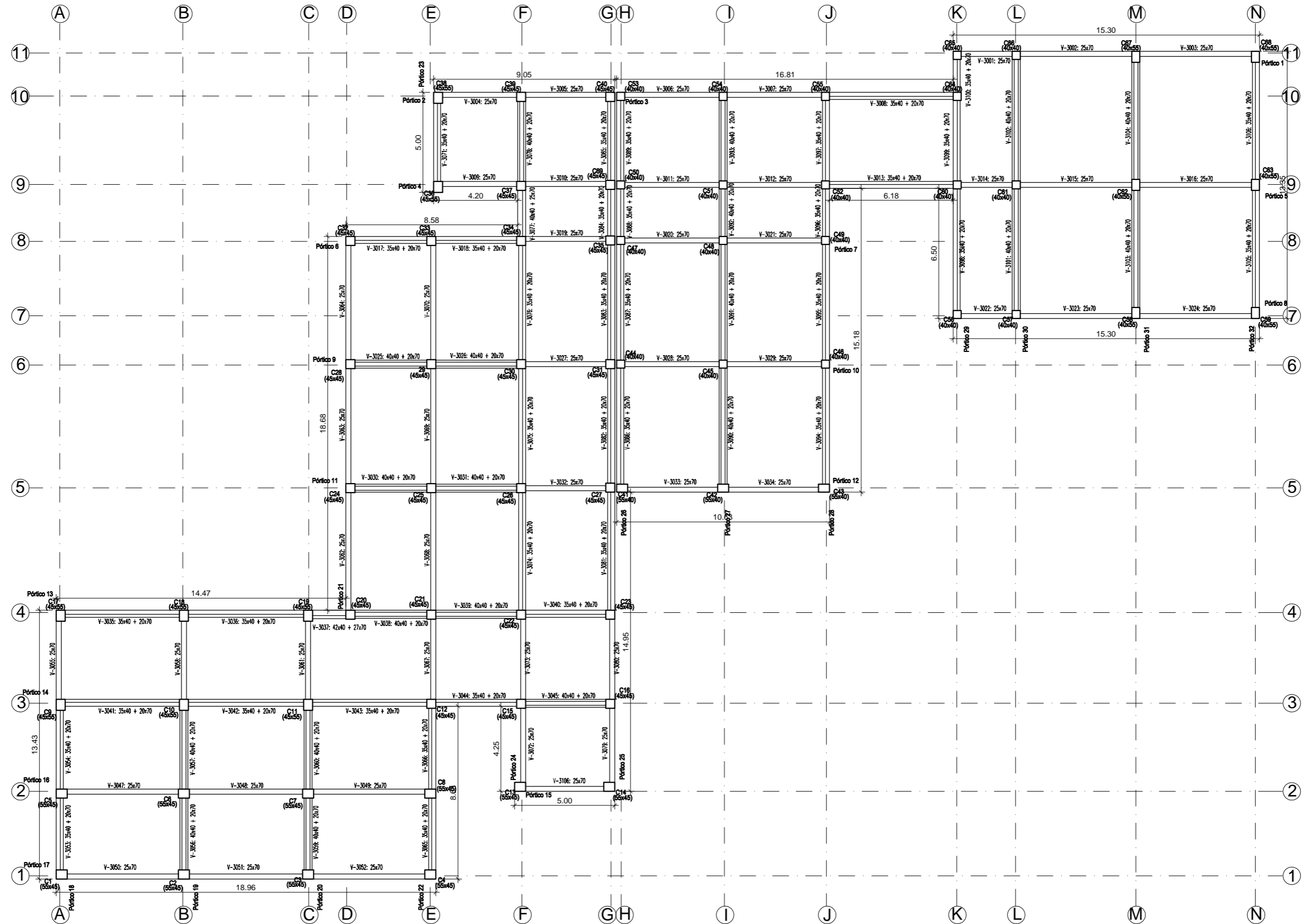
# Plano Replanteo y Etiquetado descanso Escalera 1



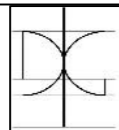
# Plano Replanteo Vigas 1er nivel



# Plano Etiquetado Vigas 1er nivel



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

ESCALAS:  
1:200

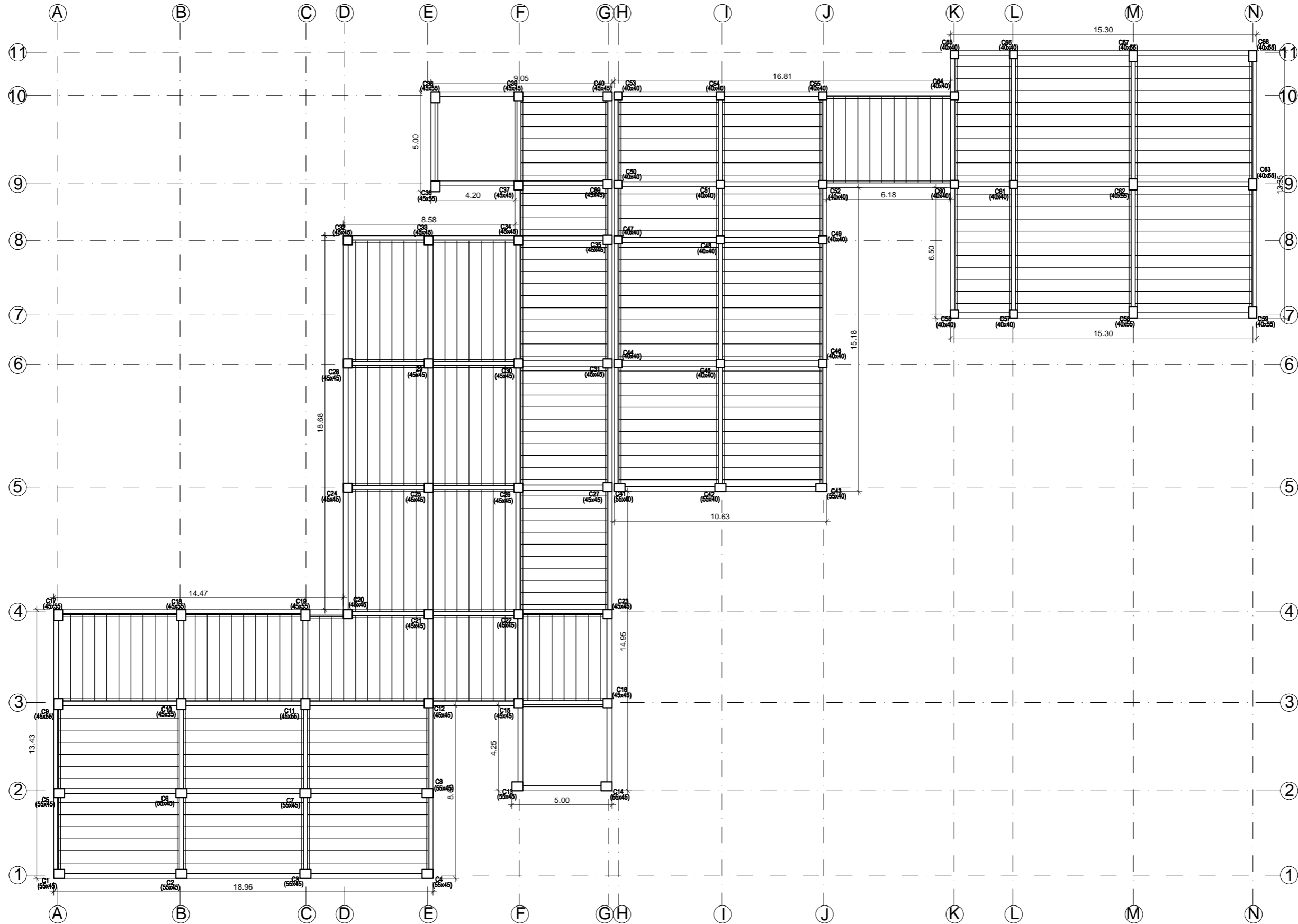
FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS 1ER NIVEL

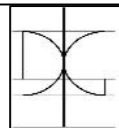
No DE  
PLANO:  
6/20



# Plano Replanteo Losas 1er nivel



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

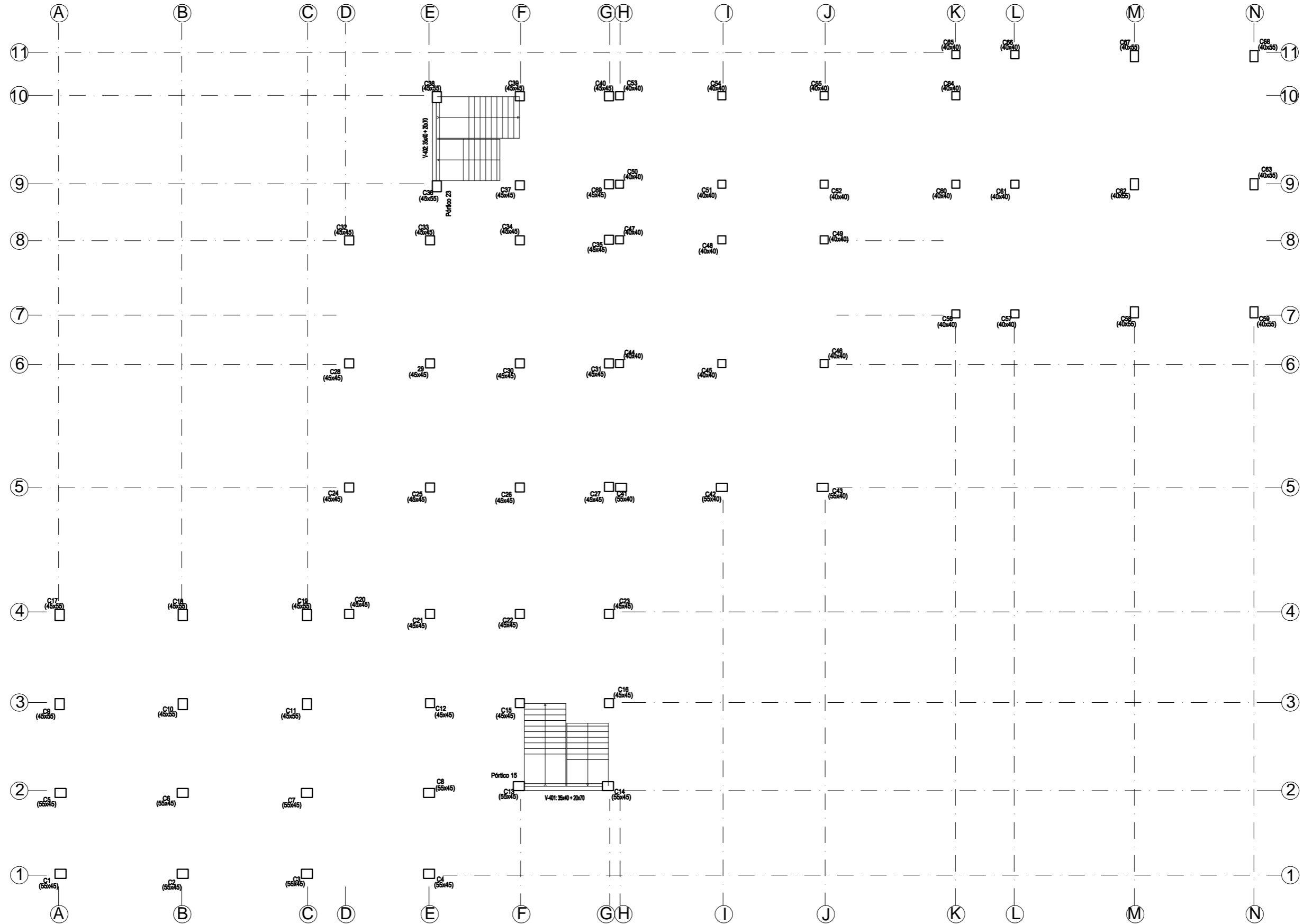
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

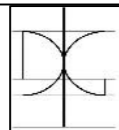
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE LOSA 1ER NIVEL

No DE  
PLANO:  
7/20

# Plano Replanteo y Etiquetado descanso Escalera 2



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

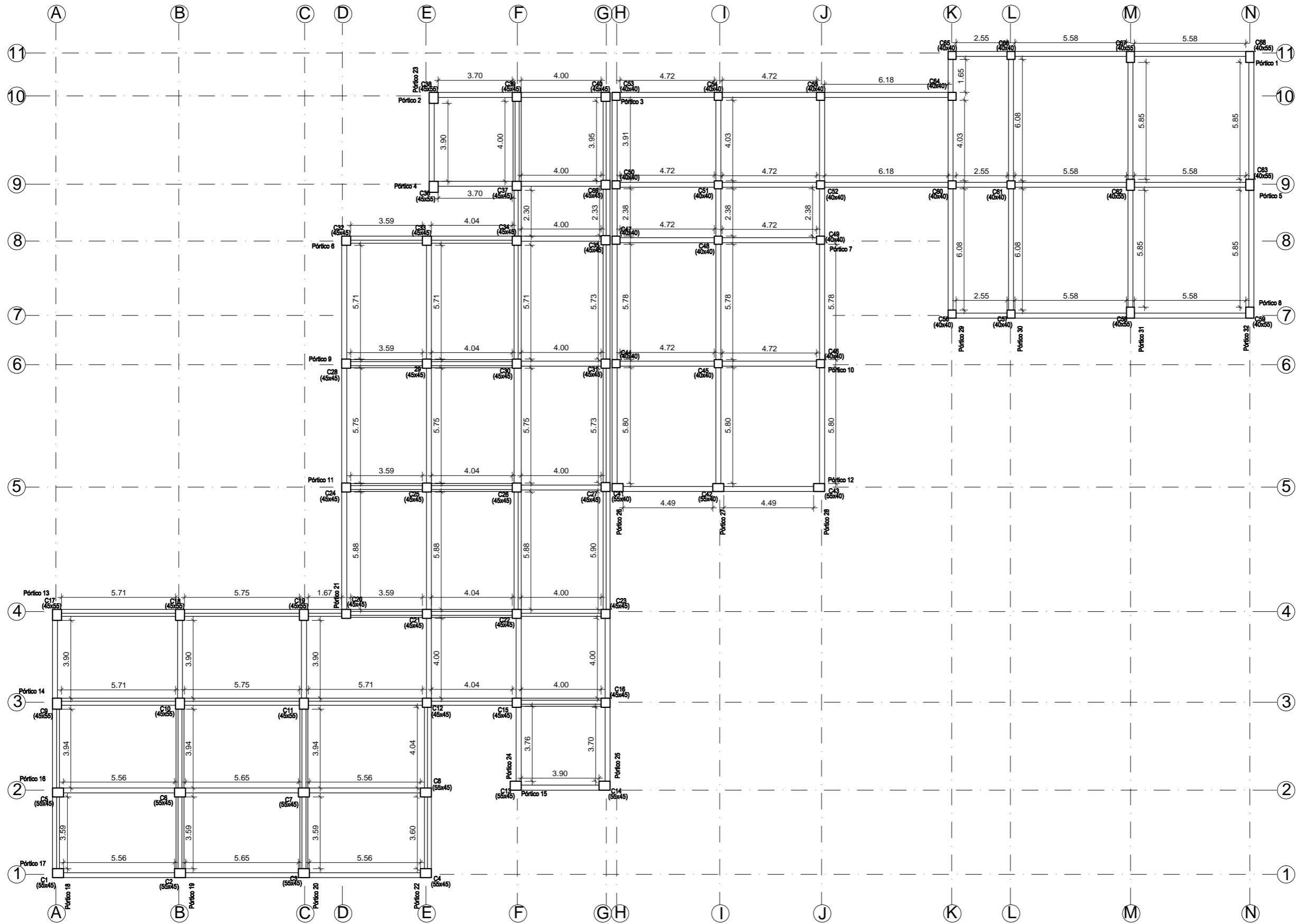
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

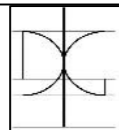
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DESCANSO ESCALERA 2

No DE  
PLANO:  
8/20

# Plano Replanteo Vigas 2do nivel



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

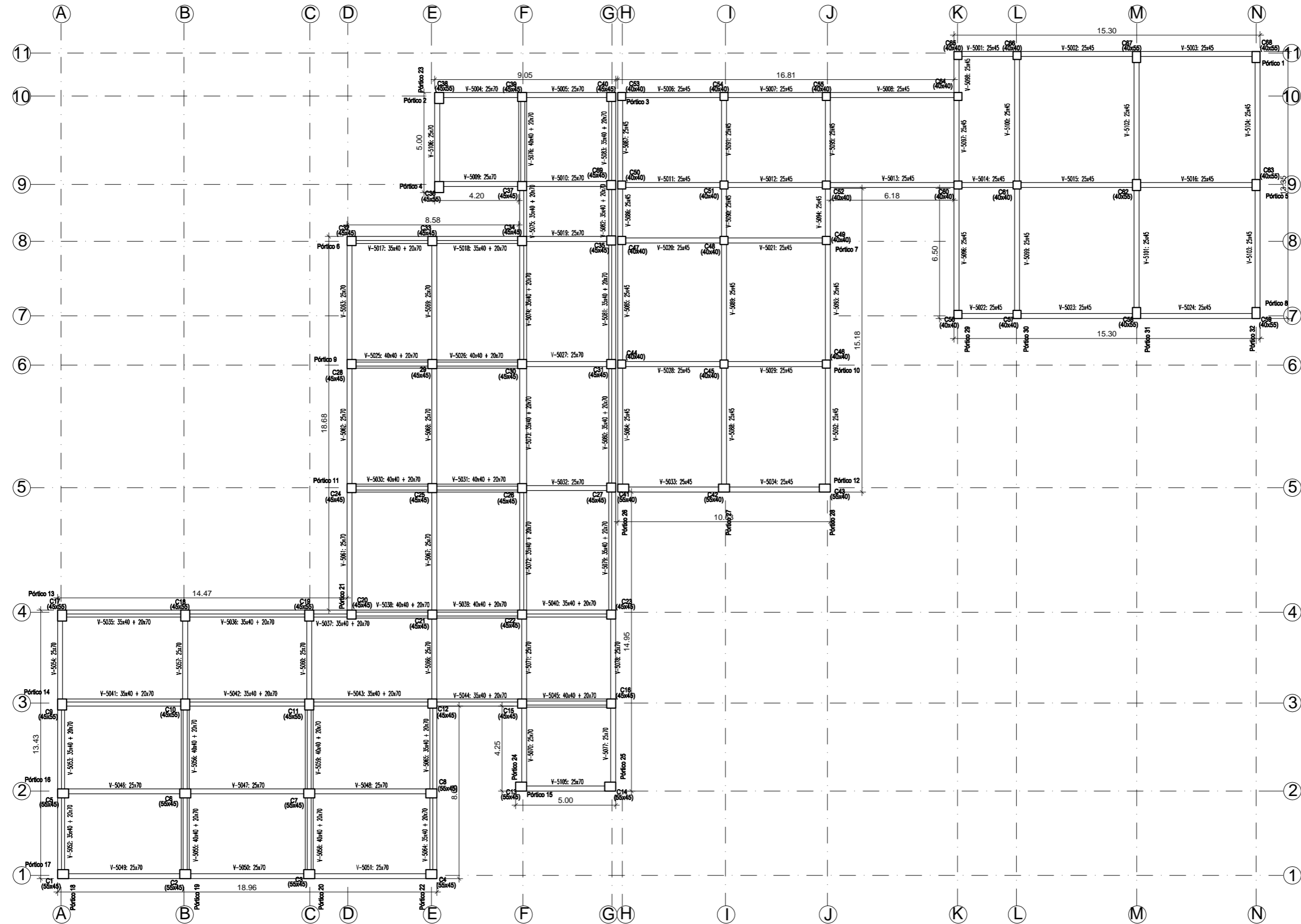
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

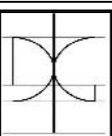
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS 2DO NIVEL

No DE  
PLANO:  
9/20

# Plano Etiquetado Vigas 2do nivel



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

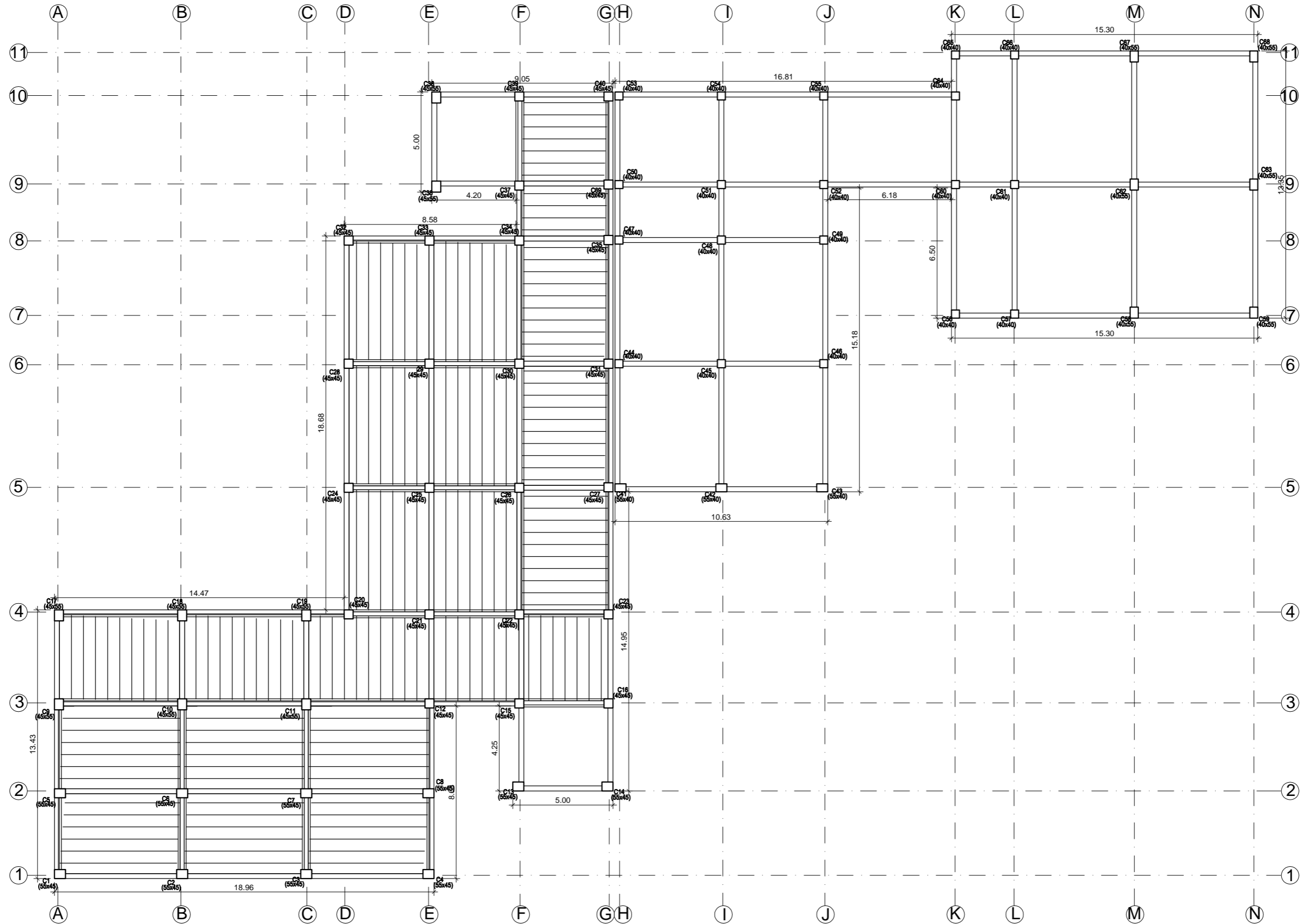
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

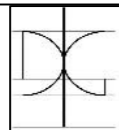
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS 2DO NIVEL

No DE  
PLANO:  
10/20

# Plano Replanteo Losas 2do nivel



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

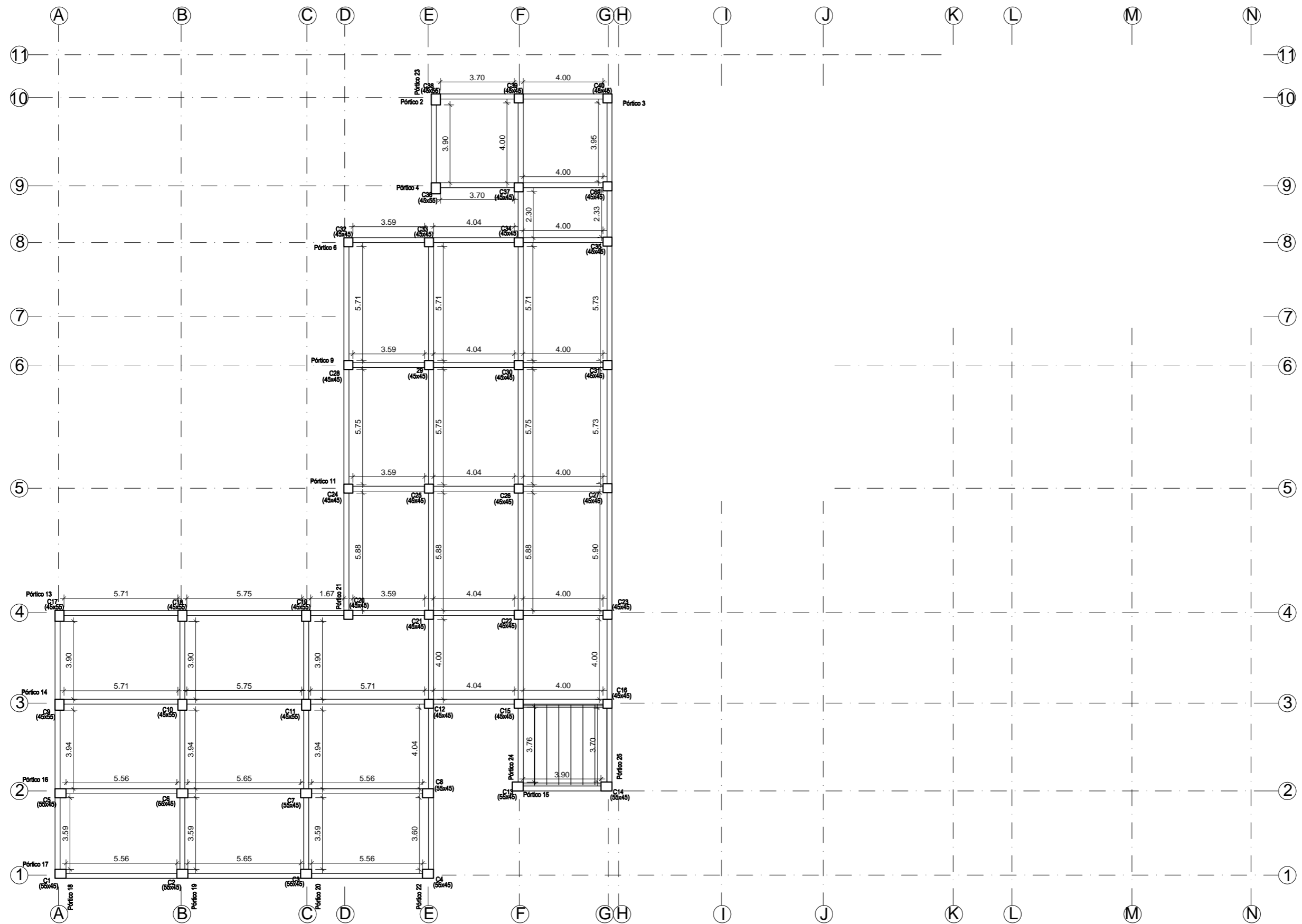
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

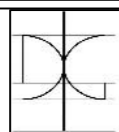
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE LOSA 2DO NIVEL

No DE  
PLANO:  
11/20

# Plano Replanteo Vigas cubierta



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

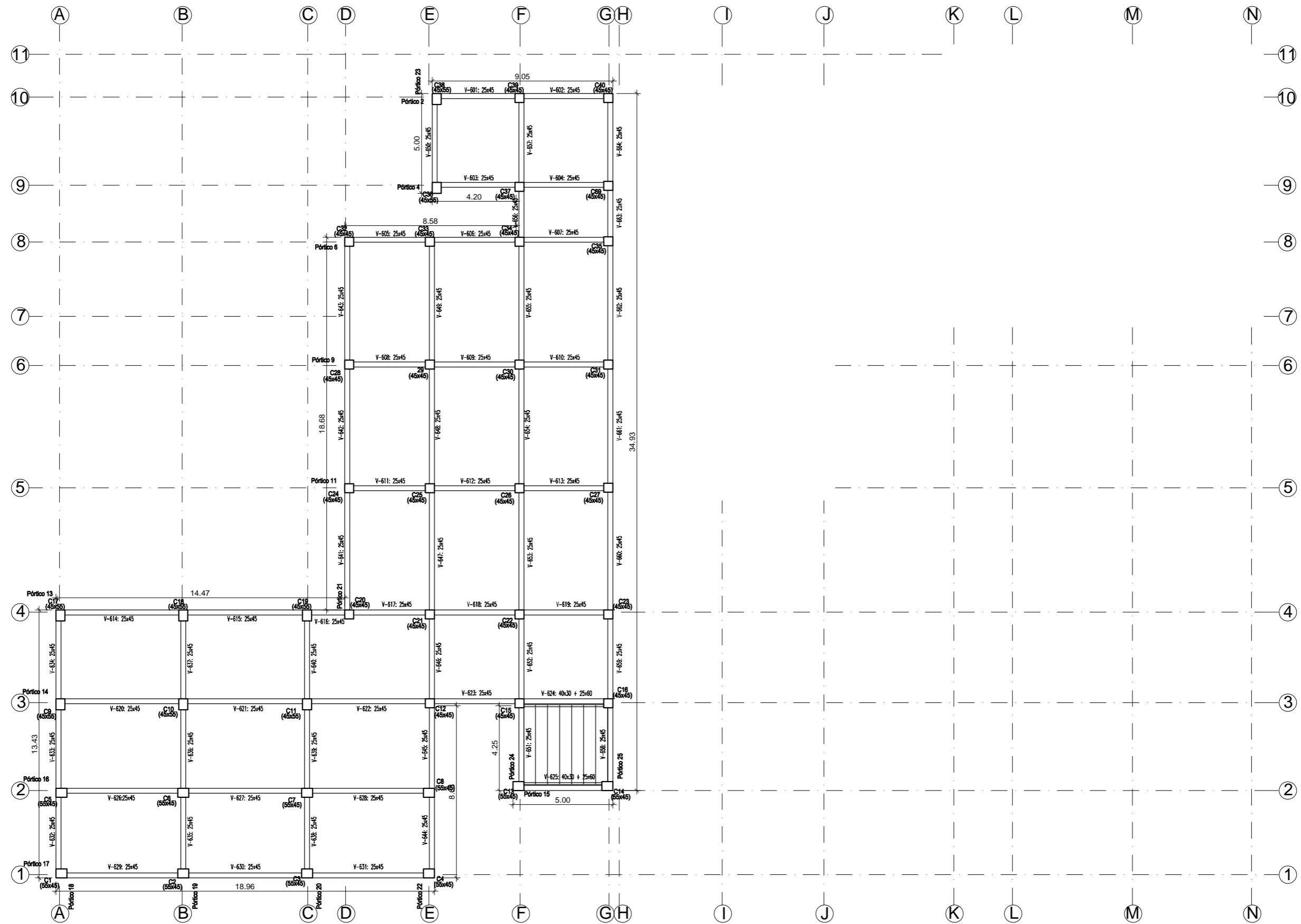
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

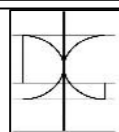
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS CUBIERTA

No DE  
PLANO:  
12/20

# Plano Etiquetado Vigas cubierta



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

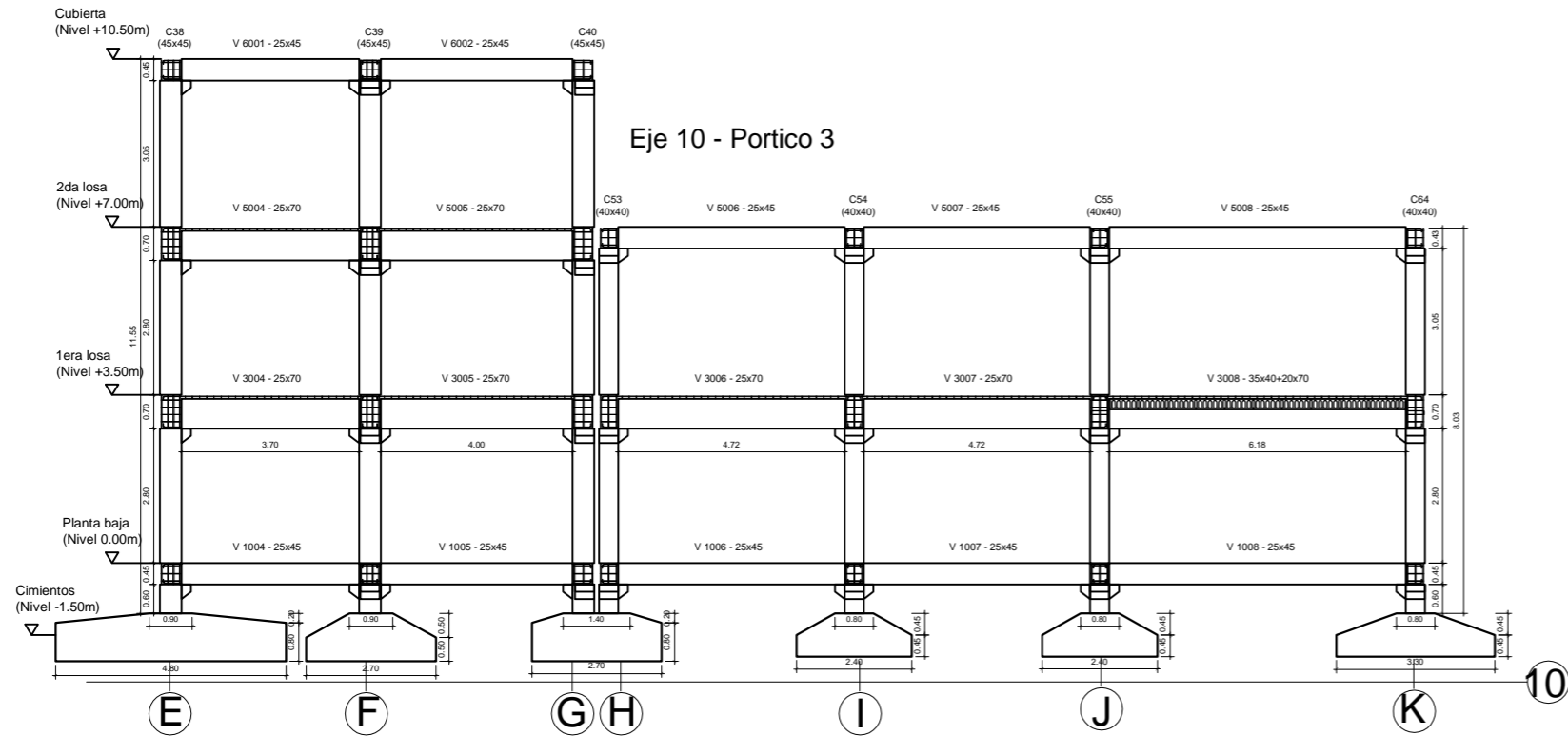
ESCALAS:  
1:200

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE VIGAS CUBIERTA

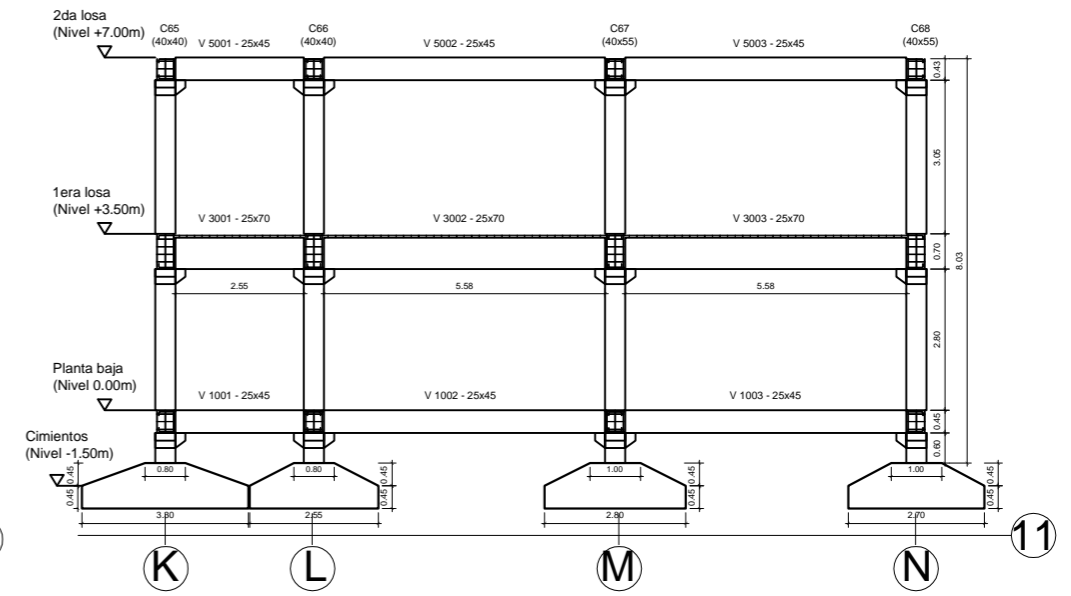
No DE  
PLANO:  
13/20

Eje 10 - Portico 2



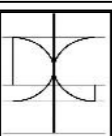
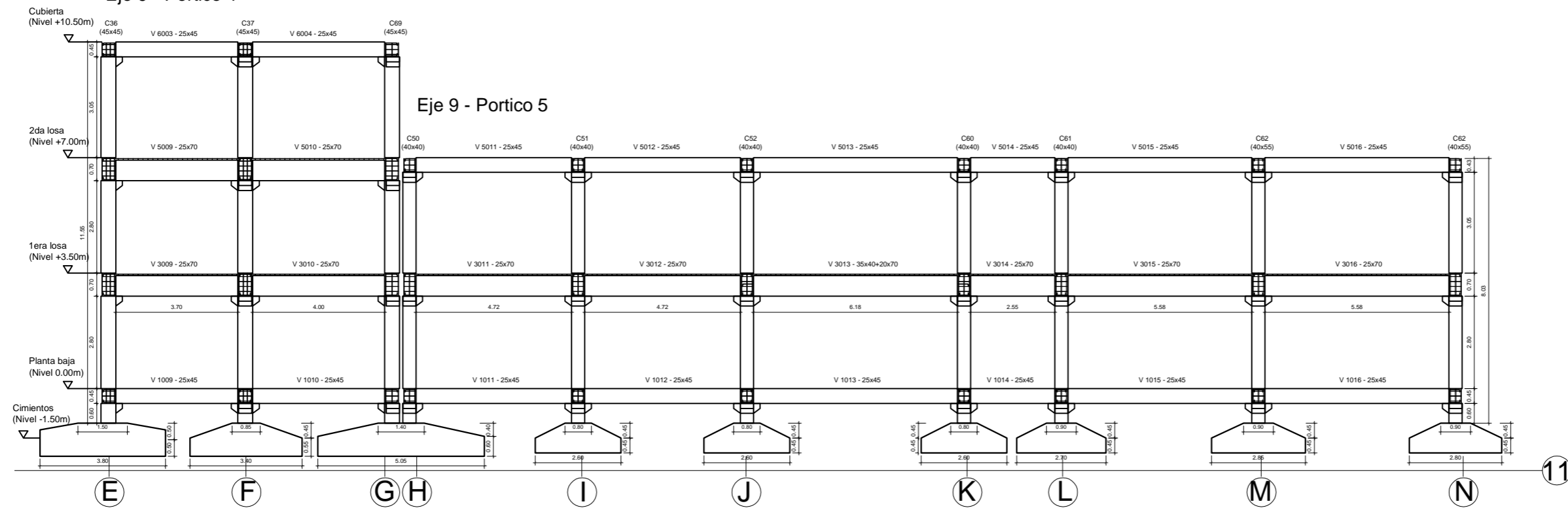
Eje 10 - Portico 3

Eje 11 - Portico 1



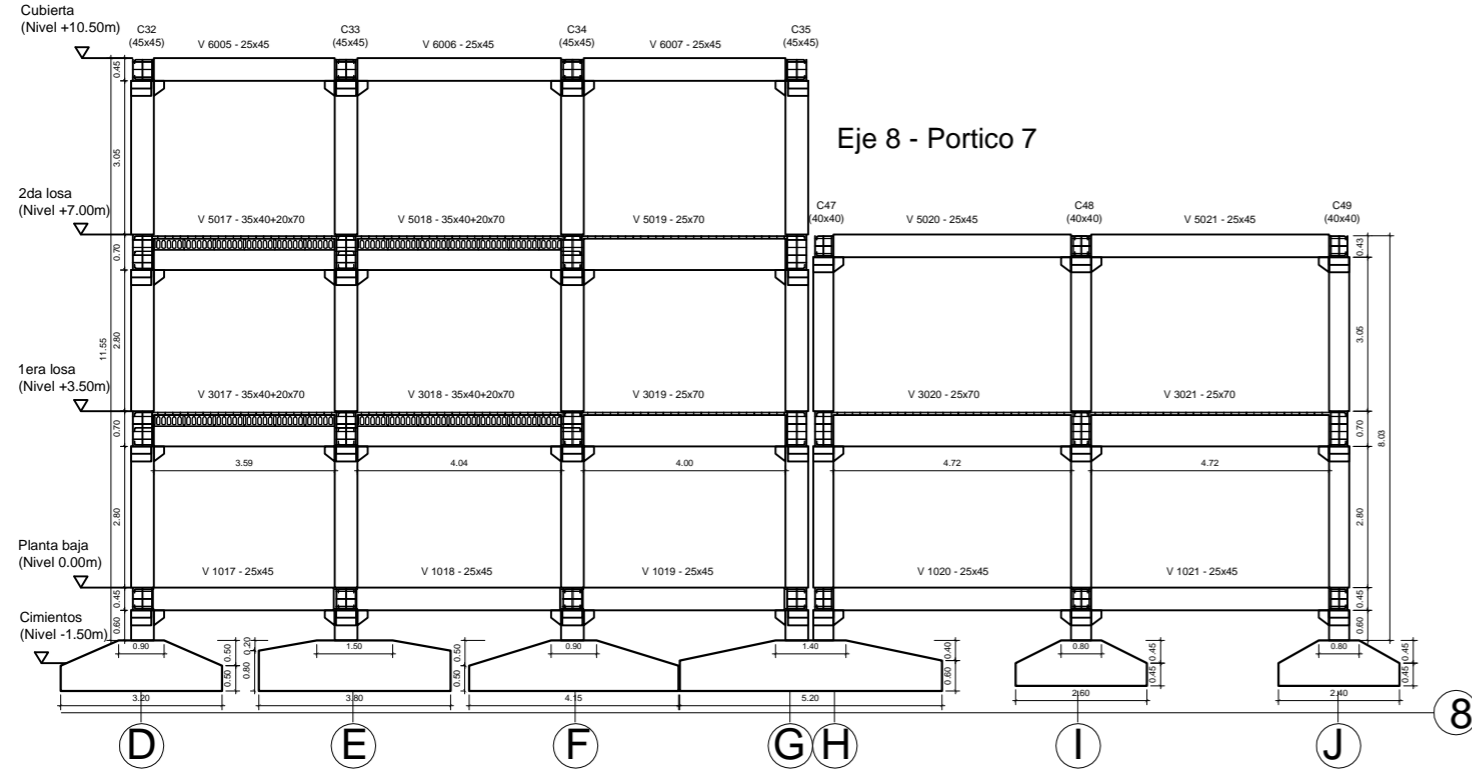
Eje 9 - Portico 4

Eje 9 - Portico 5



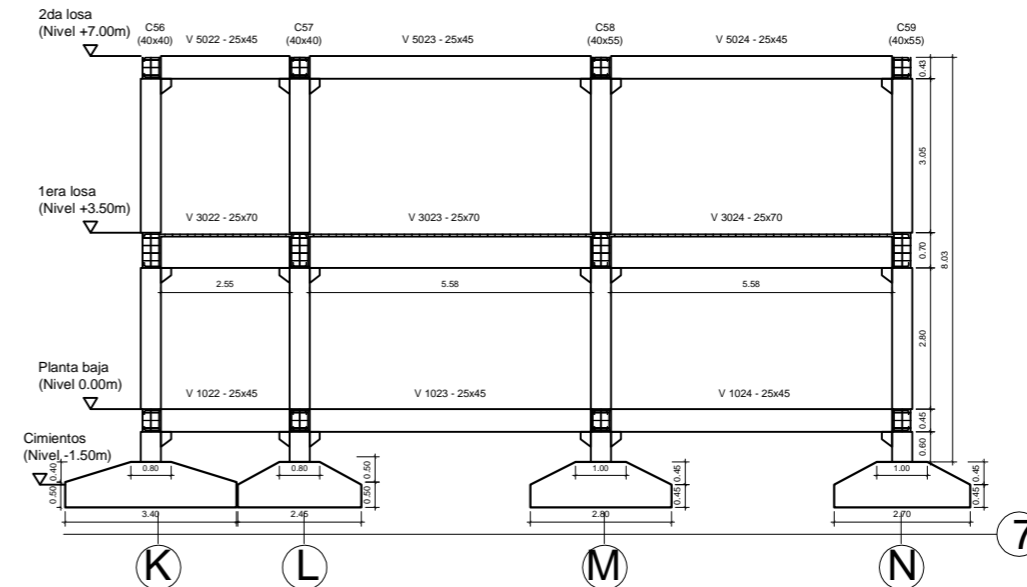


Eje 8 - Portico 6

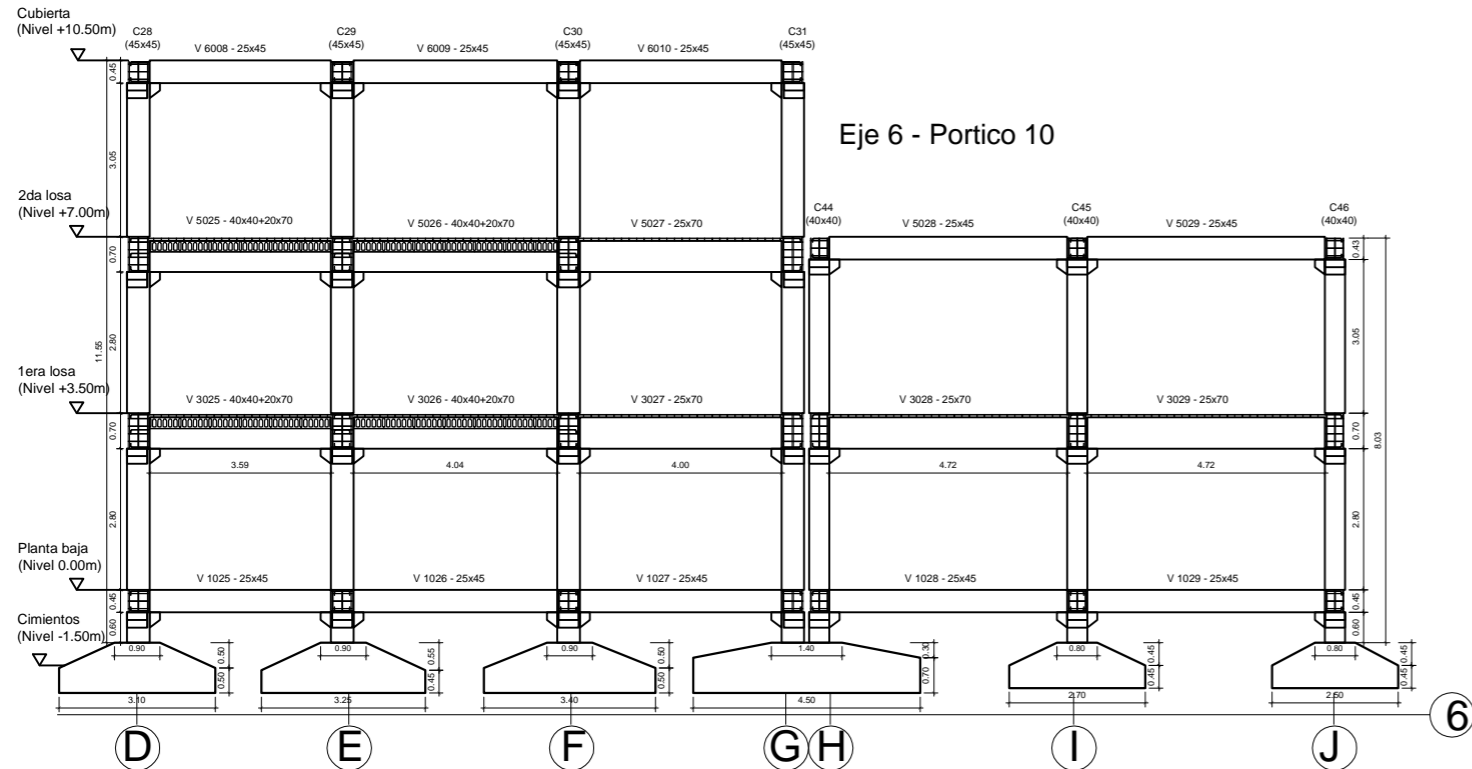


Eje 8 - Portico 7

Eje 7 - Portico 8

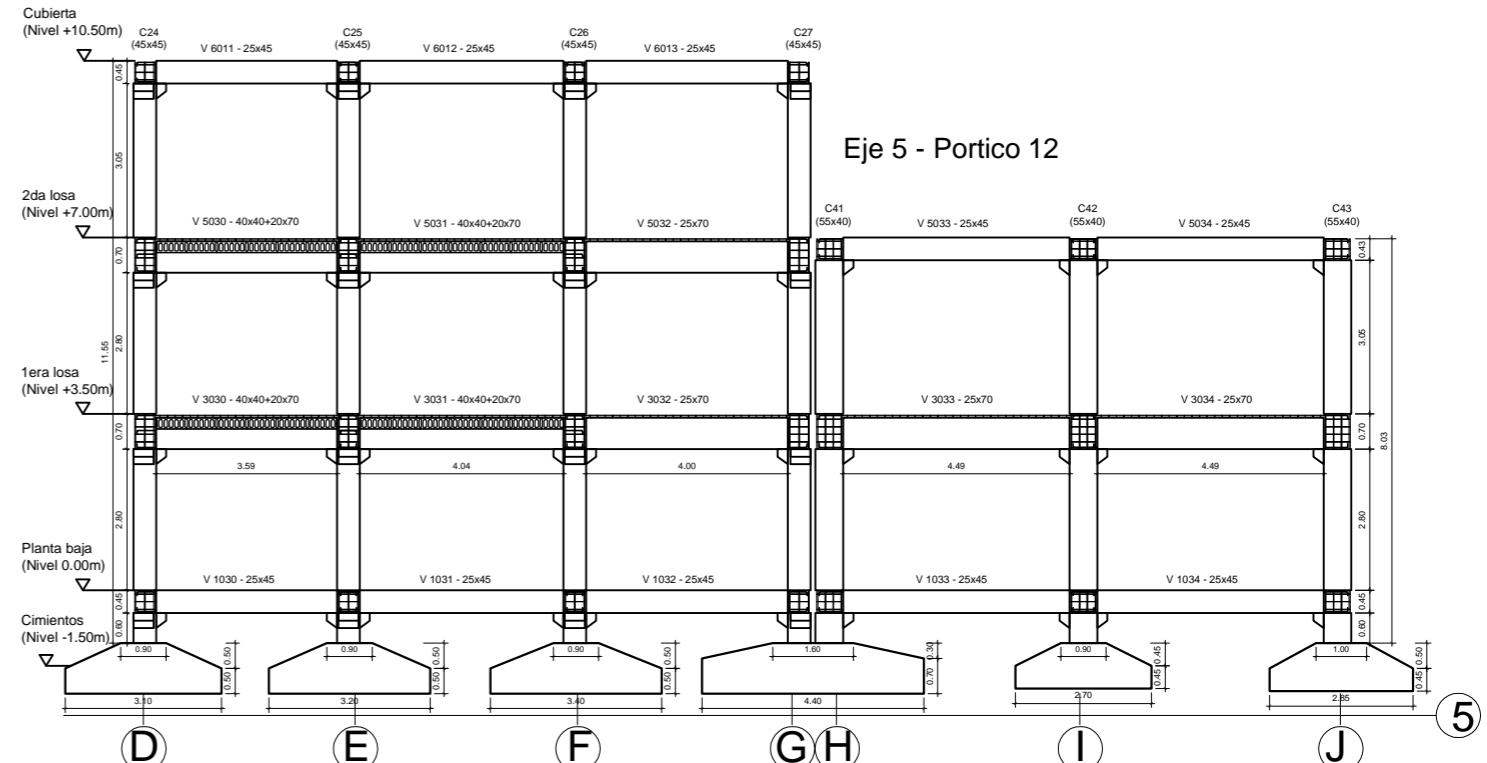


Eje 6 - Portico 9

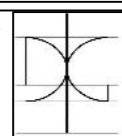


Eje 6 - Portico 10

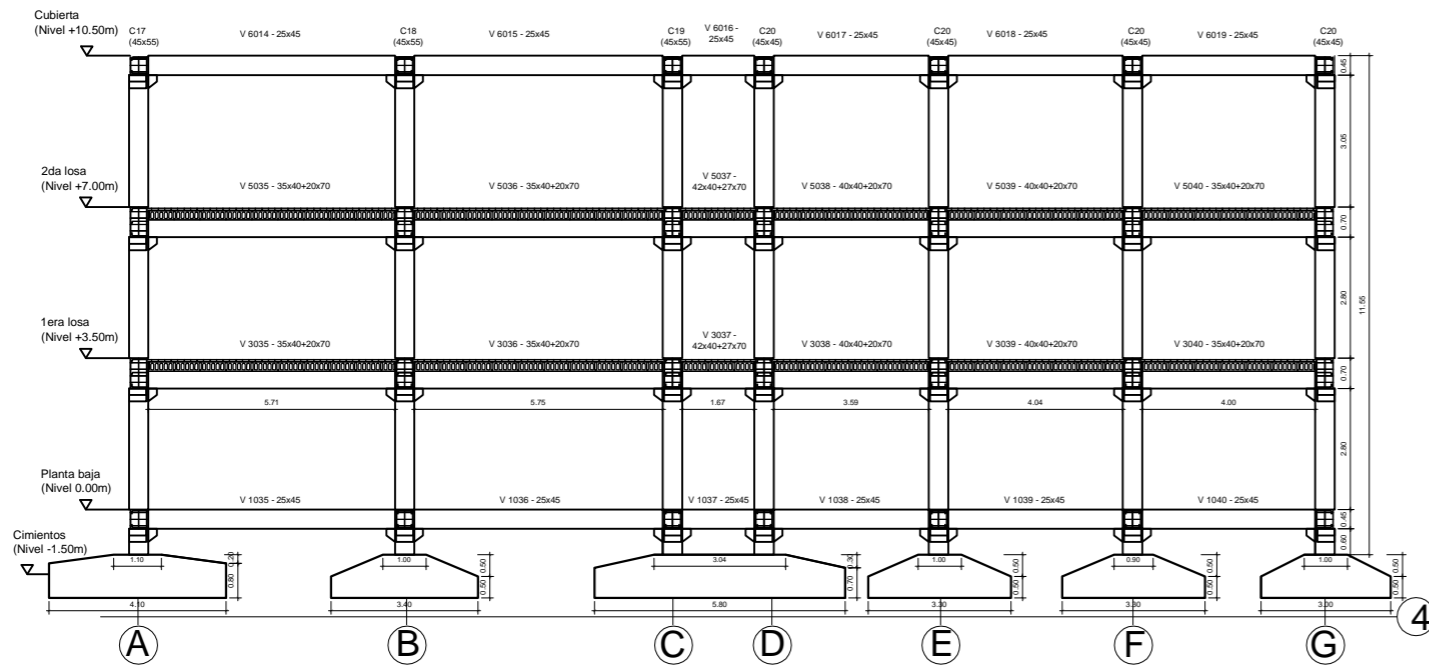
Eje 5 - Portico 11



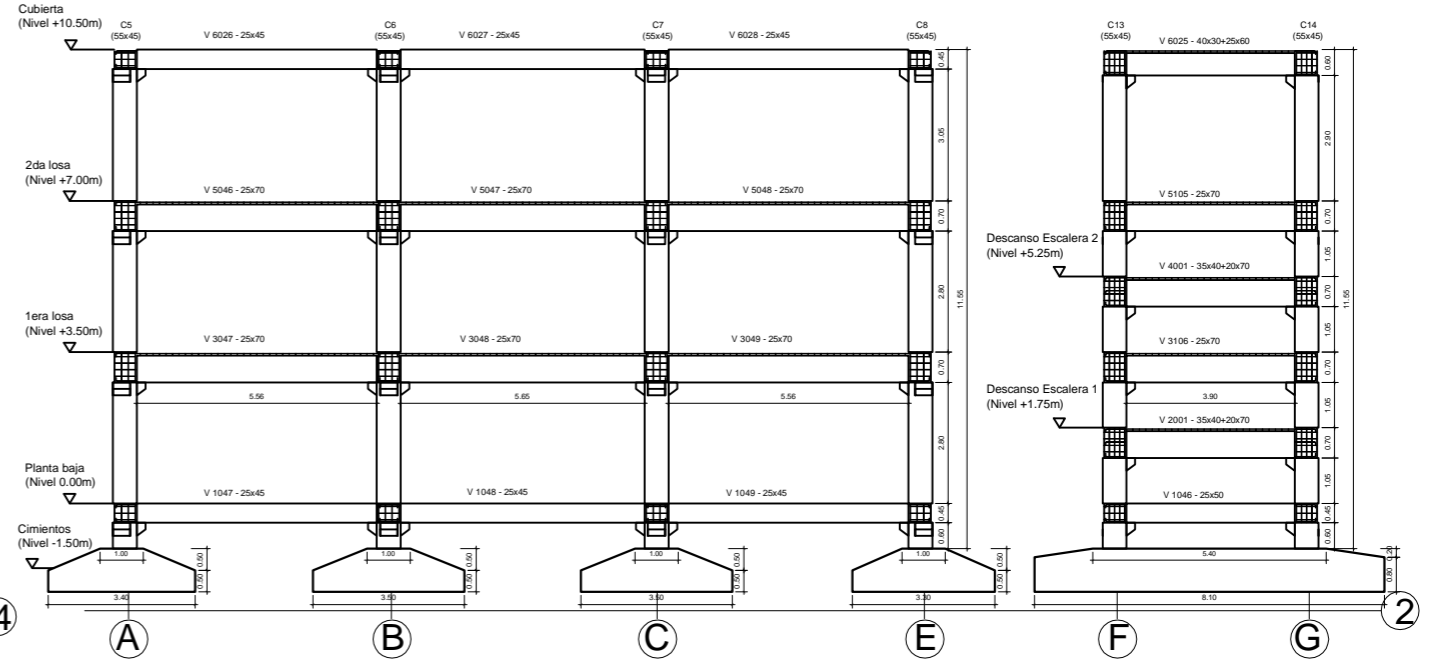
Eje 5 - Portico 12



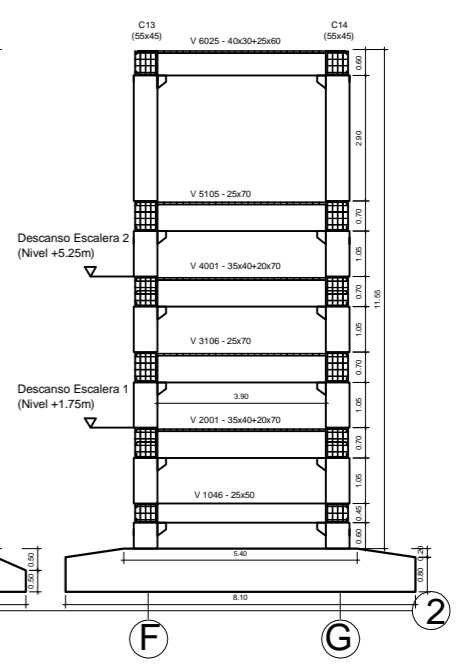
Eje 4 - Portico 13



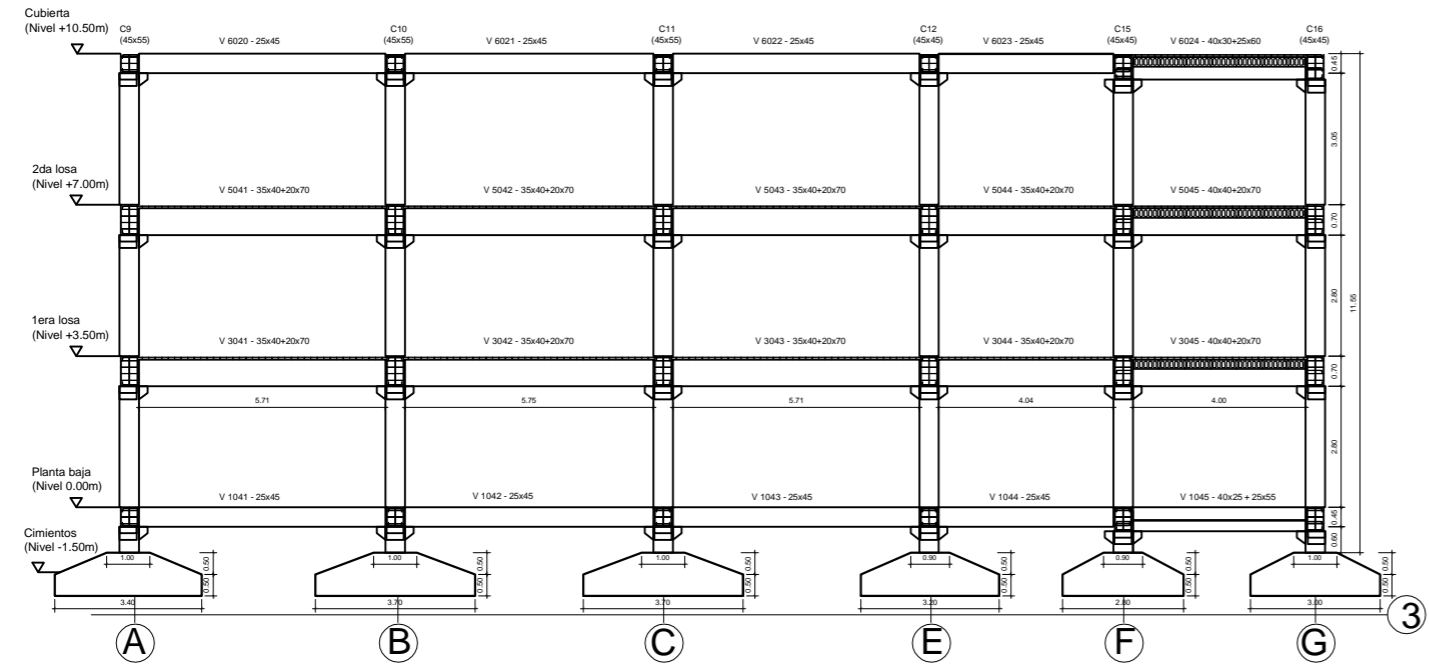
Eje 2 - Portico 16



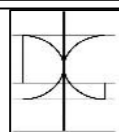
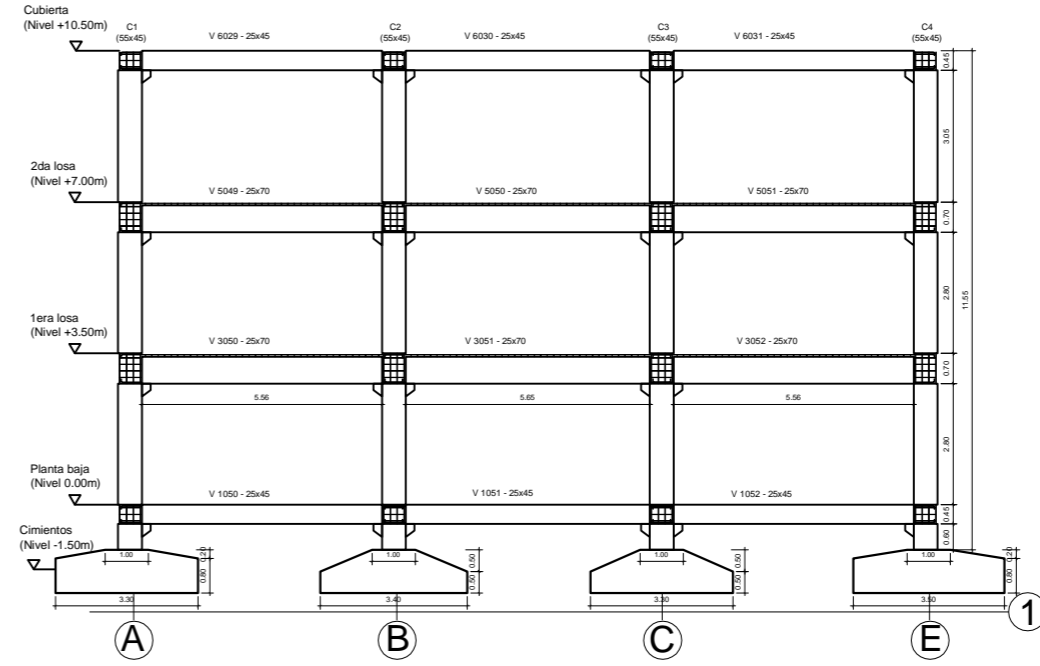
Eje 2 - Portico 15



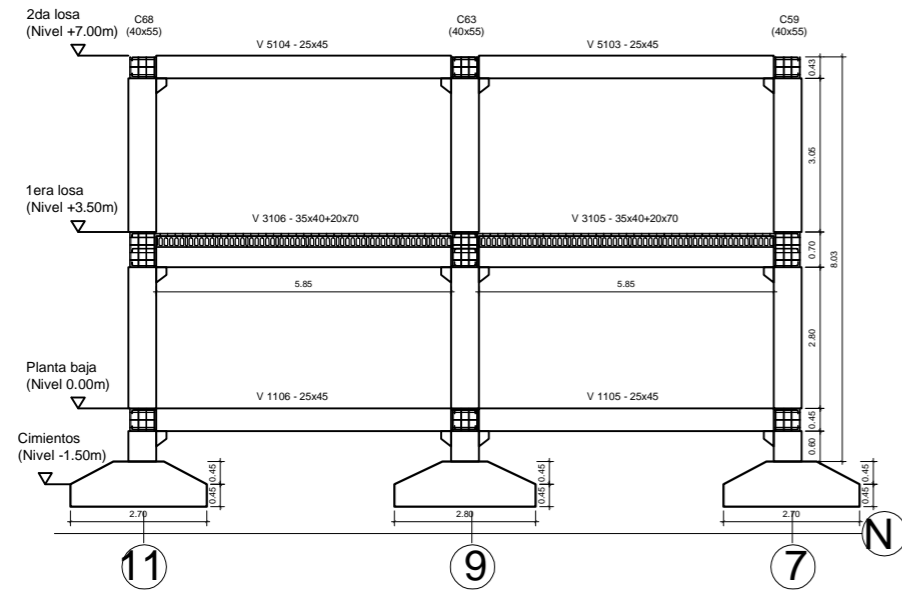
Eje 3 - Portico 14



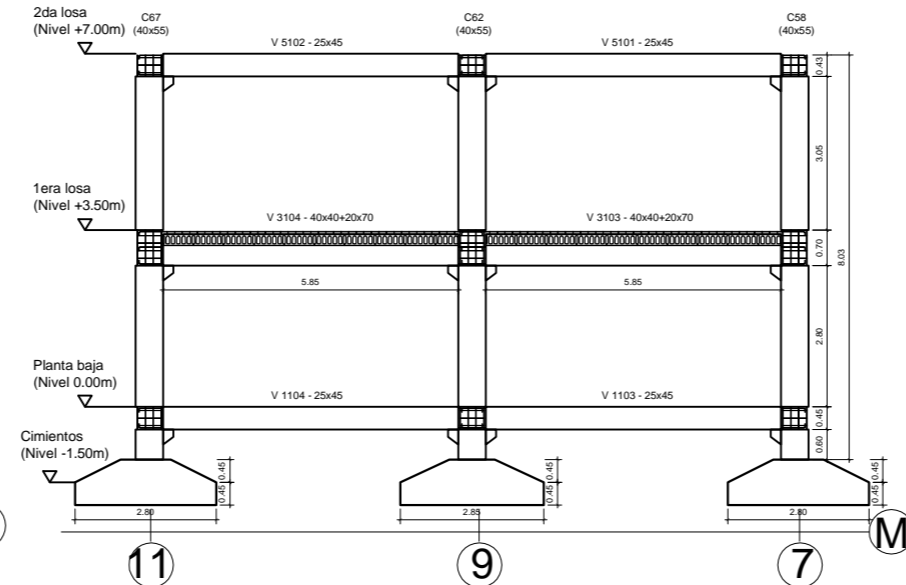
Eje 1 - Portico 17



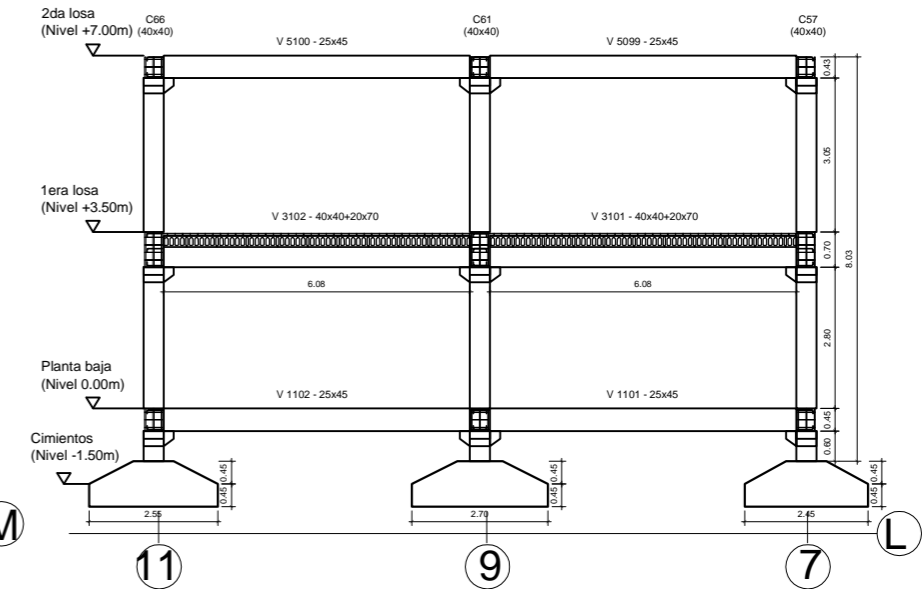
Eje N - Portico 32



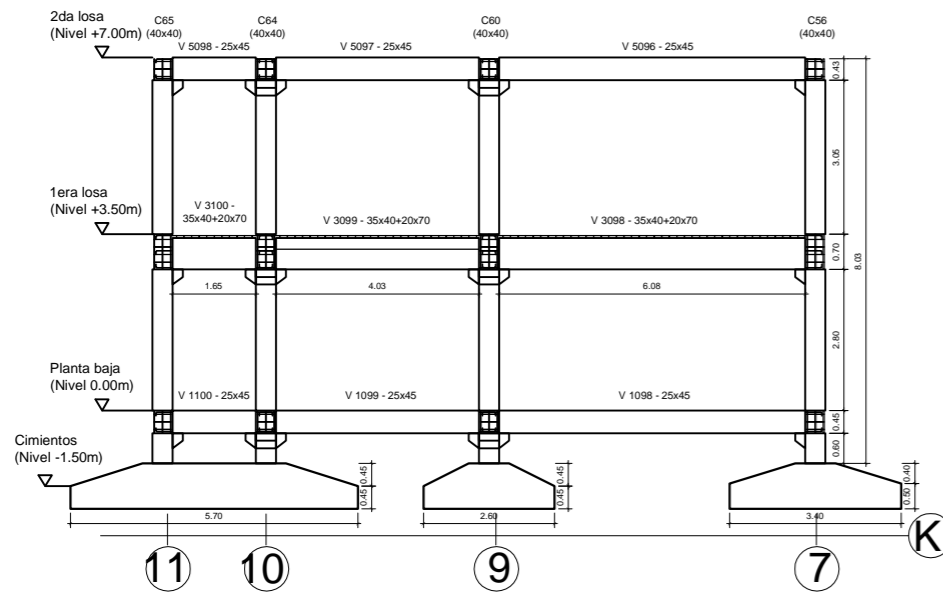
Eje M - Portico 31



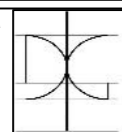
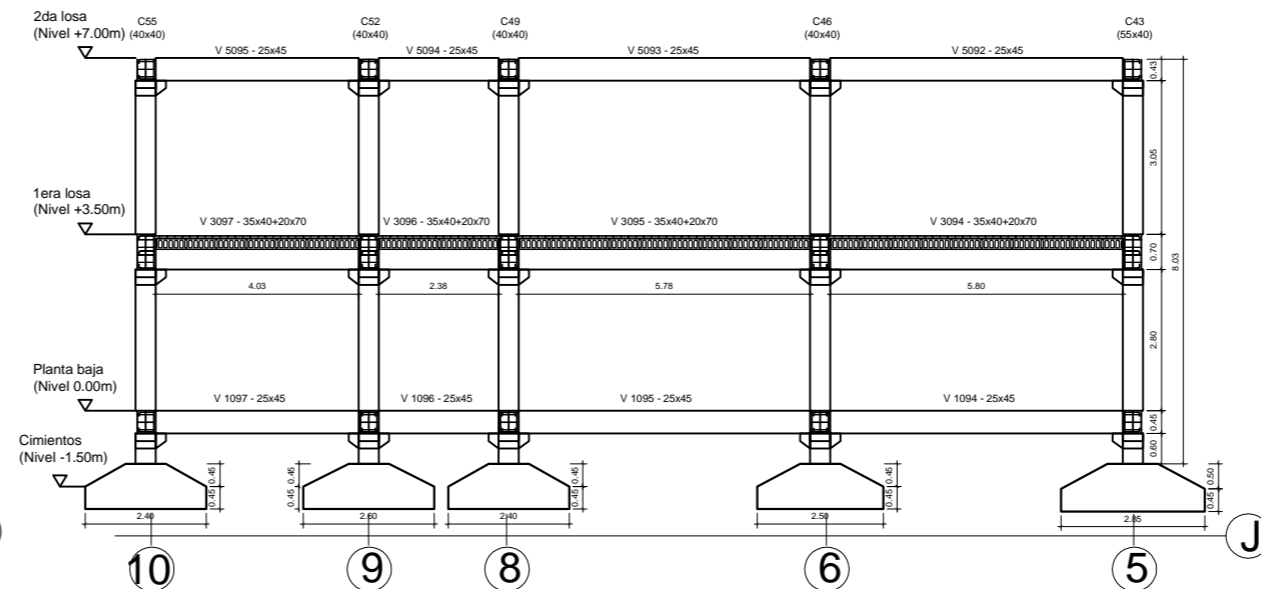
Eje L - Portico 30



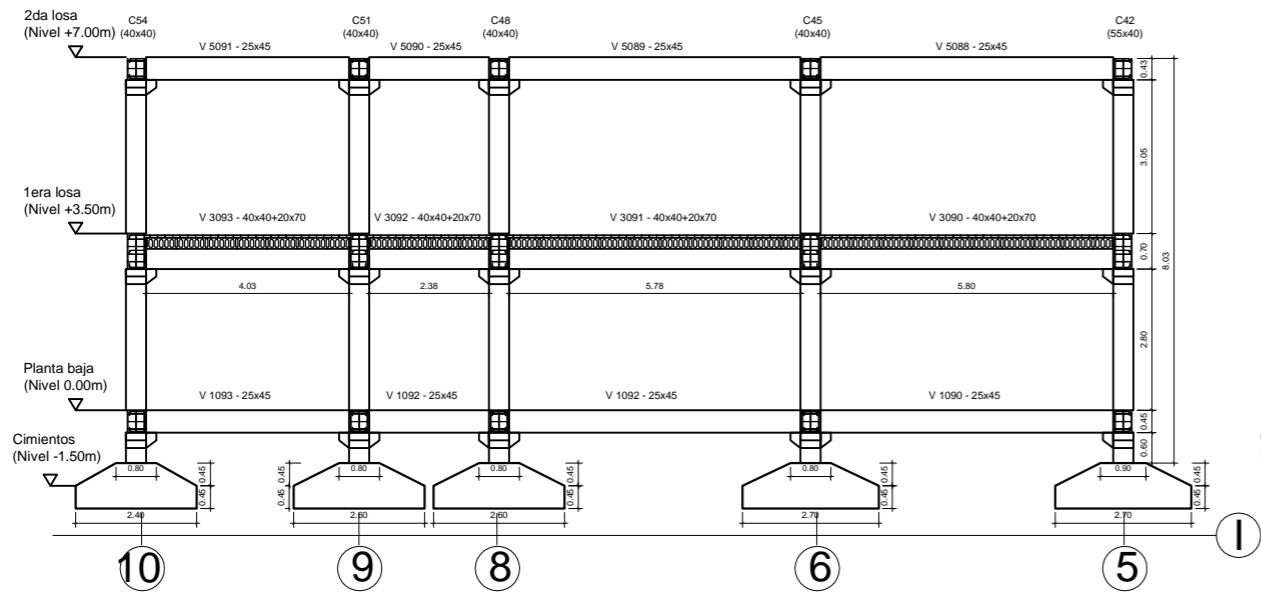
Eje K - Portico 29



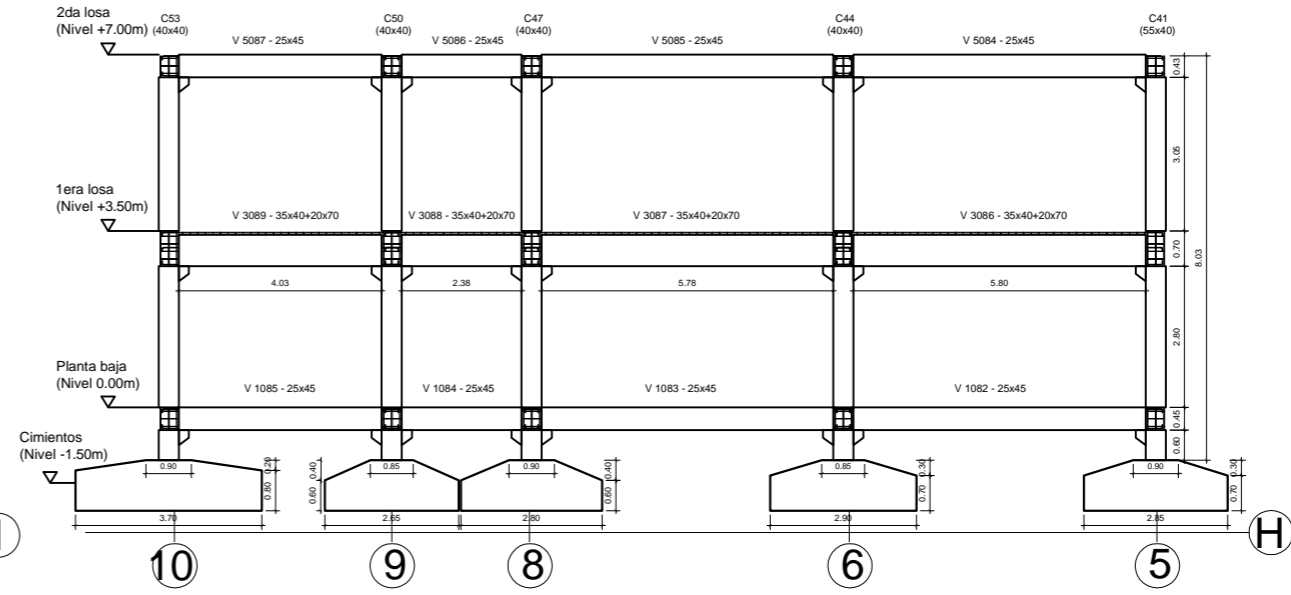
Eje J - Portico 28



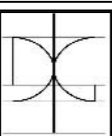
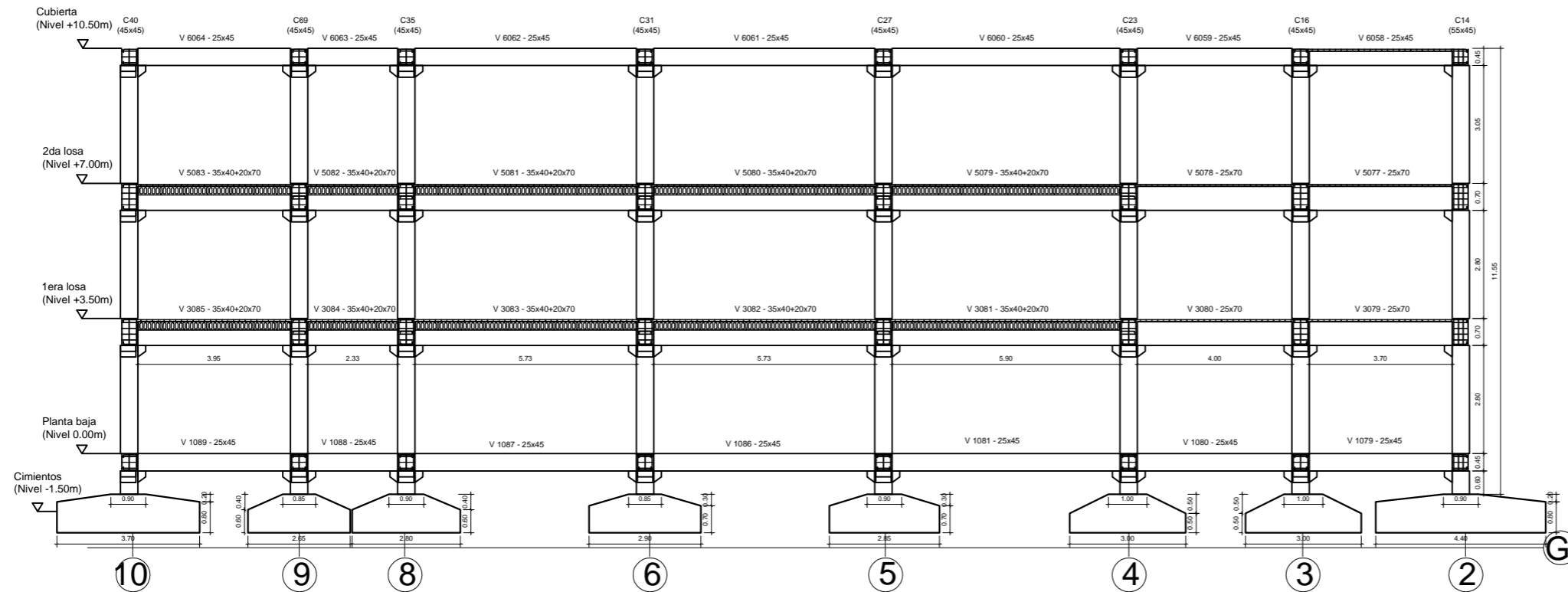
Eje I - Portico 27



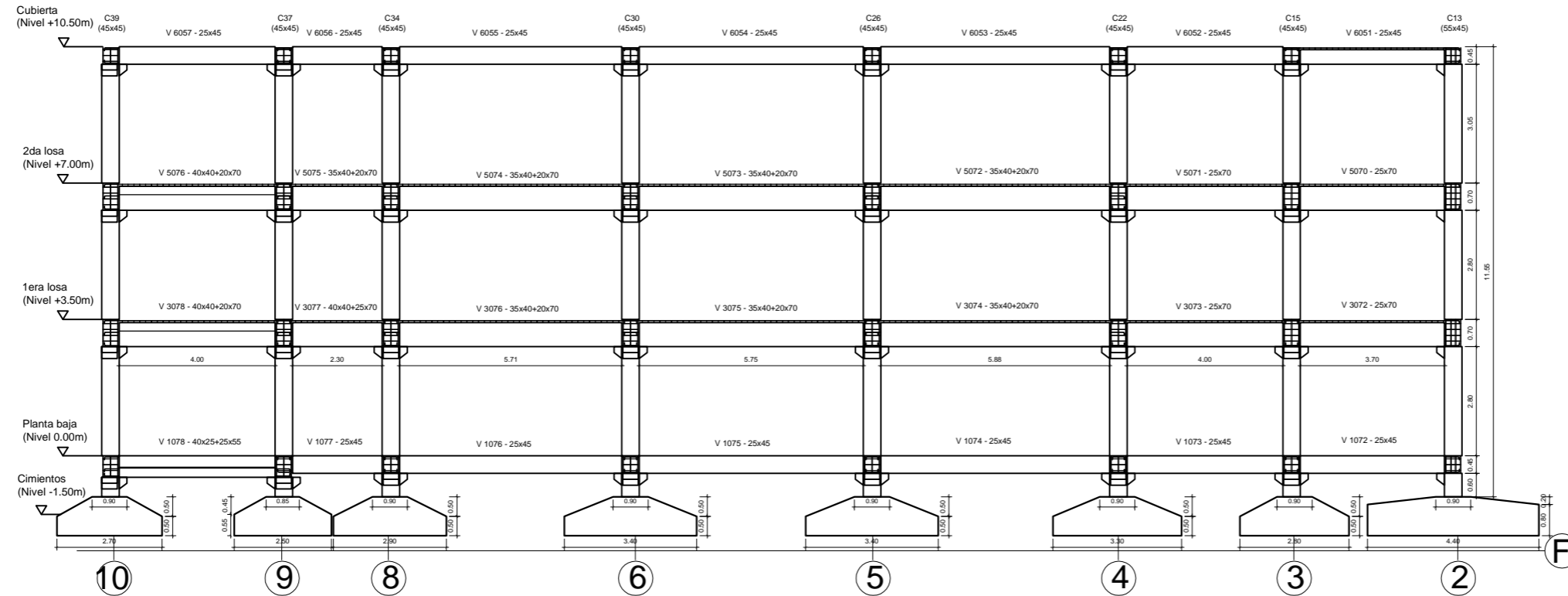
Eje H - Portico 26



Eje G - Portico 25

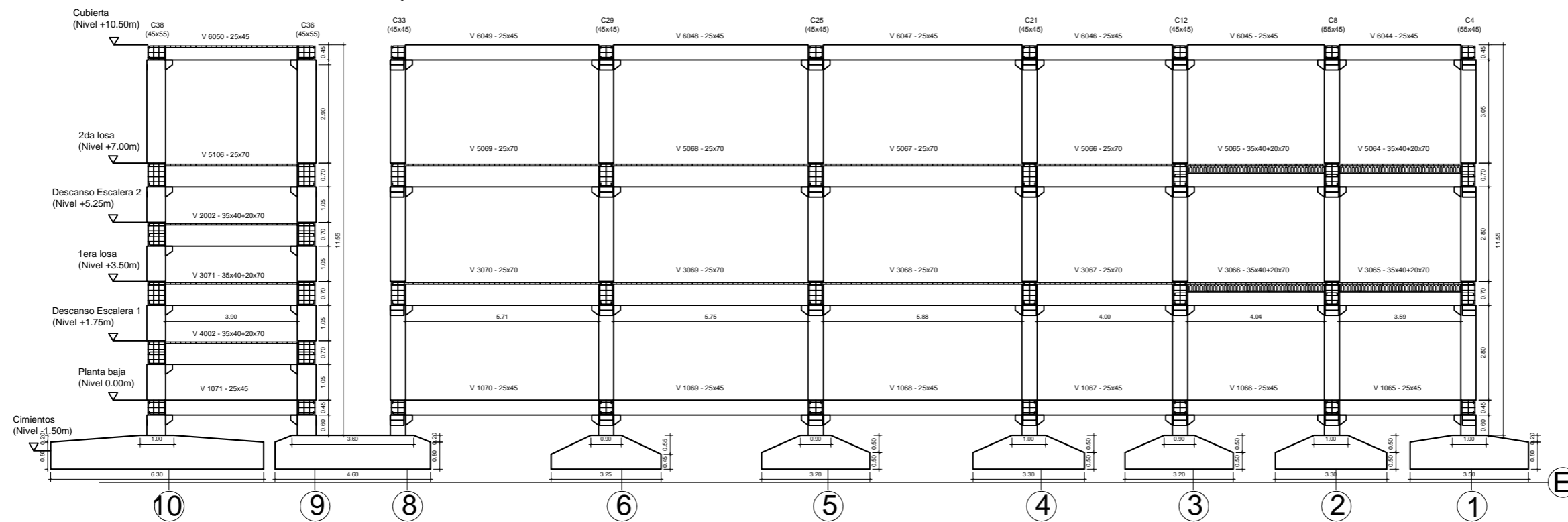


Eje F - Portico 24

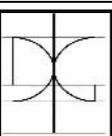


Eje E - Portico 23

Eje E - Portico 22



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

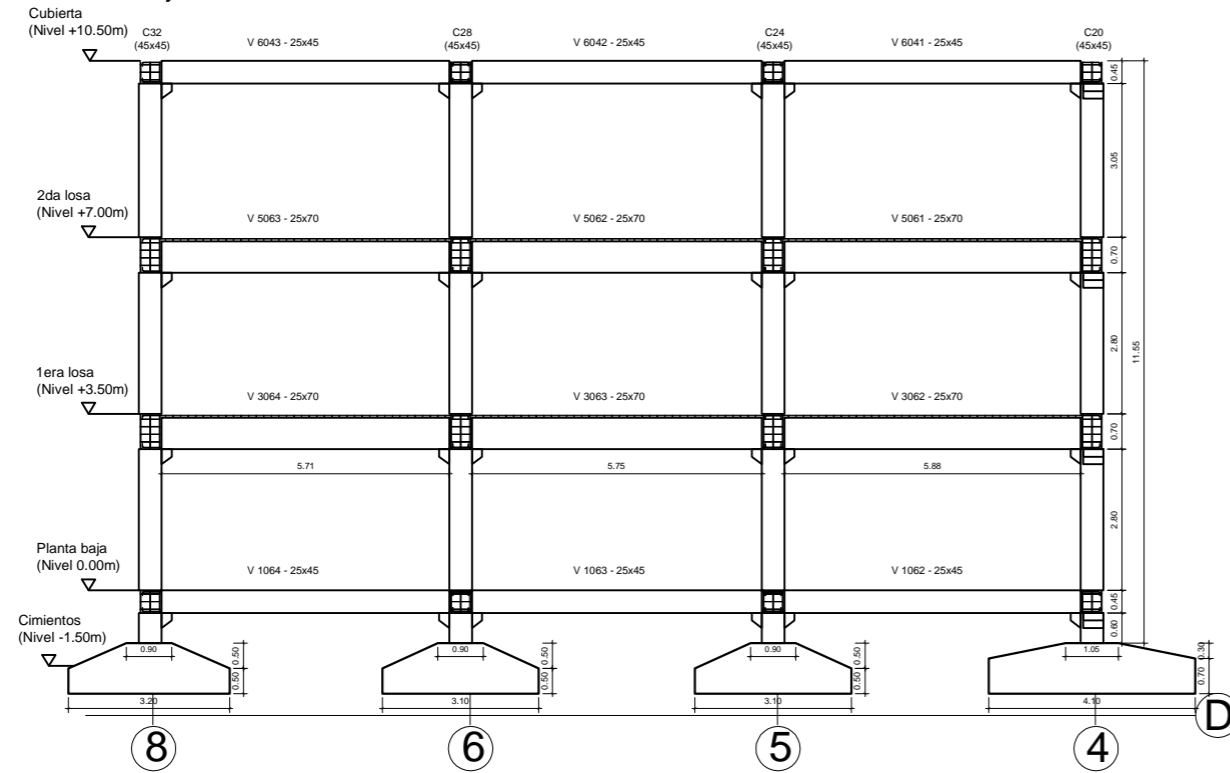
ESCALAS:  
1:150

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

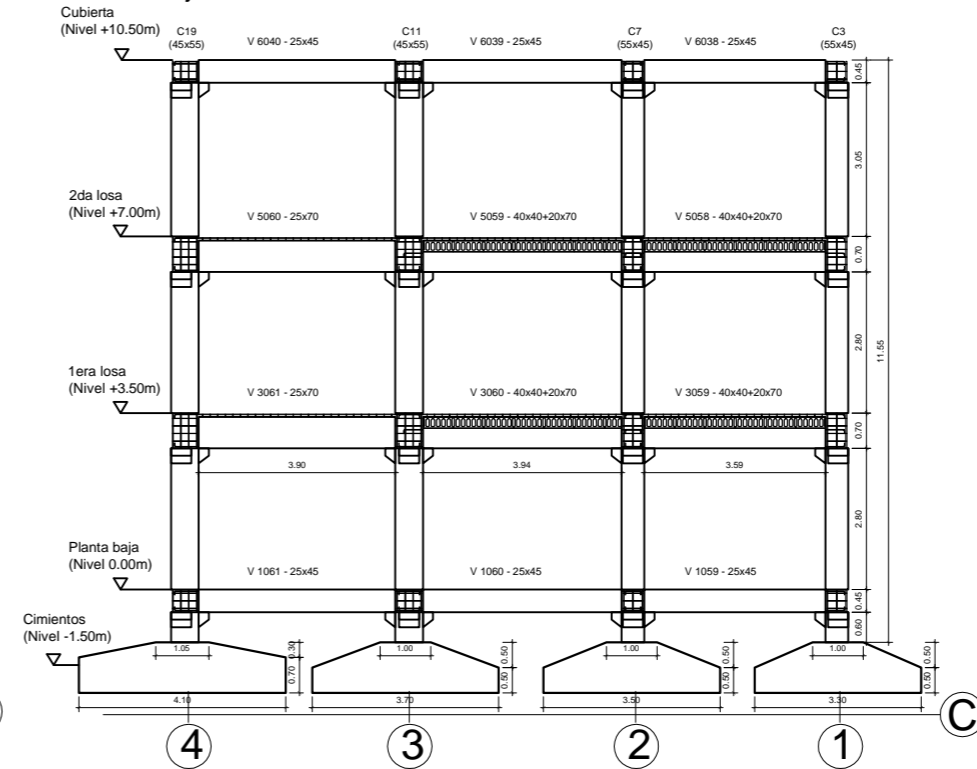
TITULO PLANO:  
PLANOS DE EMPLAZAMIENTO:  
REPLANTEO DE PORTICOS EJE Y

No DE  
PLANO:  
19/20

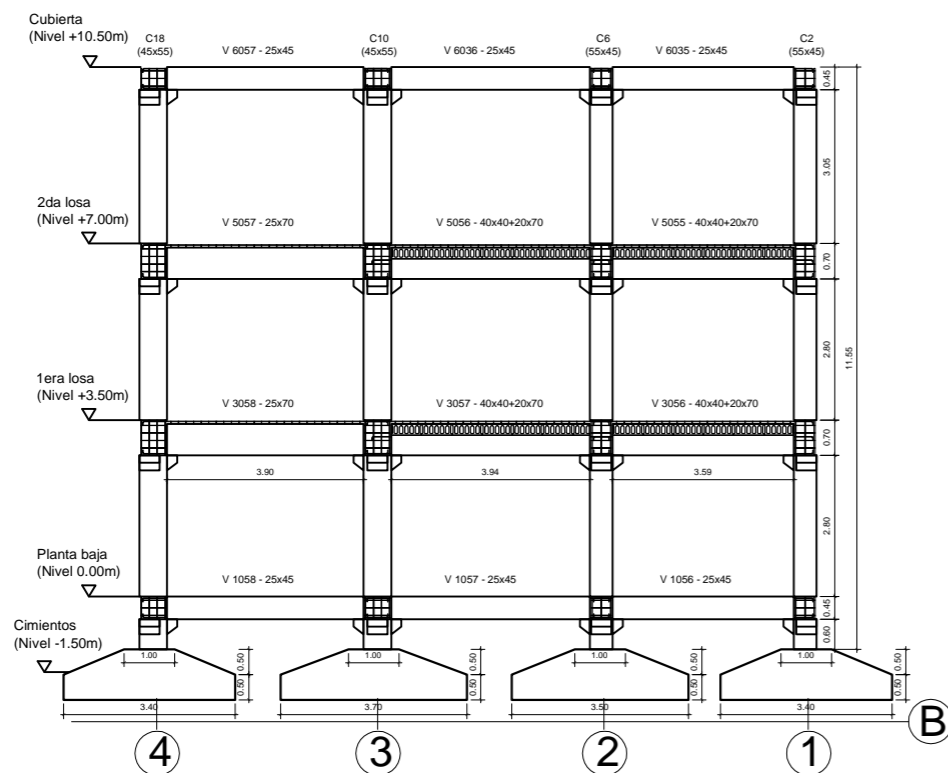
### Eje D - Portico 21



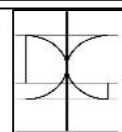
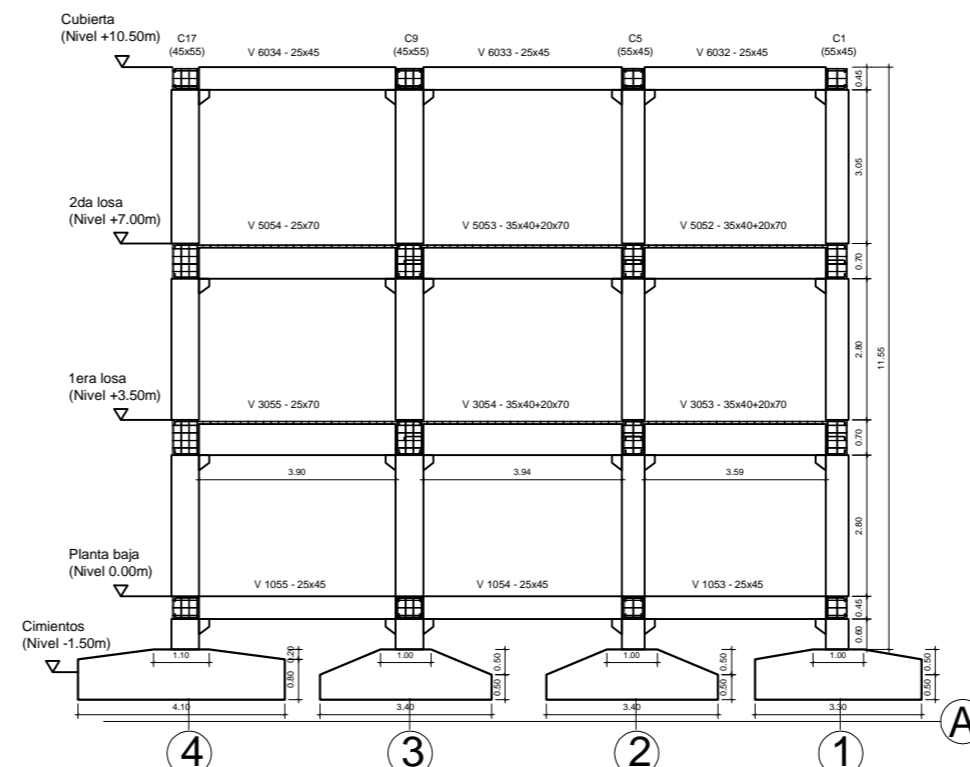
### Eje C - Portico 20



### Eje B - Portico 19



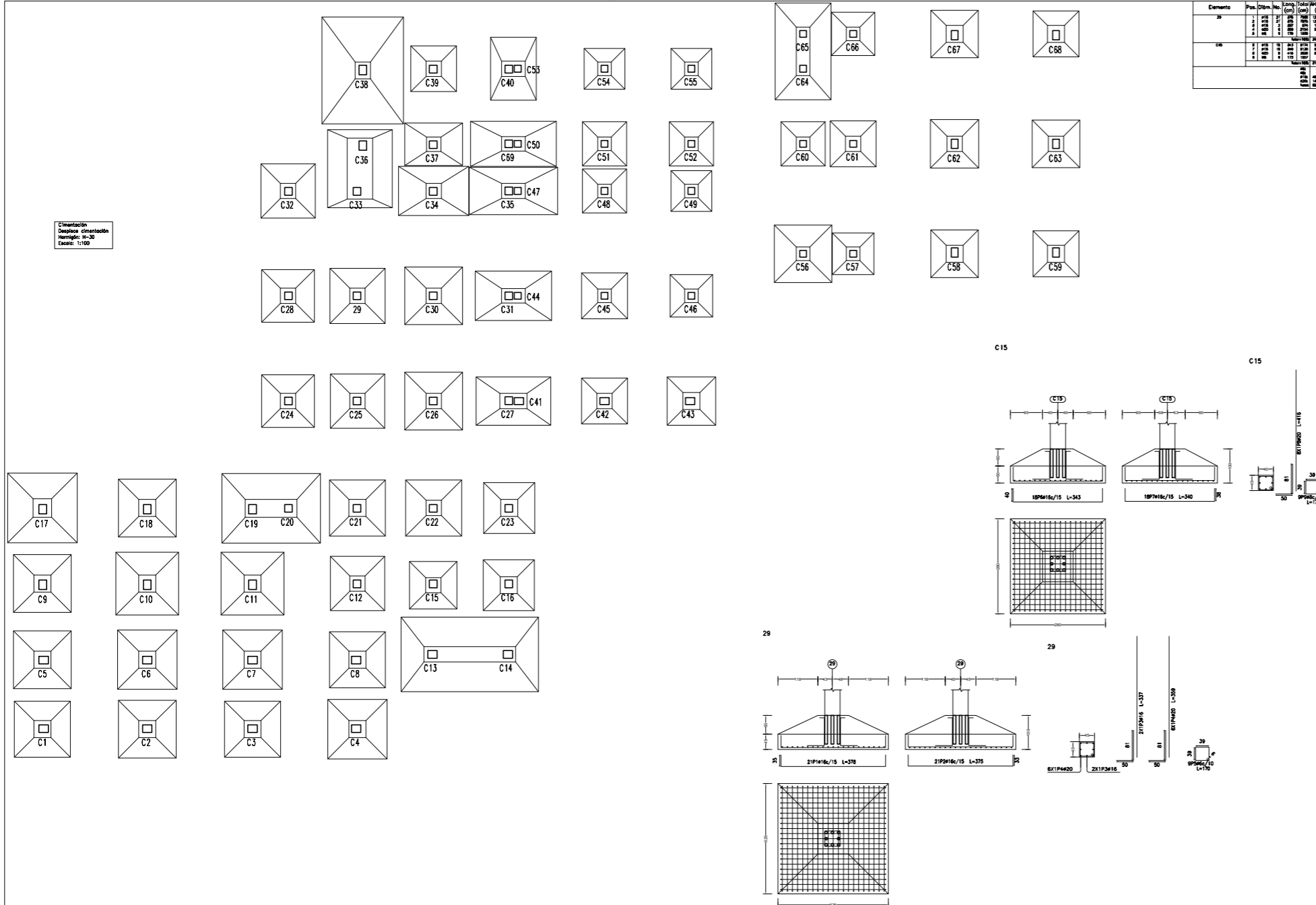
### Eje A - Portico 18



## PLANOS DE ARMADO

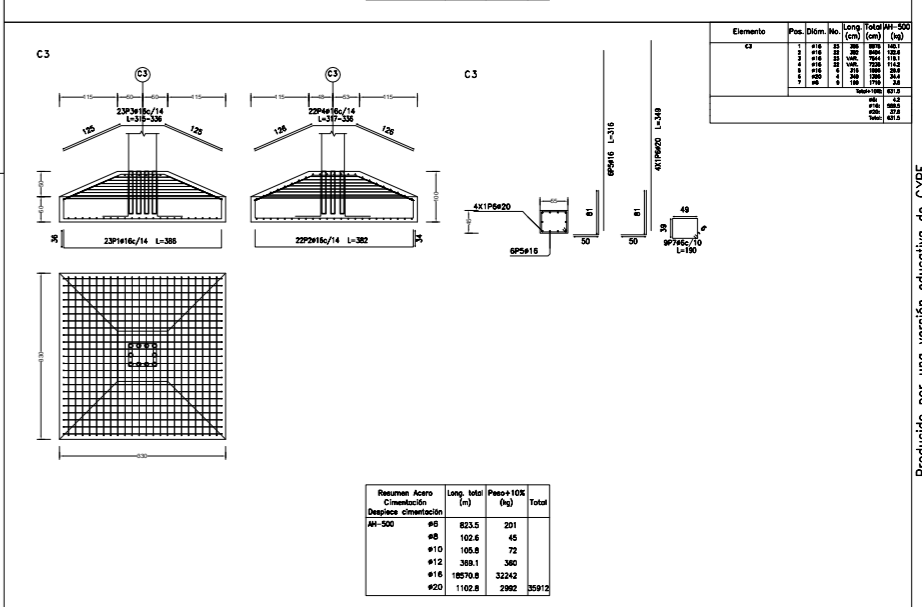
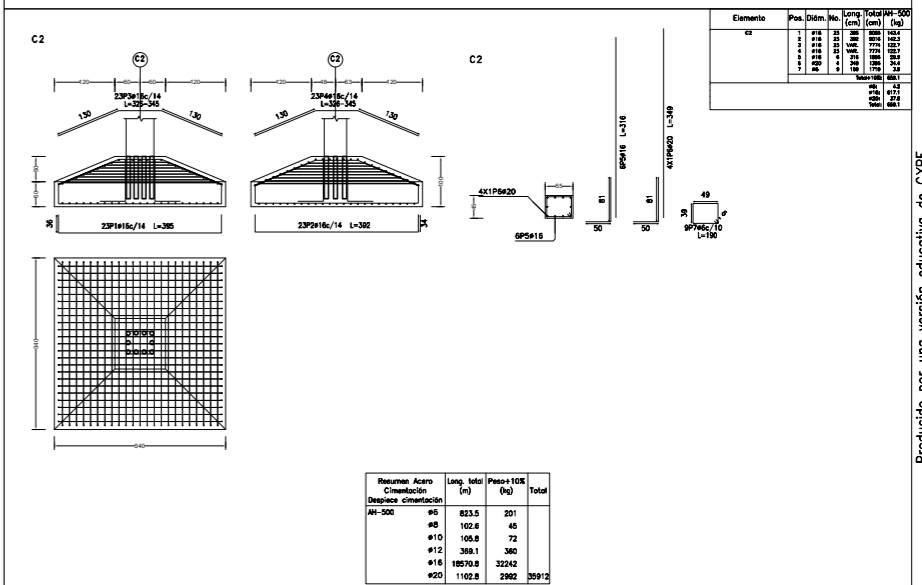
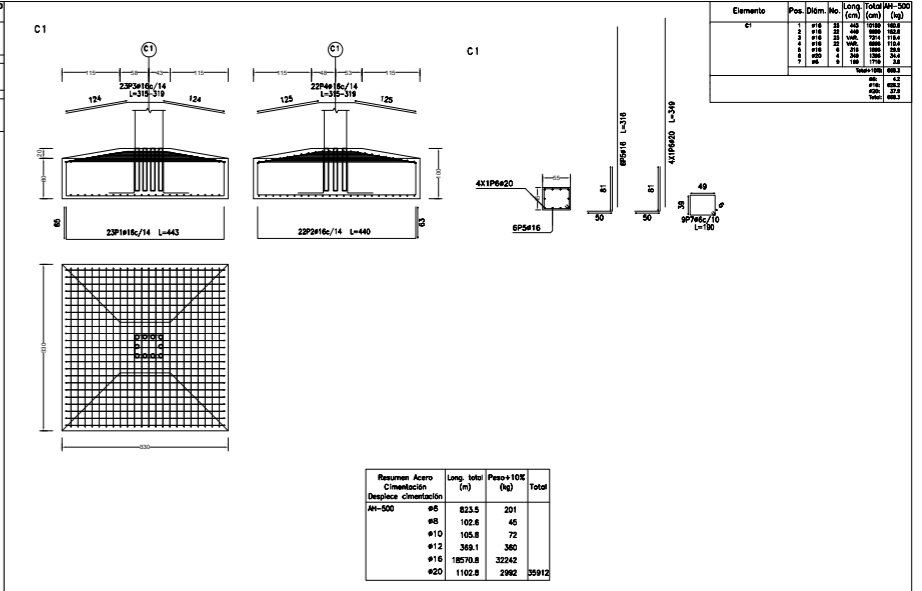
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	1/7	PLANO ARMADO EN LOSAS	1/5
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	2/7	PLANO ARMADO EN LOSAS	2/5
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	3/7	PLANO ARMADO EN LOSAS	3/5
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	4/7	PLANO ARMADO EN LOSAS	4/5
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	5/7	PLANO ARMADO EN LOSAS	5/5
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	6/7	PLANO ARMADO DE ESCALERA	1/1
PLANO ARMADO DE ZAPATAS	7/7		
PLANO CUADRO DE PILARES	1/1		
PLANO ARMADO DE VIGAS ARRIOSTRE PLANTA BAJA	1/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS ARRIOSTRE PLANTA BAJA	2/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS ARRIOSTRE PLANTA BAJA	3/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS ARRIOSTRE PLANTA BAJA	4/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	5/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	6/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	7/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	8/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	9/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 1ER NIVEL O 1ERA LOSA	10/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 2DO NIVEL O 2DA LOSA	11/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 2DO NIVEL O 2DA LOSA	12/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 2DO NIVEL O 2DA LOSA	13/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS 2DO NIVEL O 2DA LOSA	14/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS CUBIERTA	15/16		
PLANO ARMADO DE VIGAS CUBIERTA	16/16		



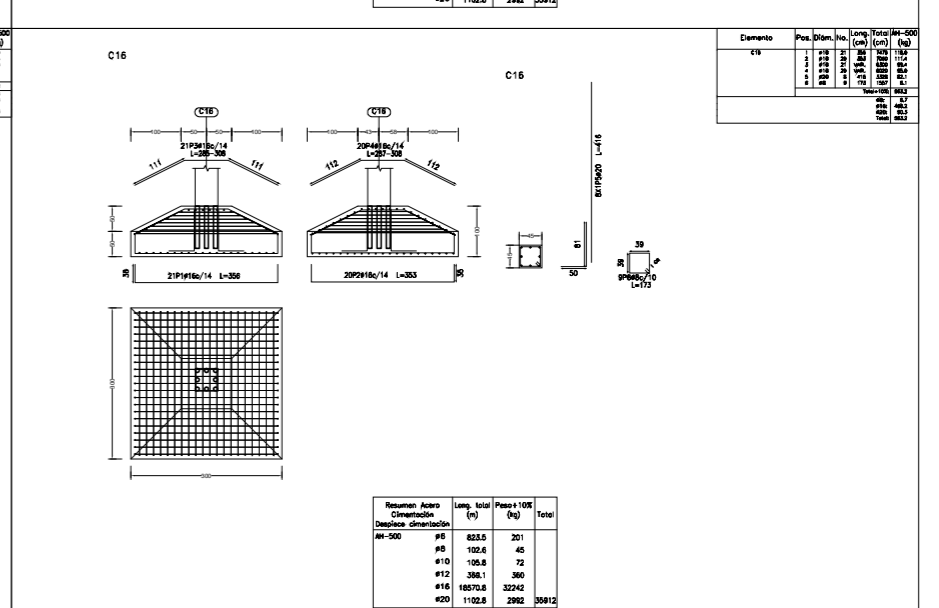
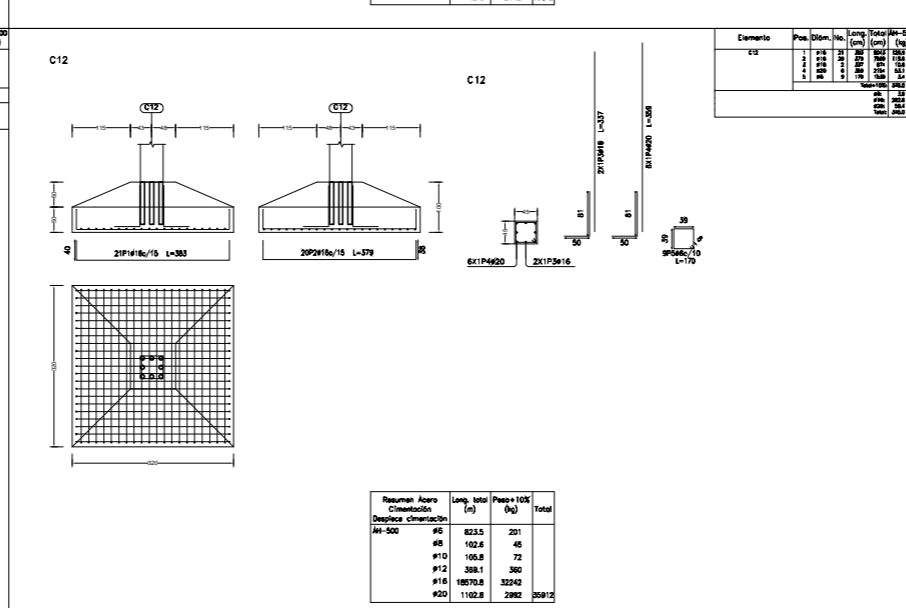
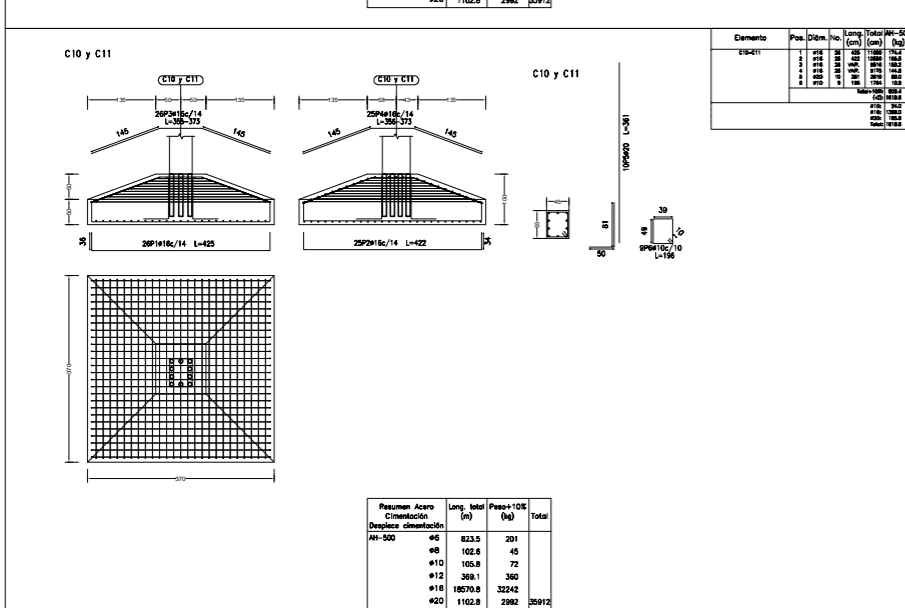
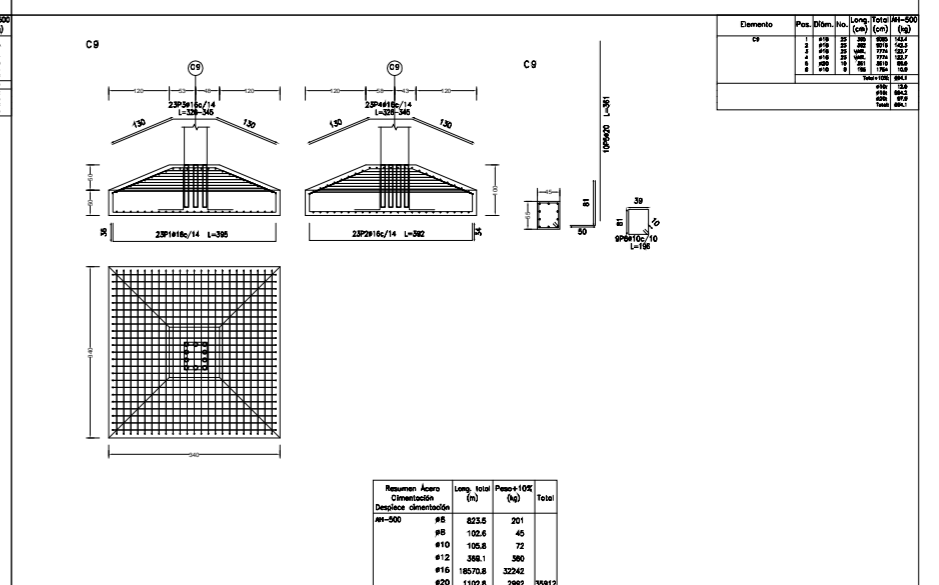
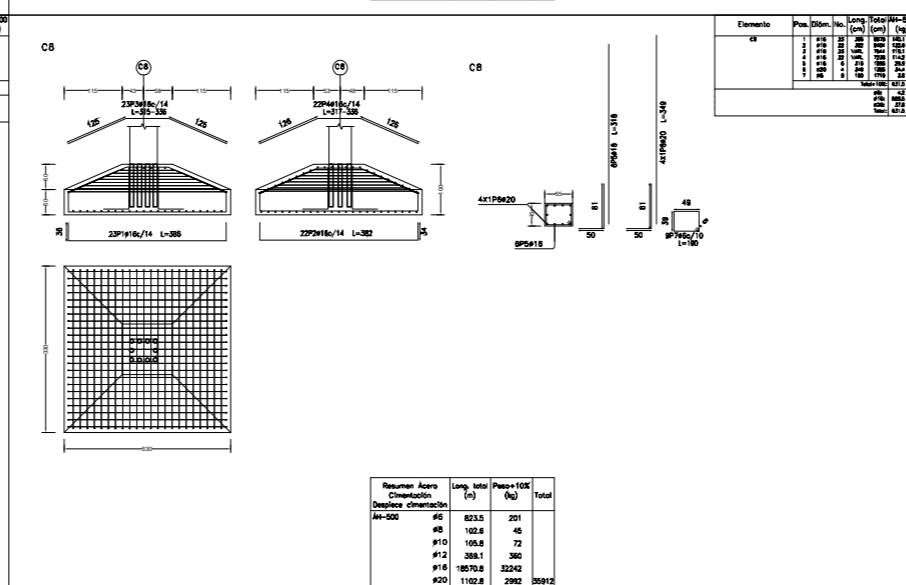
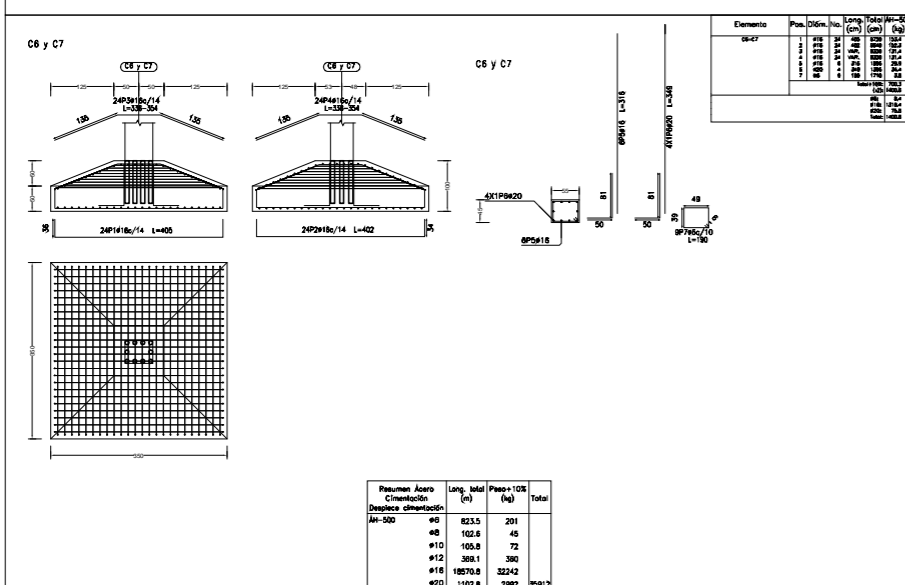
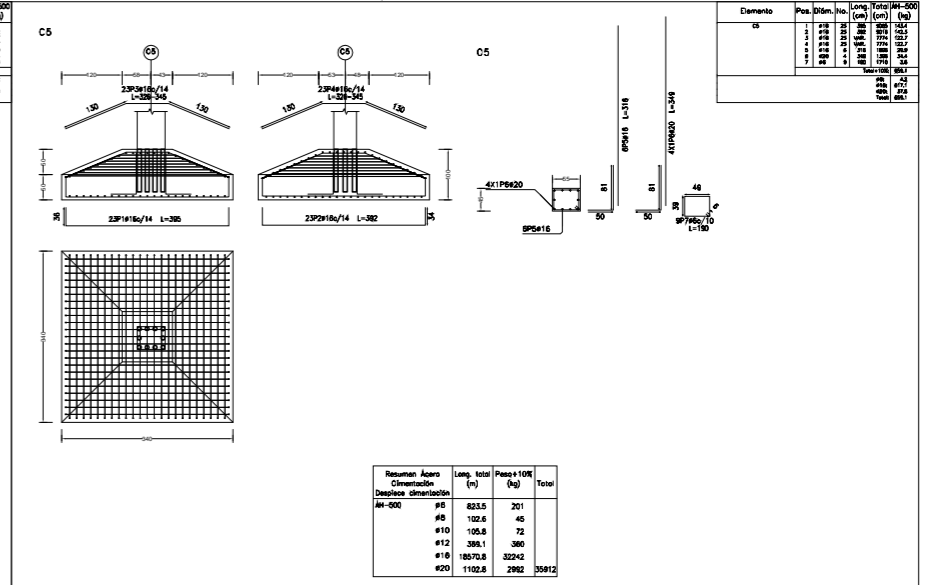
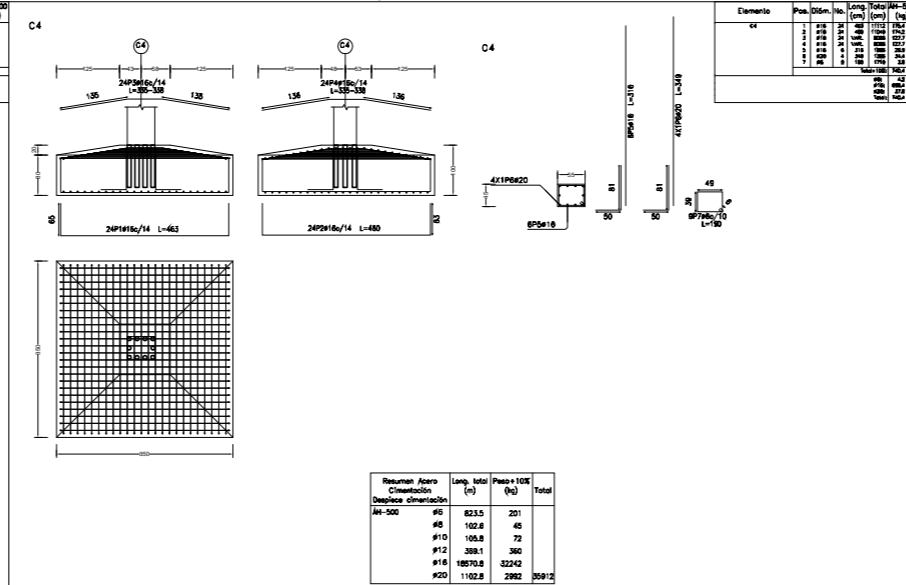
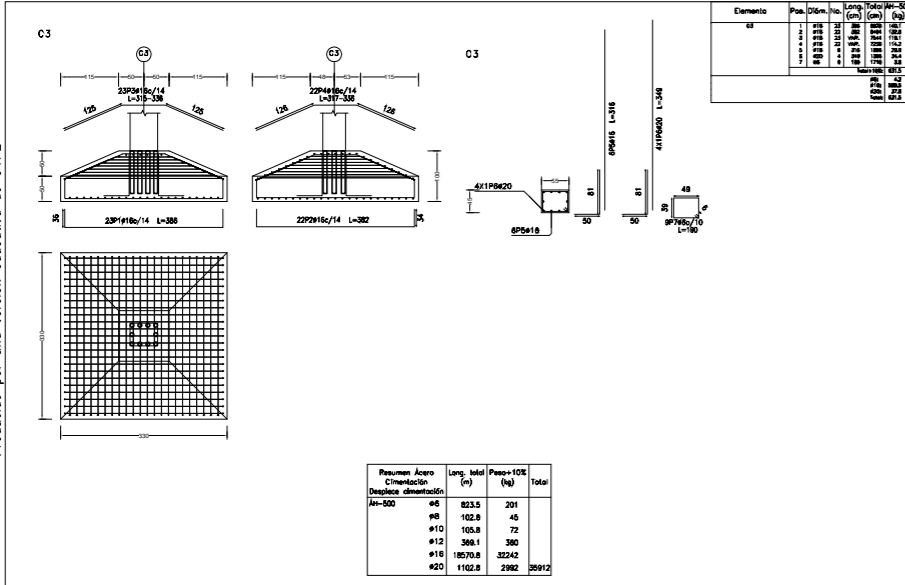


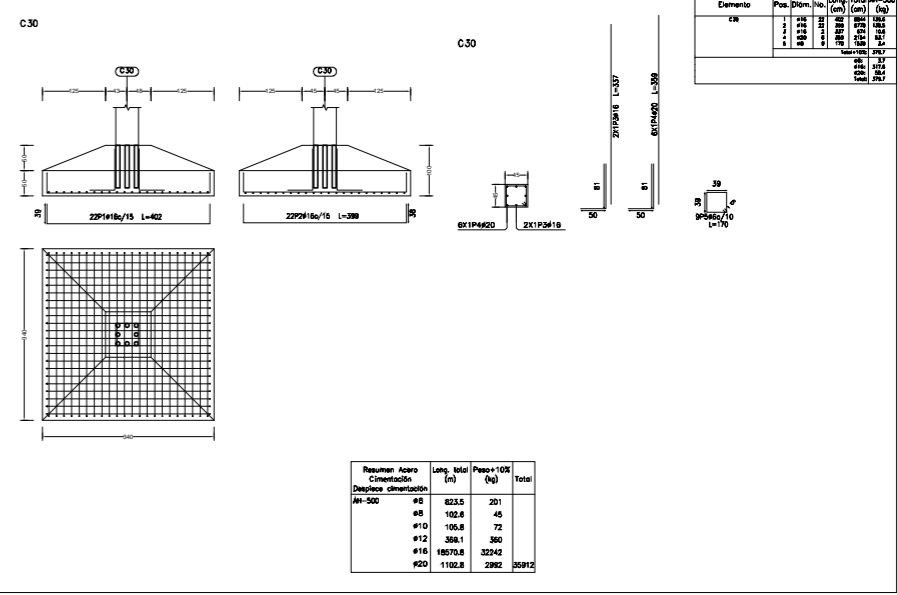
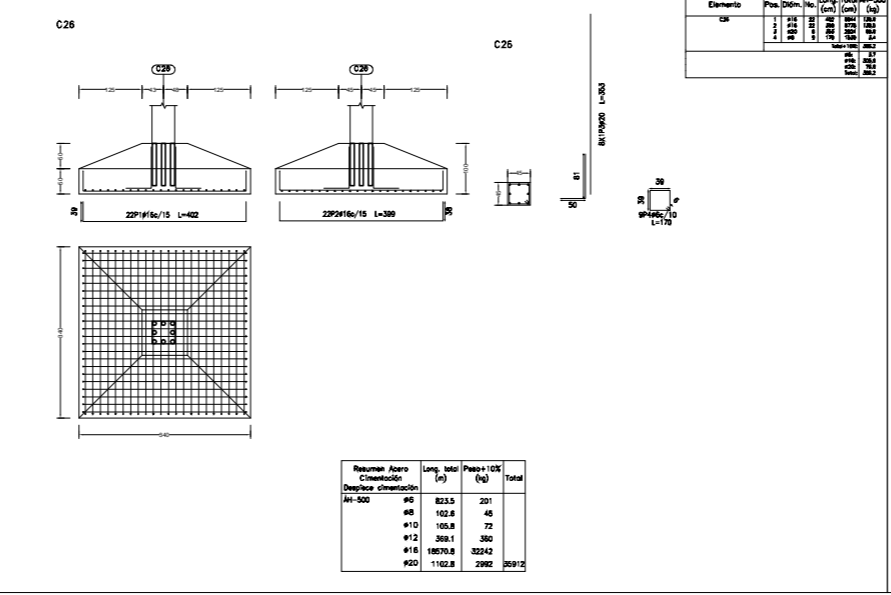
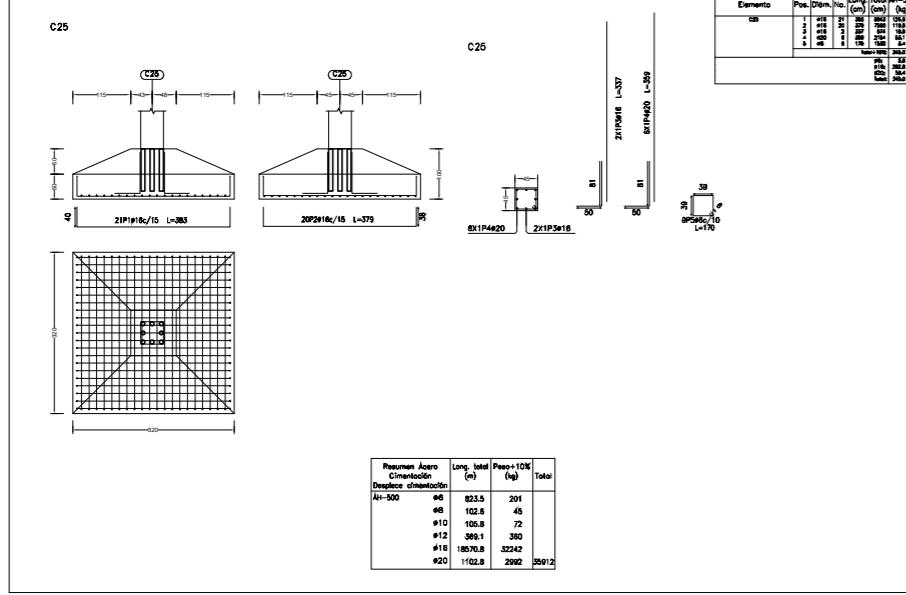
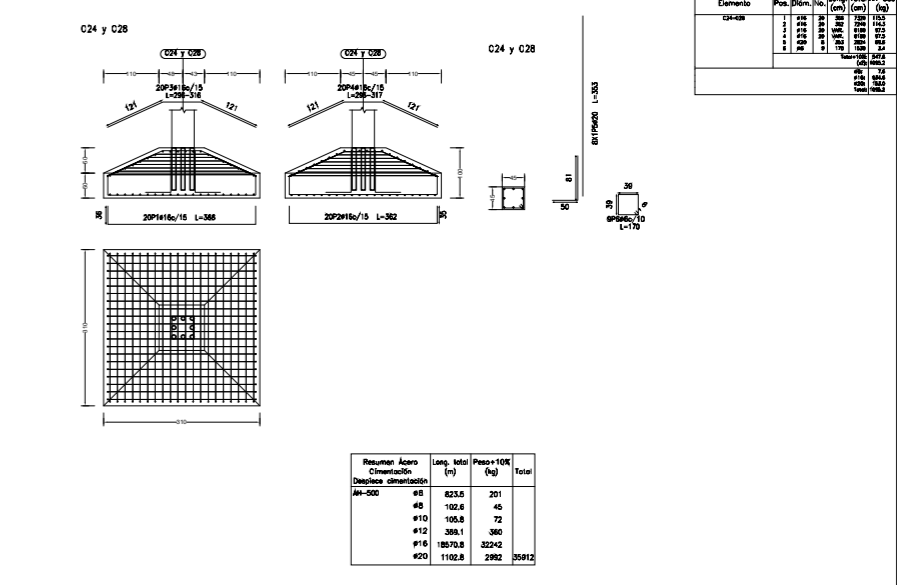
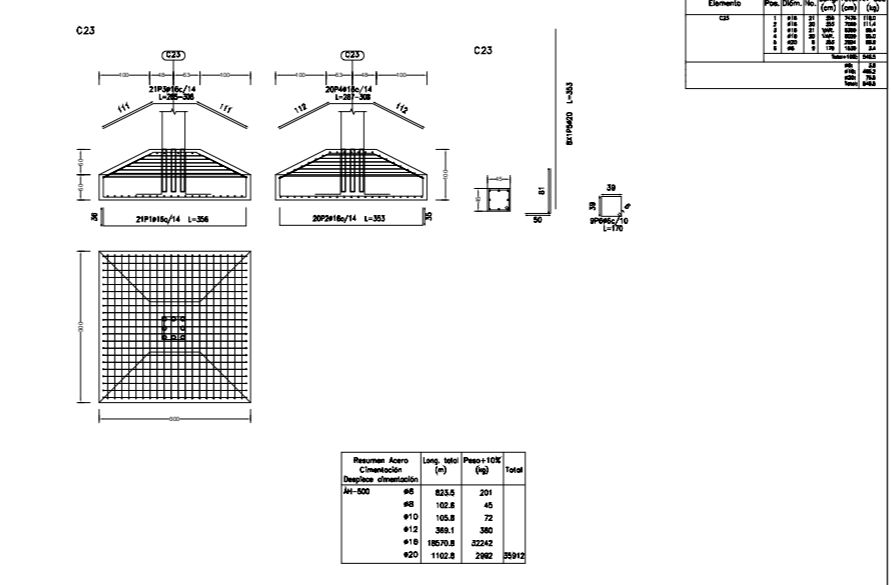
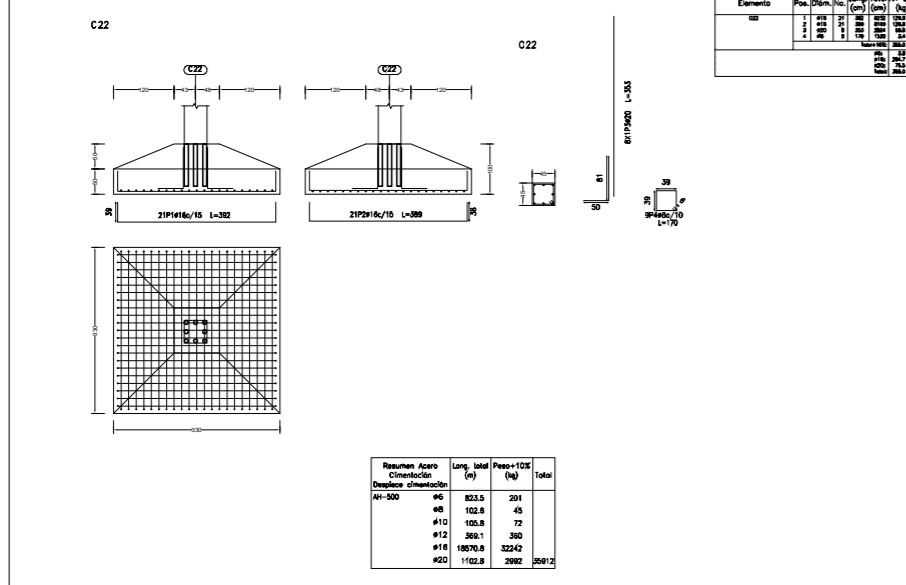
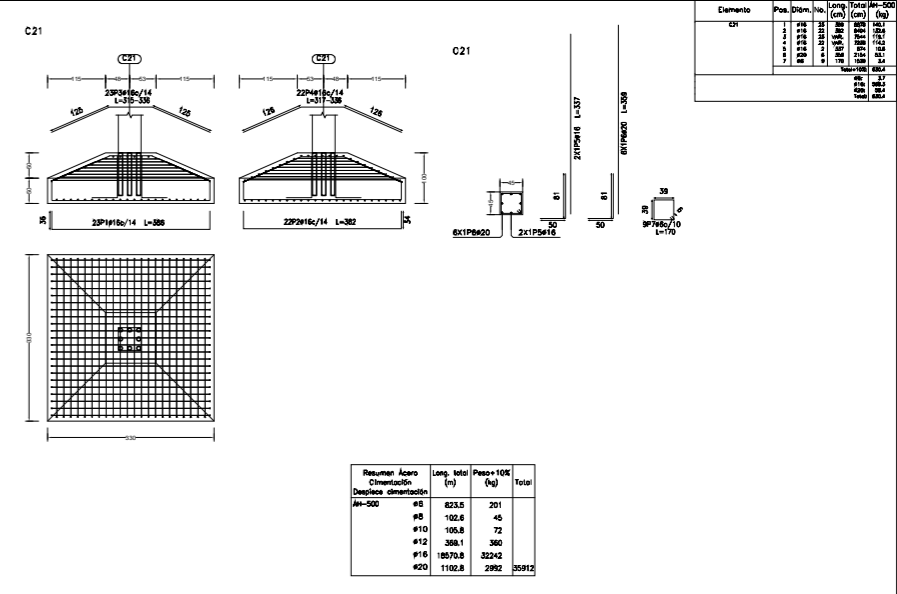
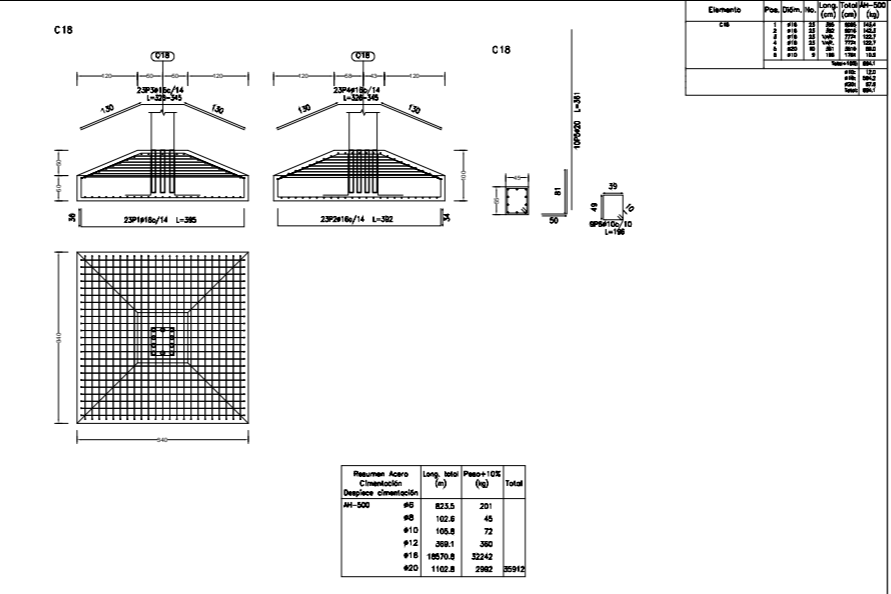
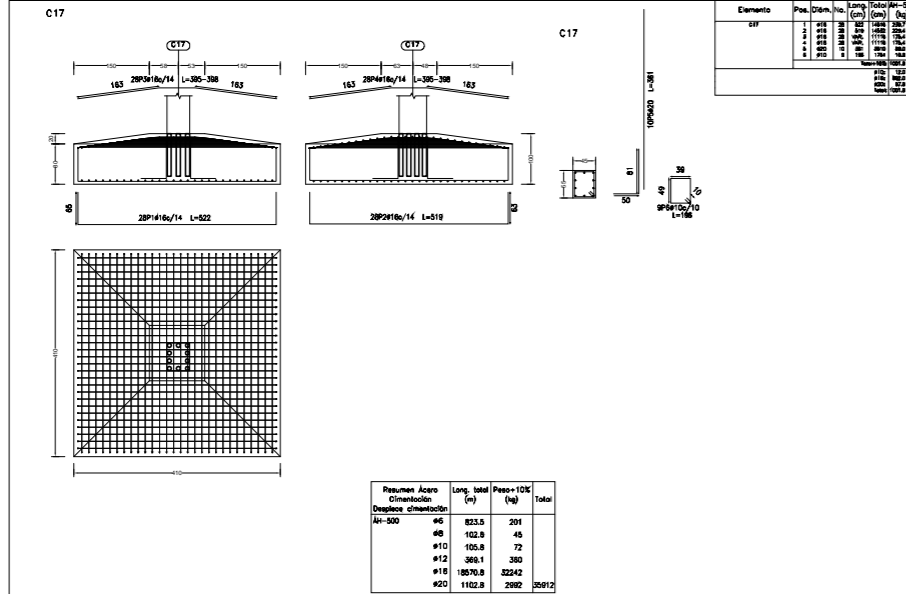
Cimentación  
Desplaza cimentación  
Horizontal: H=30  
Escala: 1:100

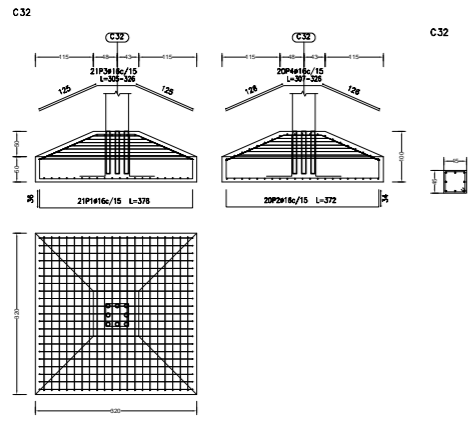
Elemento	Pos.	Dim.	No.	Long.	Total
28					
18					





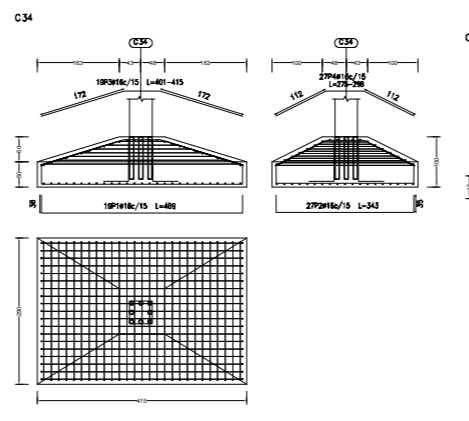






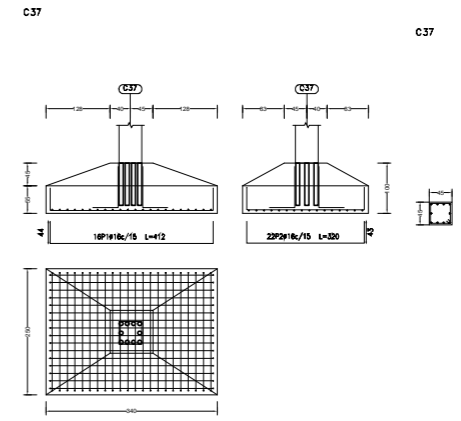
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C32							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



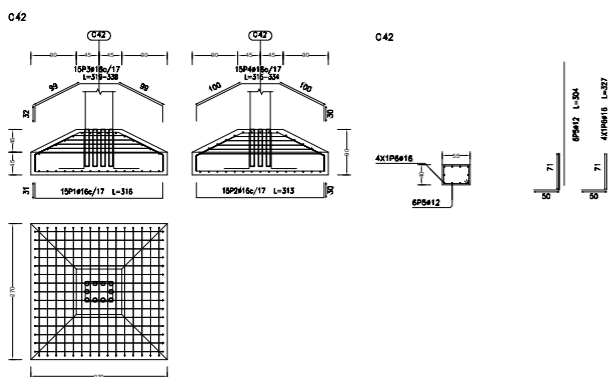
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C34							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



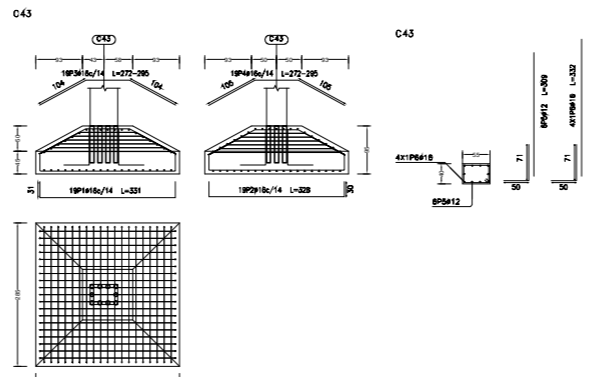
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C37							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



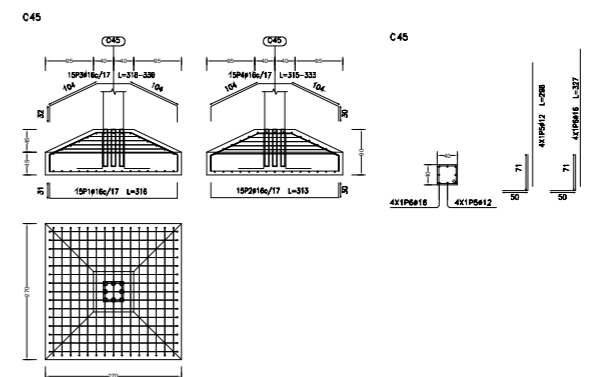
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C42							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



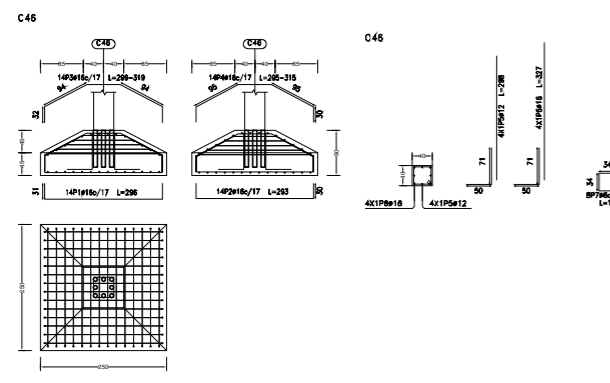
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C43							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



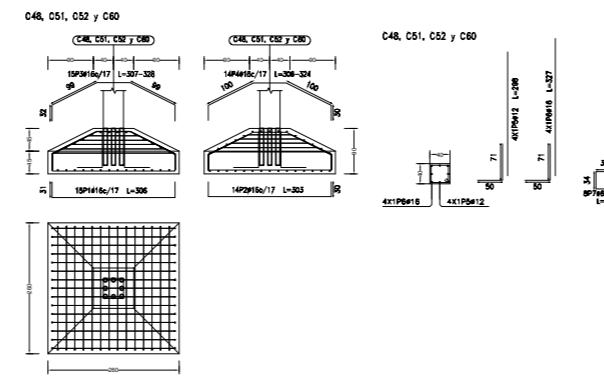
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C45							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



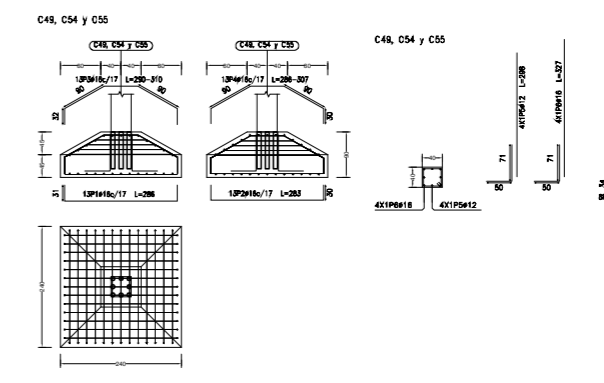
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C46							

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912



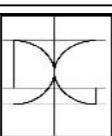
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C48, C51, C52 y C60							

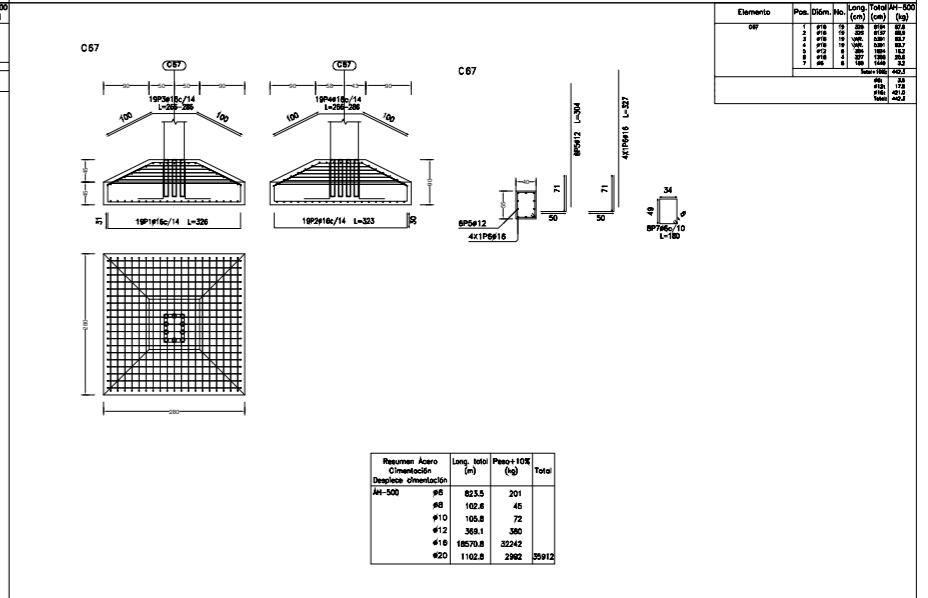
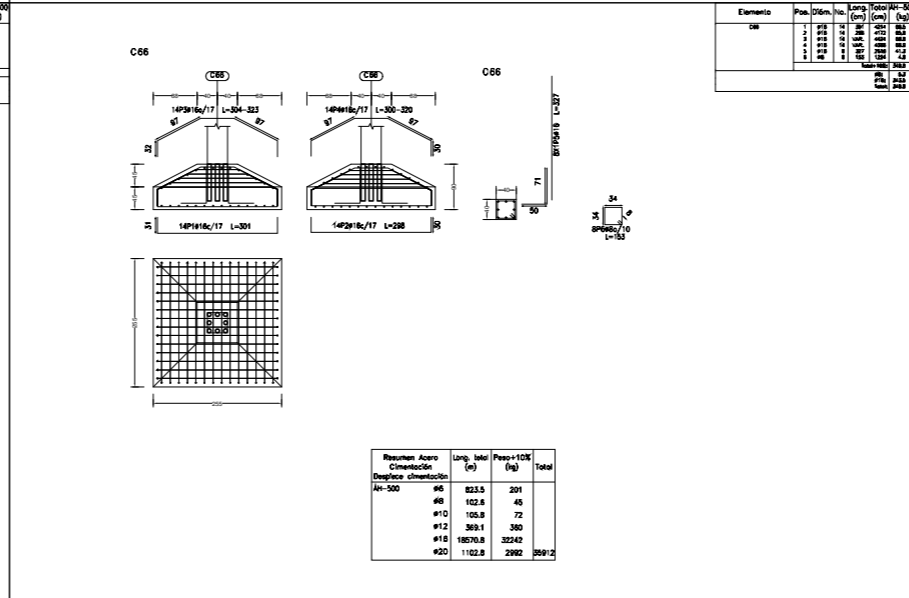
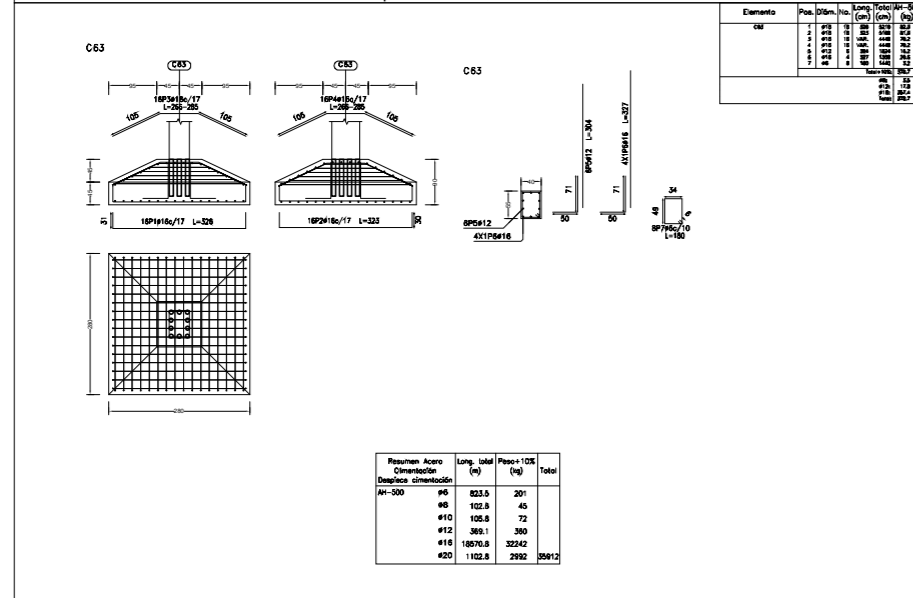
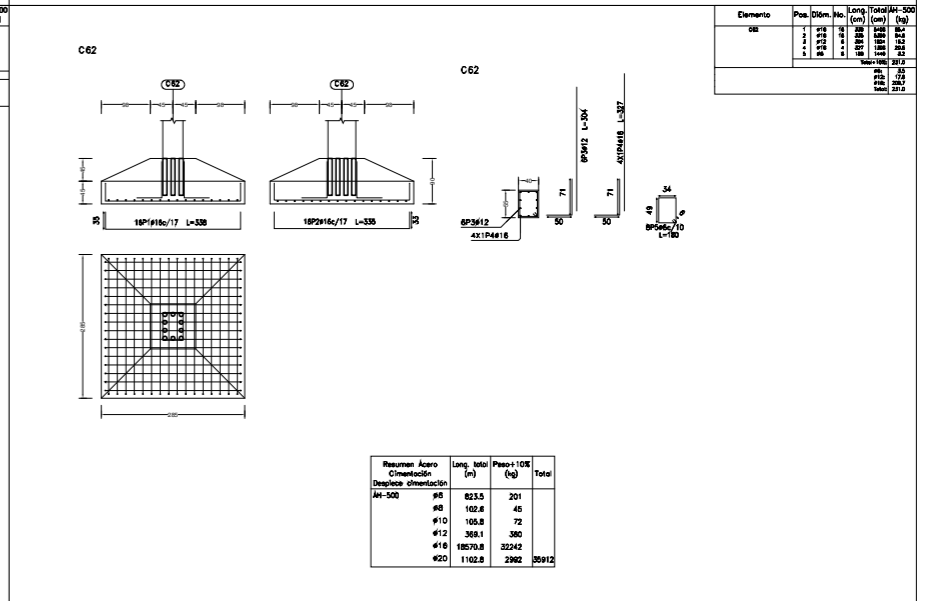
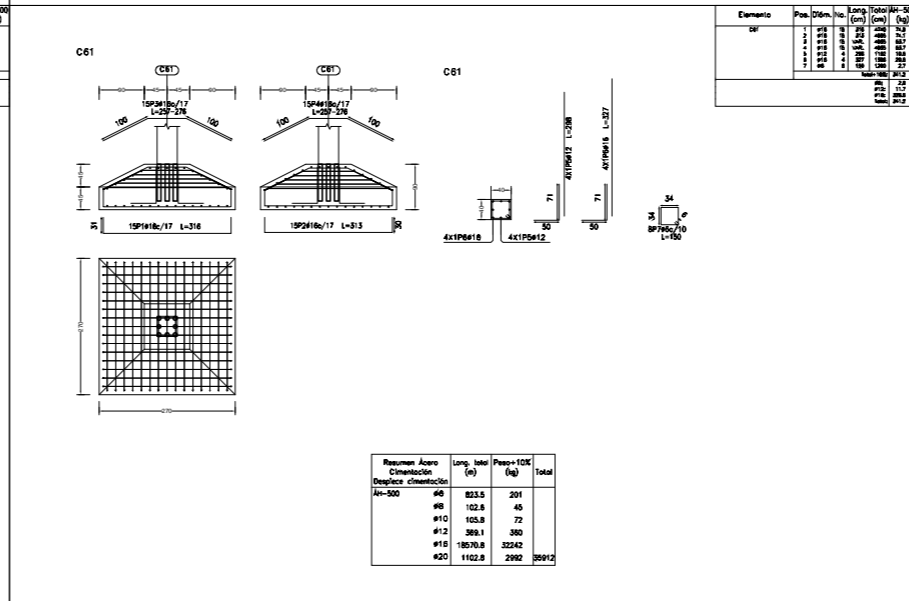
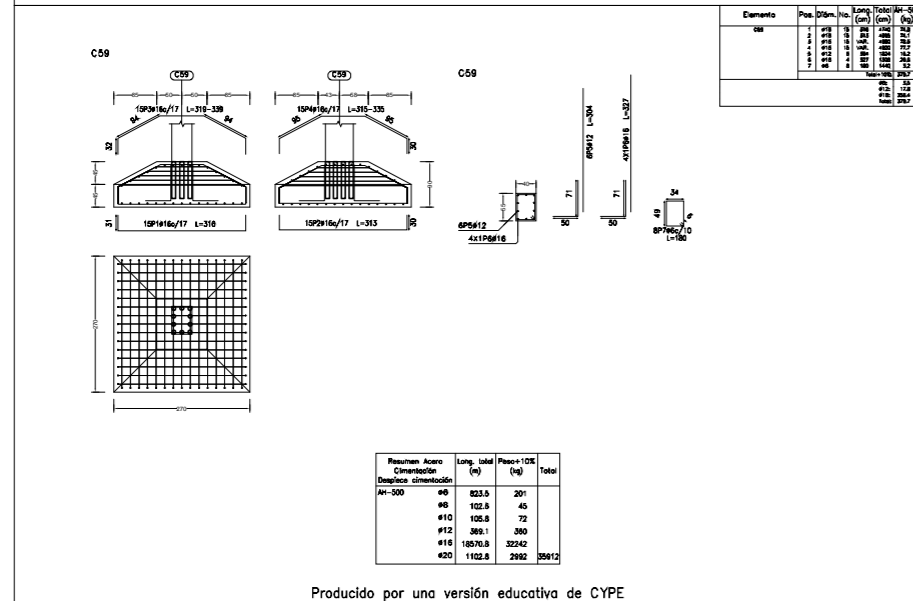
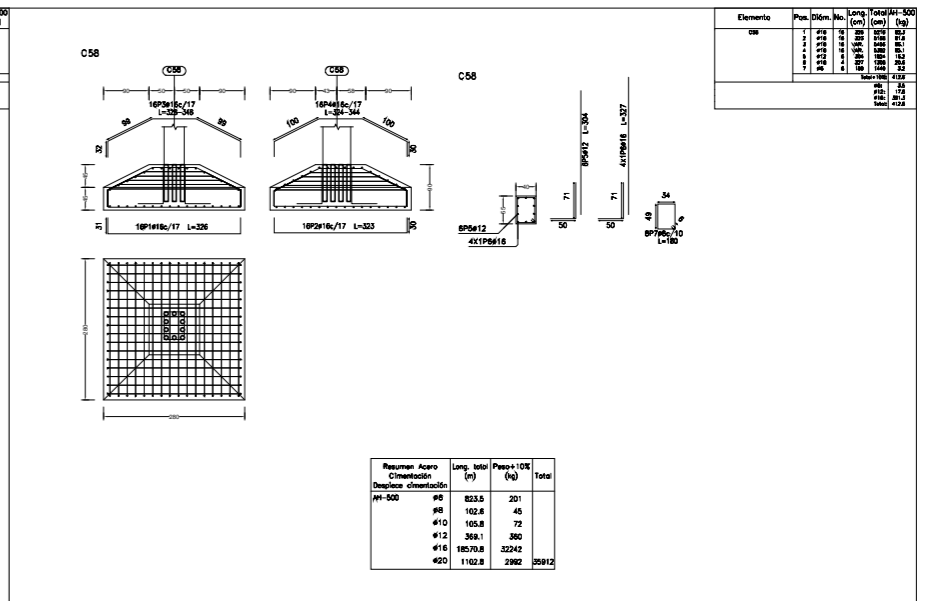
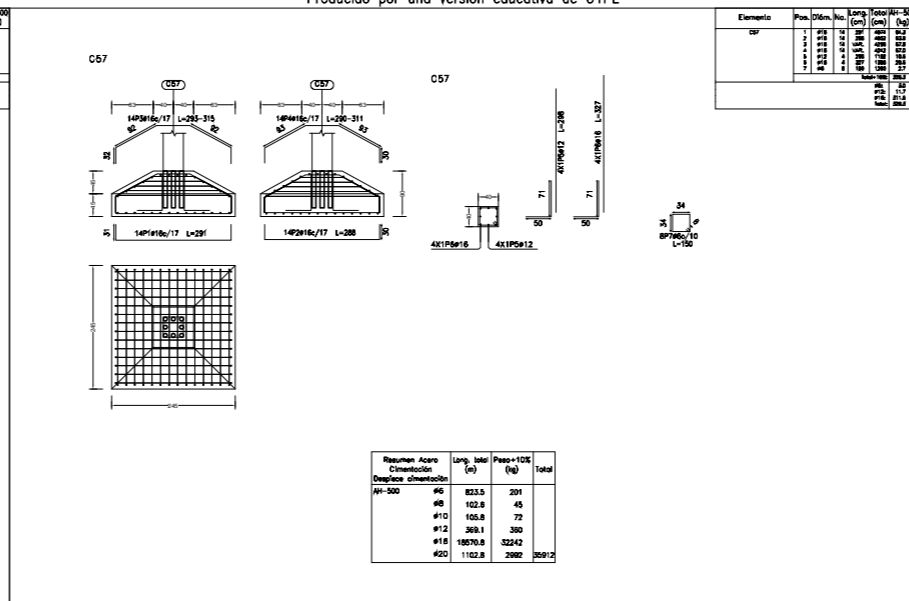
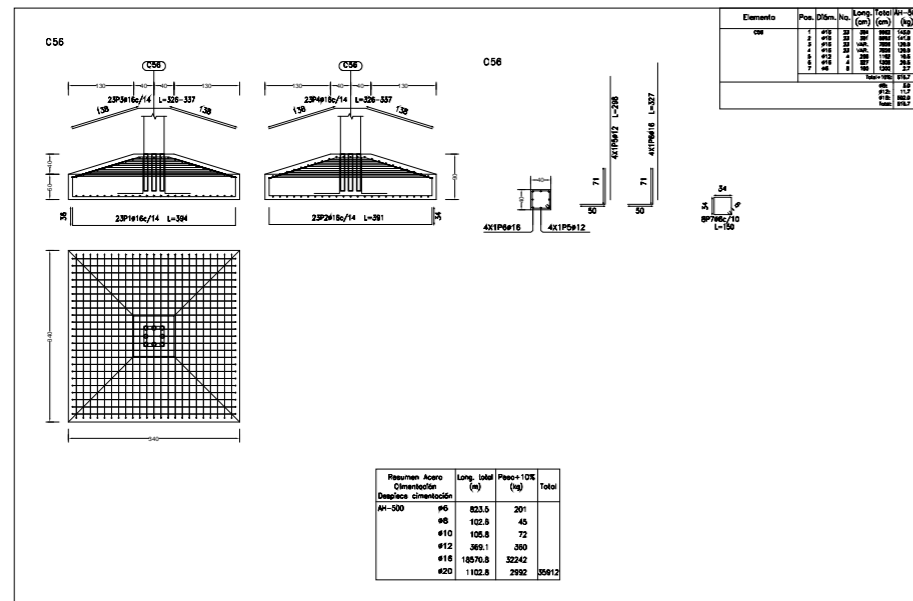
Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912

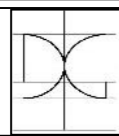
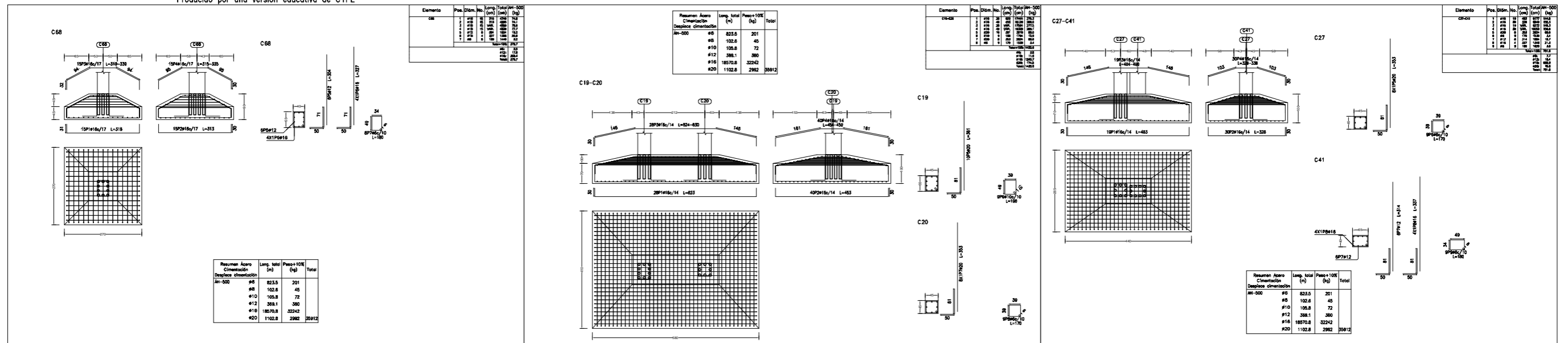
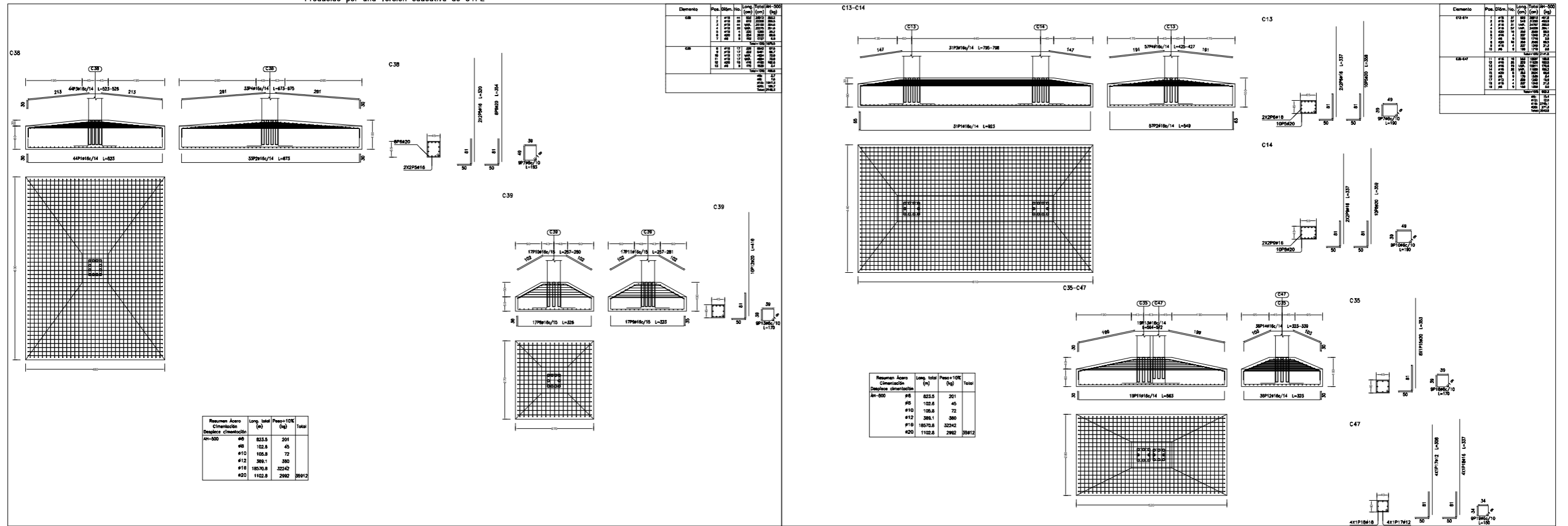


Elemento	Pos.	Dím.	No.	Long. (m)	Sección	Ar-500	Ar-500
C49, C54 y C55							

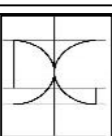
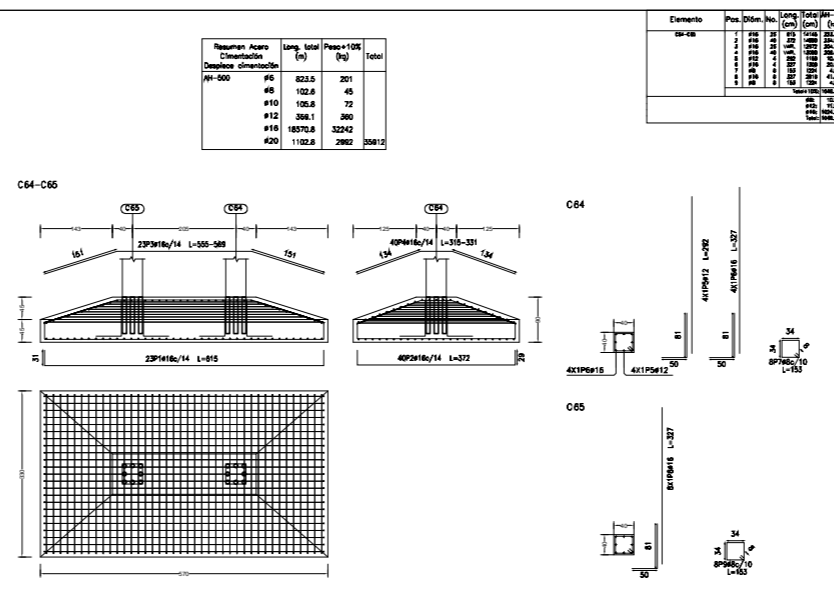
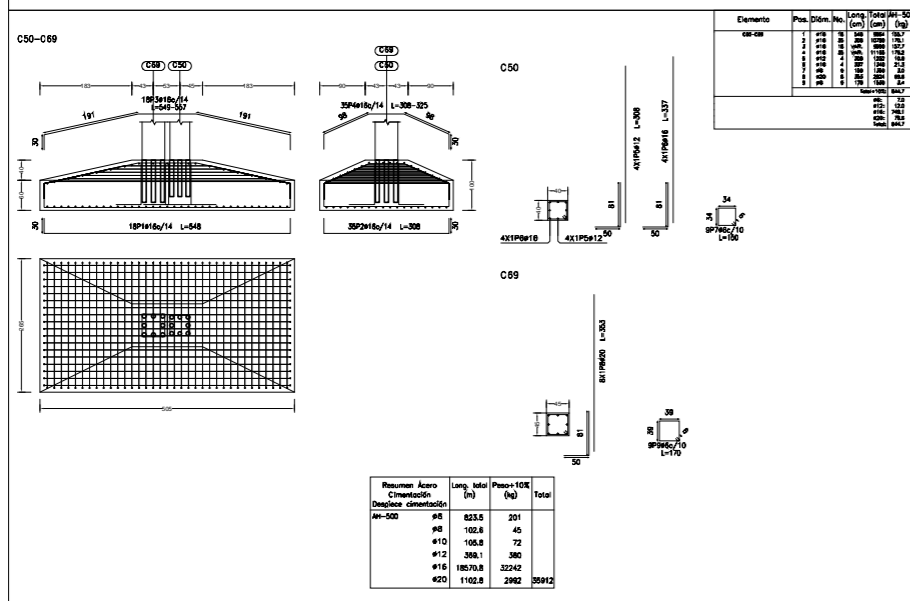
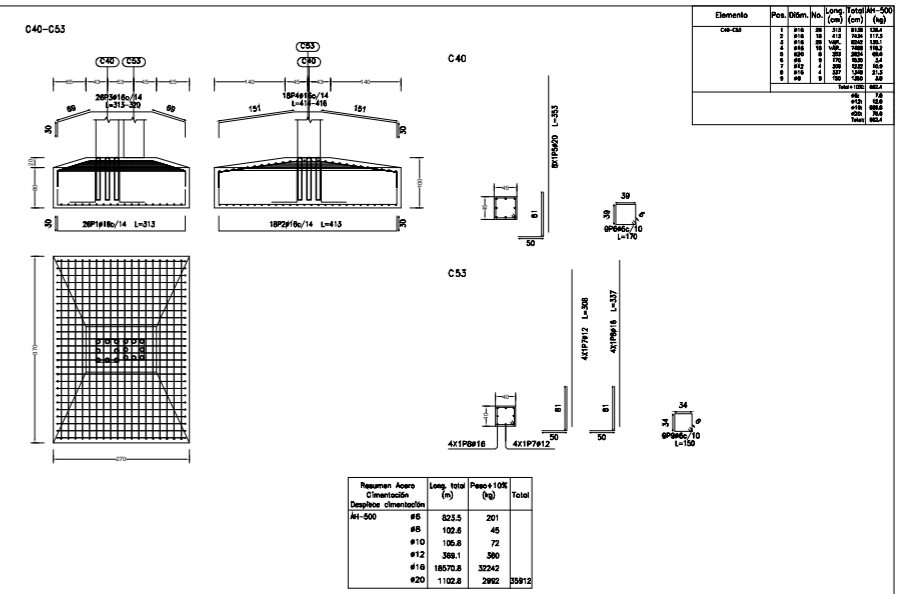
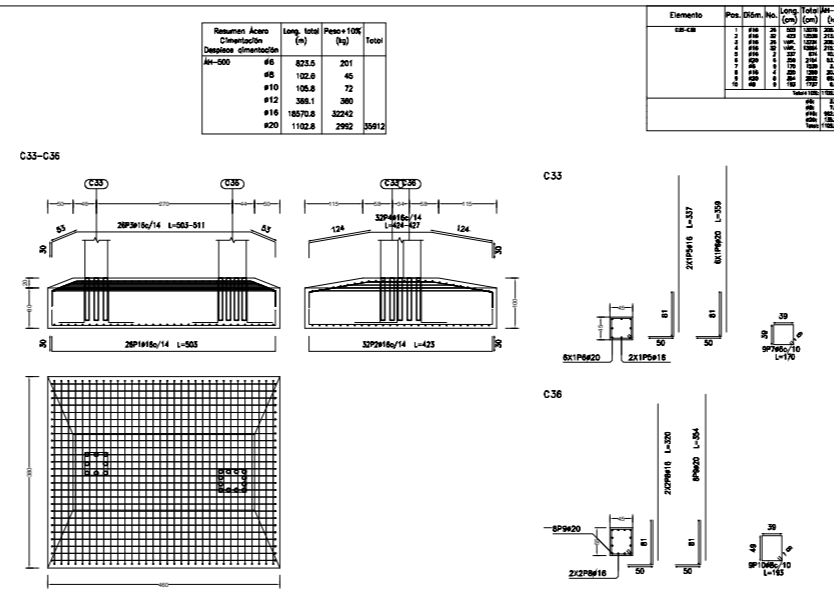
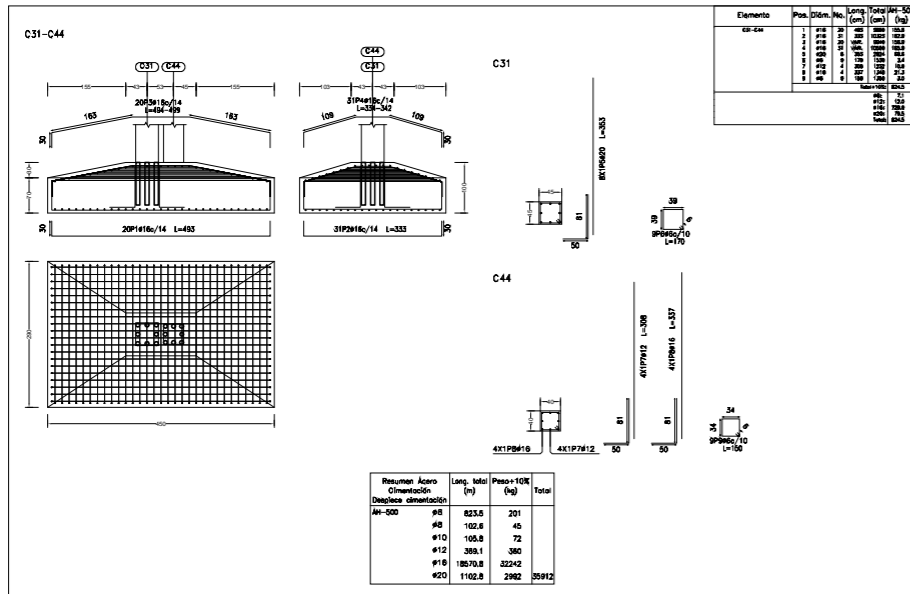
Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Ar-500	823.5	201	
#6	102.8	45	
#10	105.8	72	
#12	368.1	360	
#16	18570.8	32242	
#20	1102.8	2992	30912

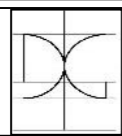
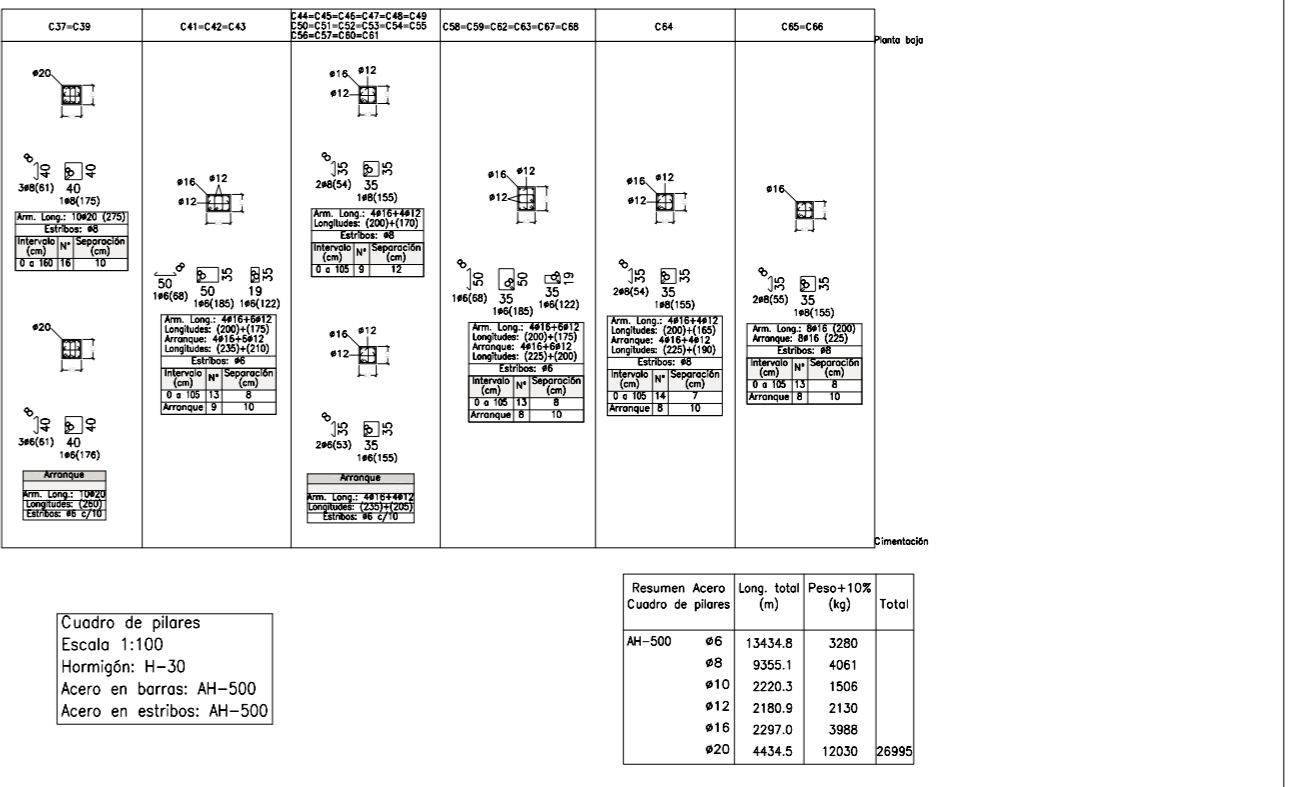
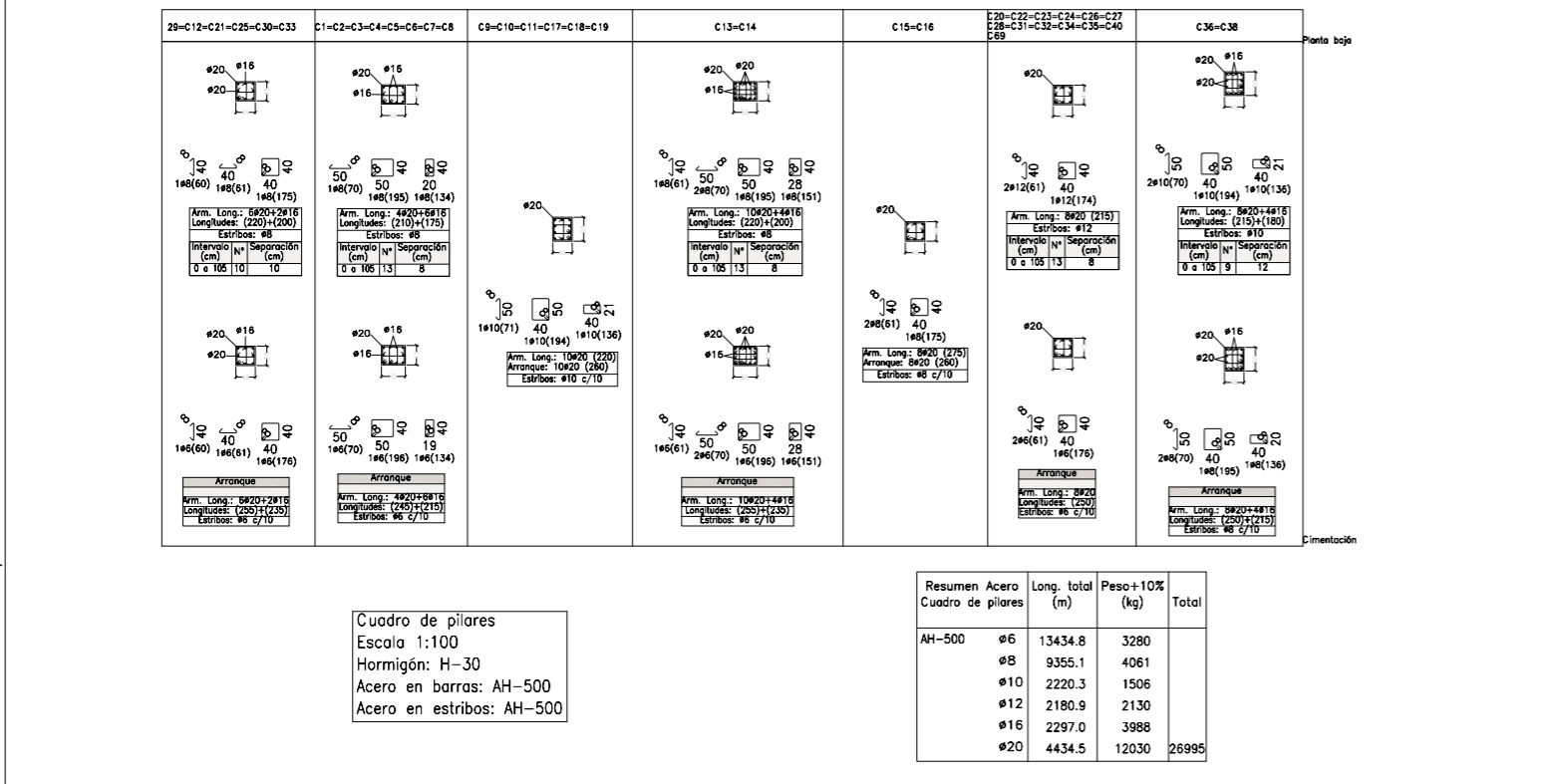
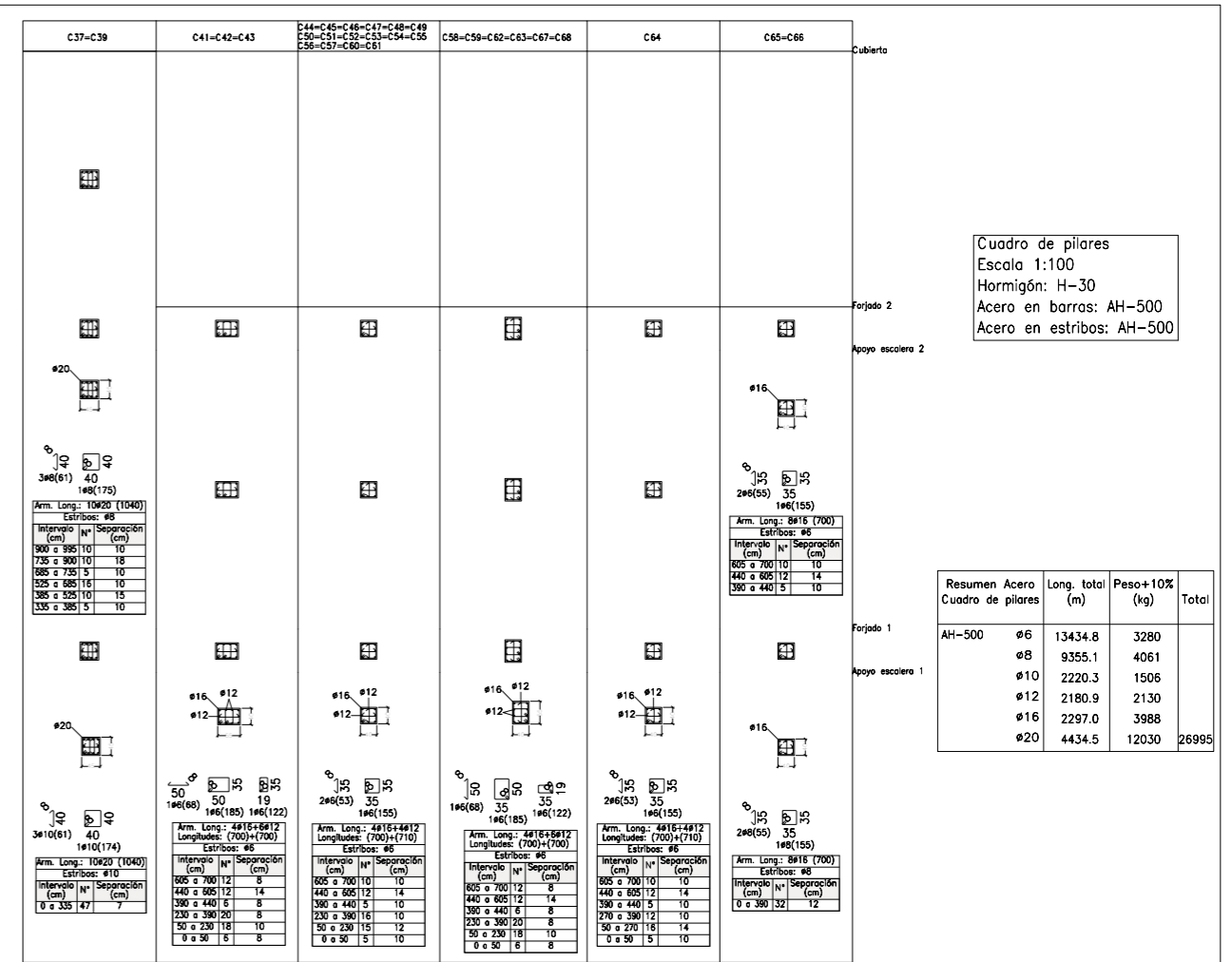
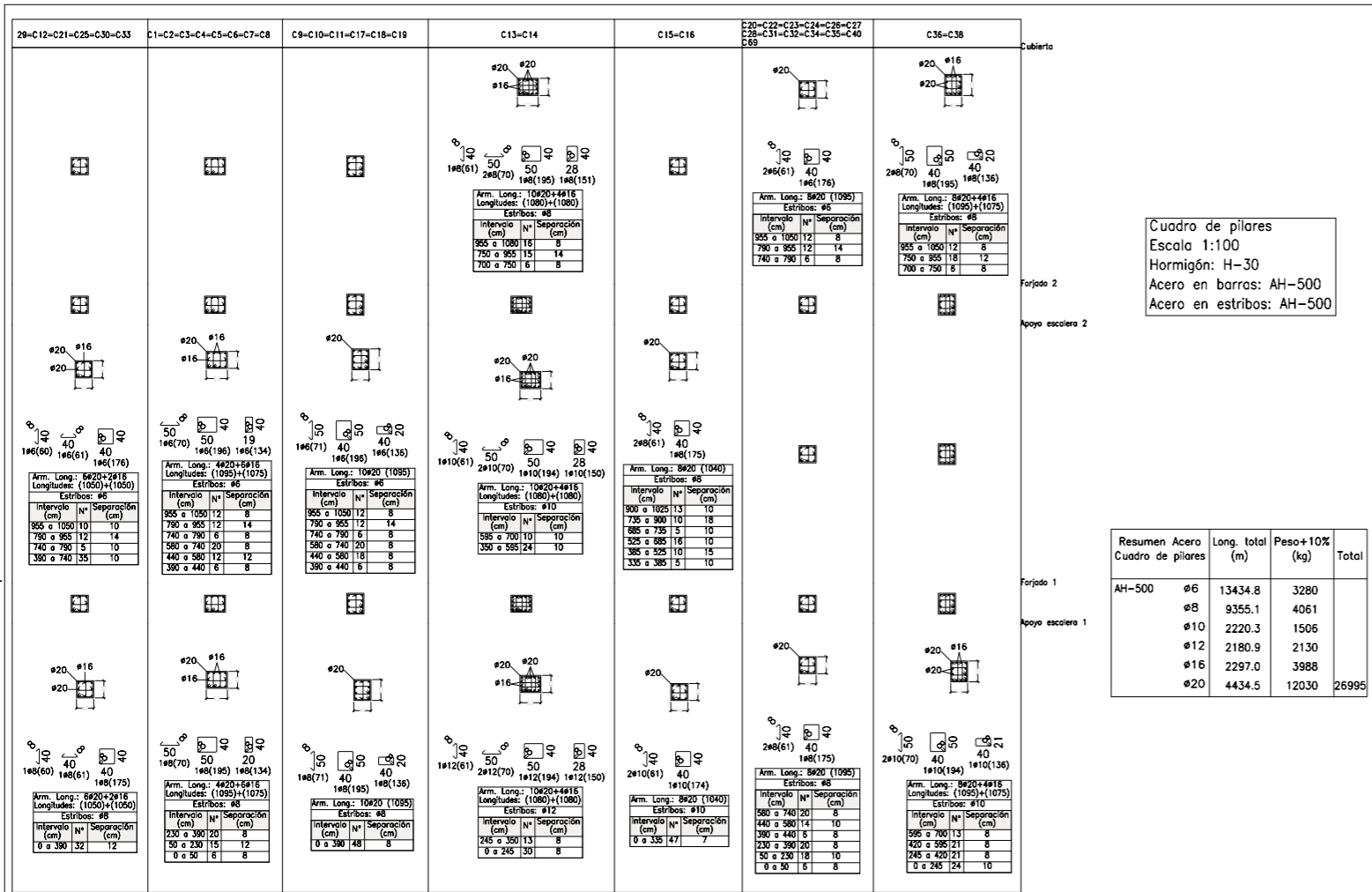


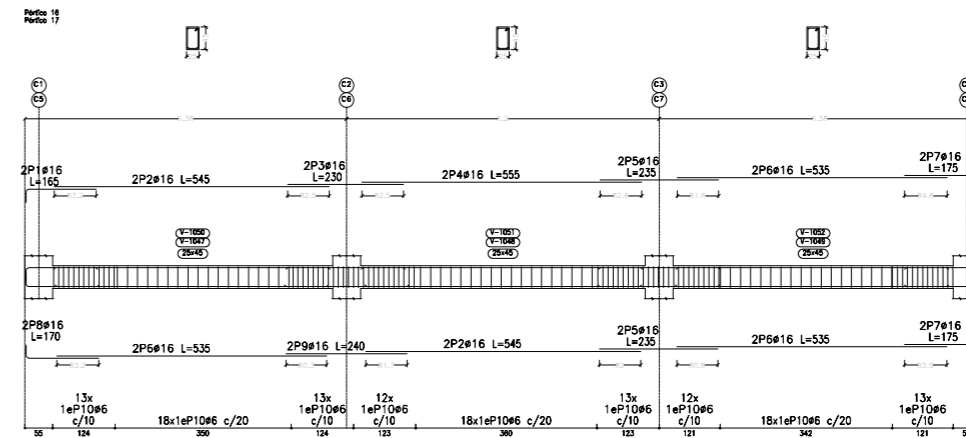
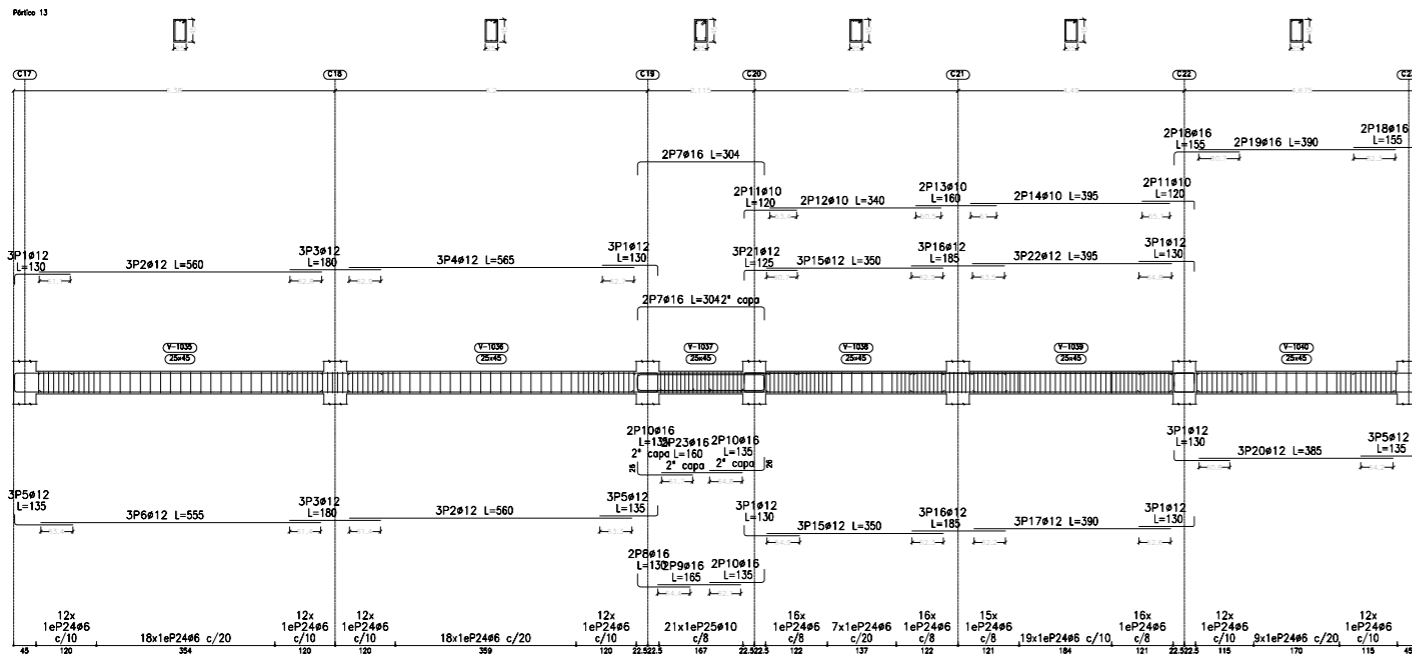




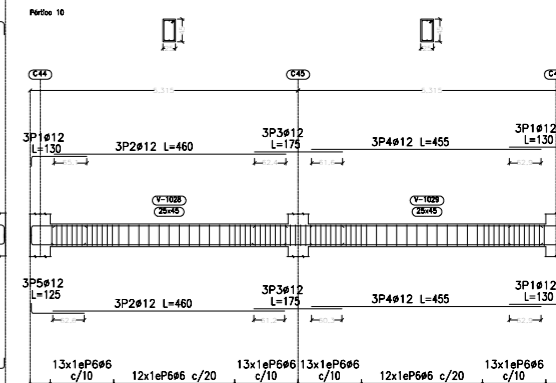
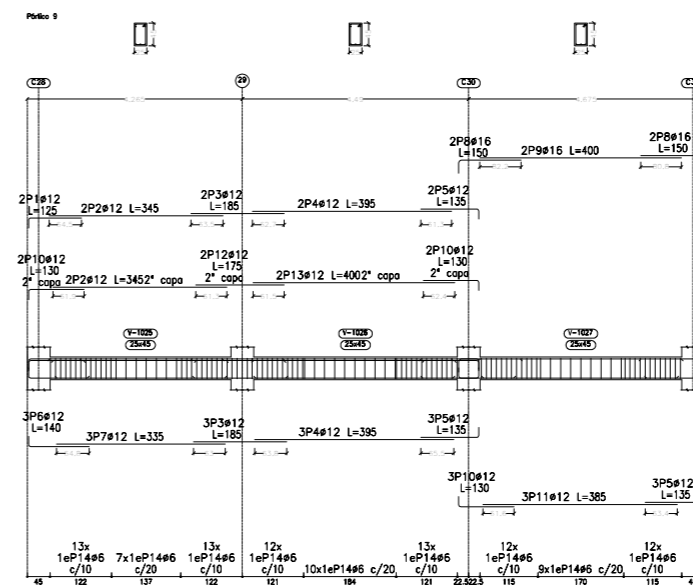
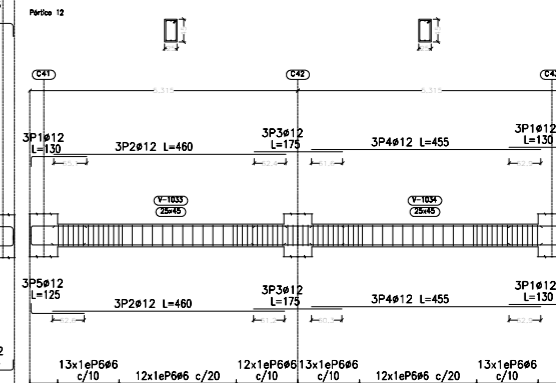
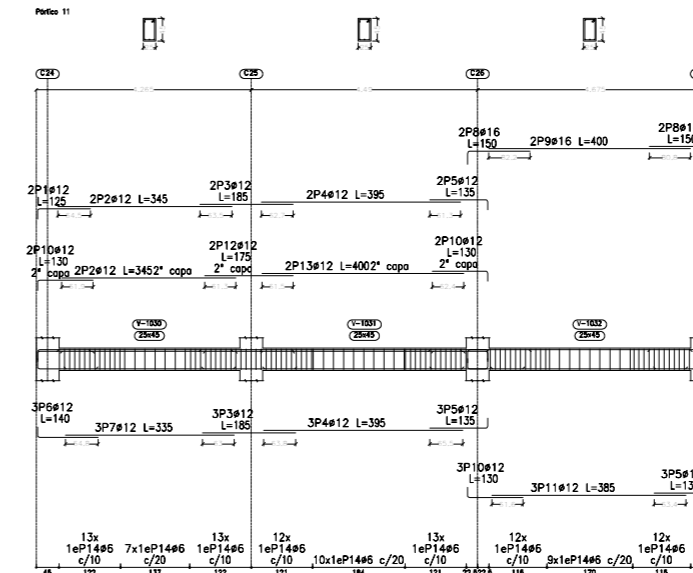
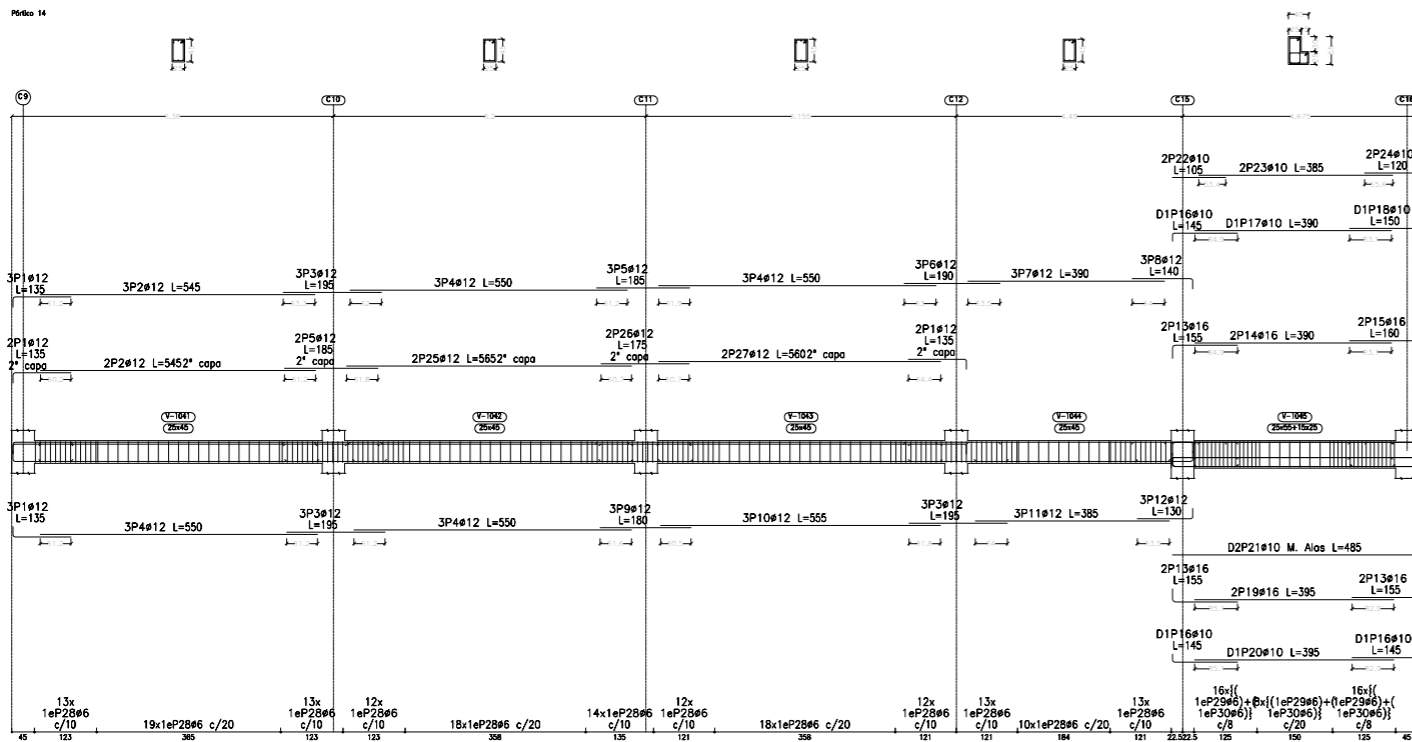




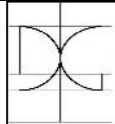




Planta baja  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas de arriostre  
 Nivel: +0.00



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
 CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
 INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
 MASTER UNIVERSITARIO EN  
 INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
 CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
 ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
 CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
 PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
 EDUCACION EN BOLIVIA

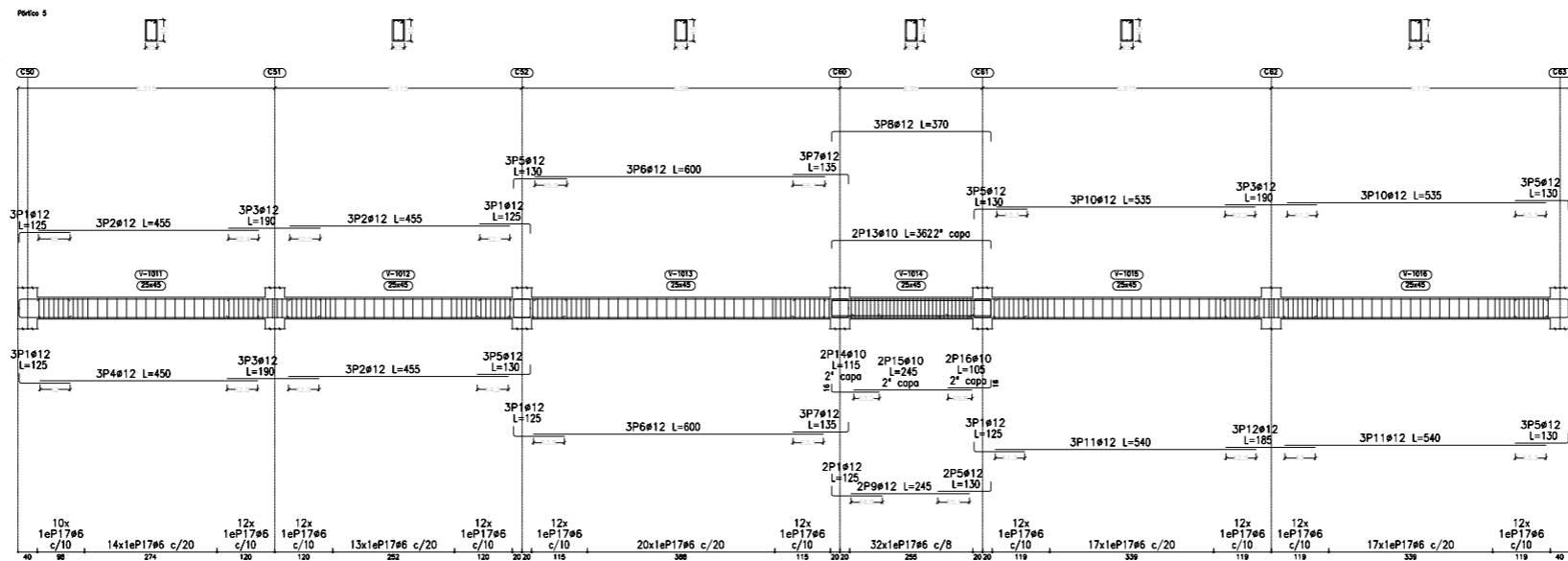
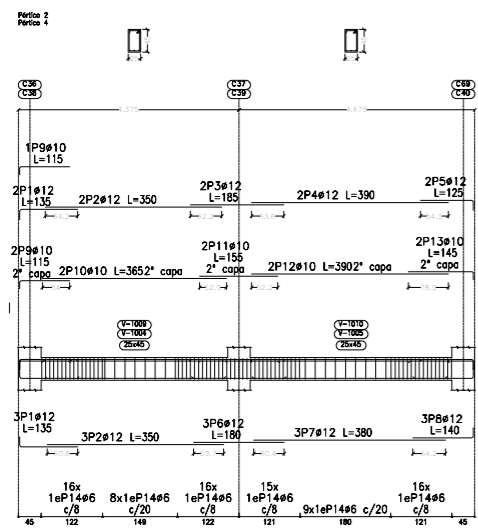
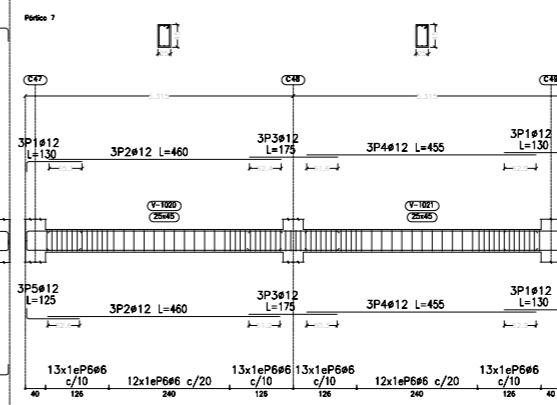
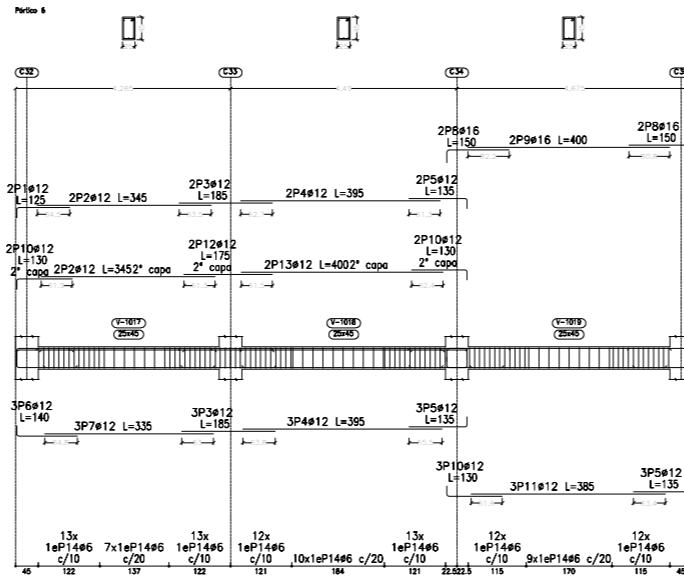
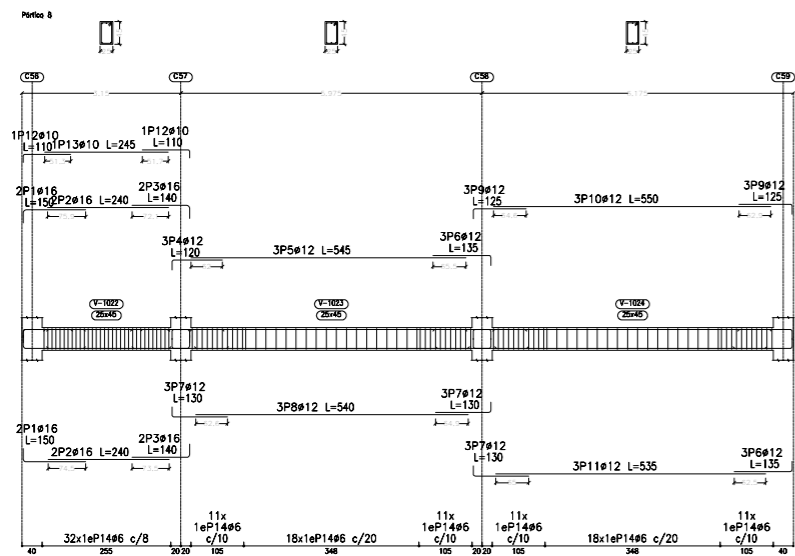
ESCALAS:  
 1:150

FECHA:  
 NOVIEMBRE  
 2021

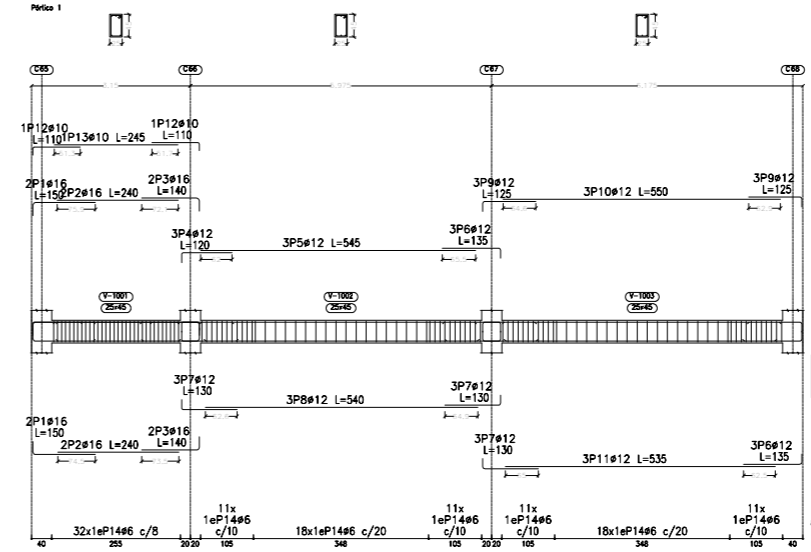
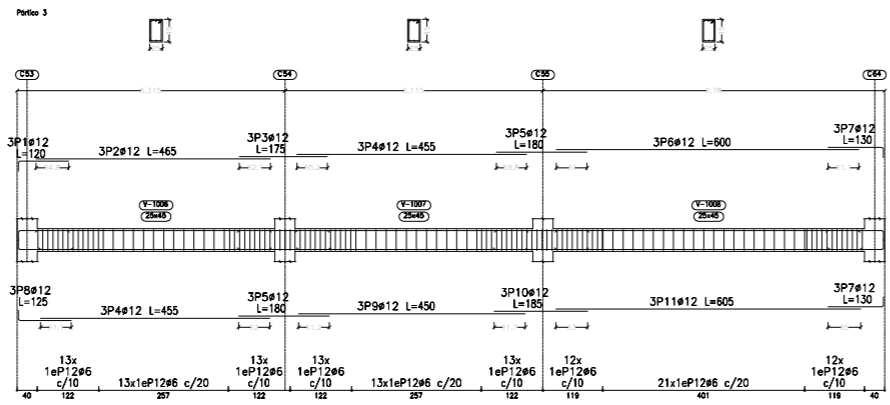
TITULO PLANO:  
 PLANOS ARMADO DE VIGAS:  
 VIGAS DE ARRIOSTRE - PLANTA BAJA

No DE  
 PLANO:  
 1/16

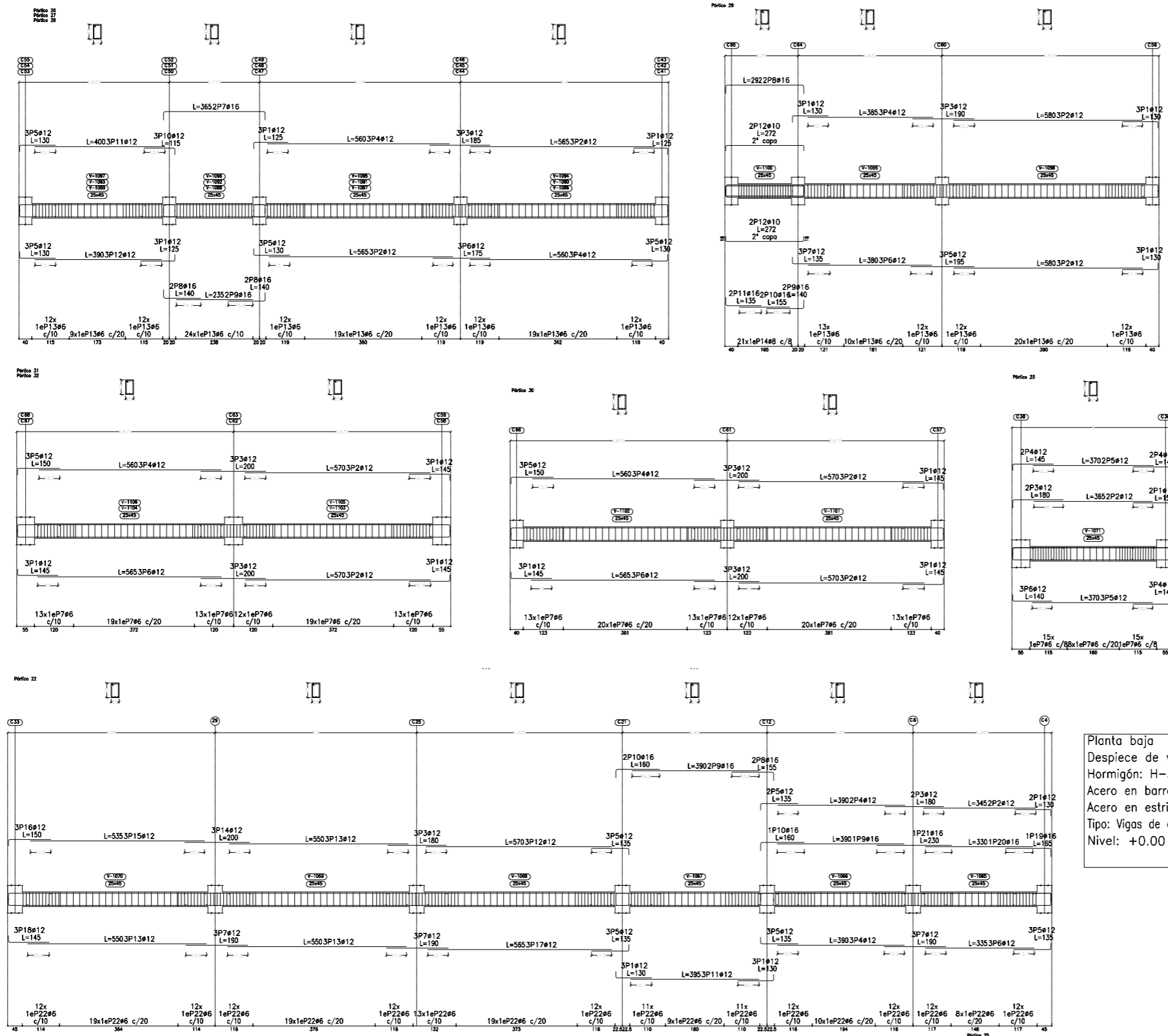




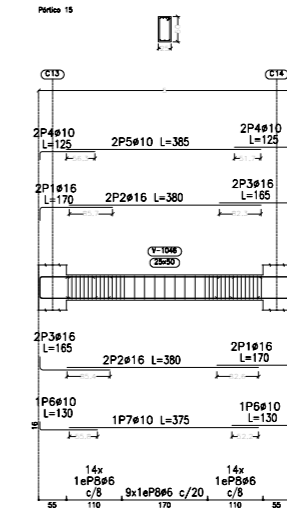
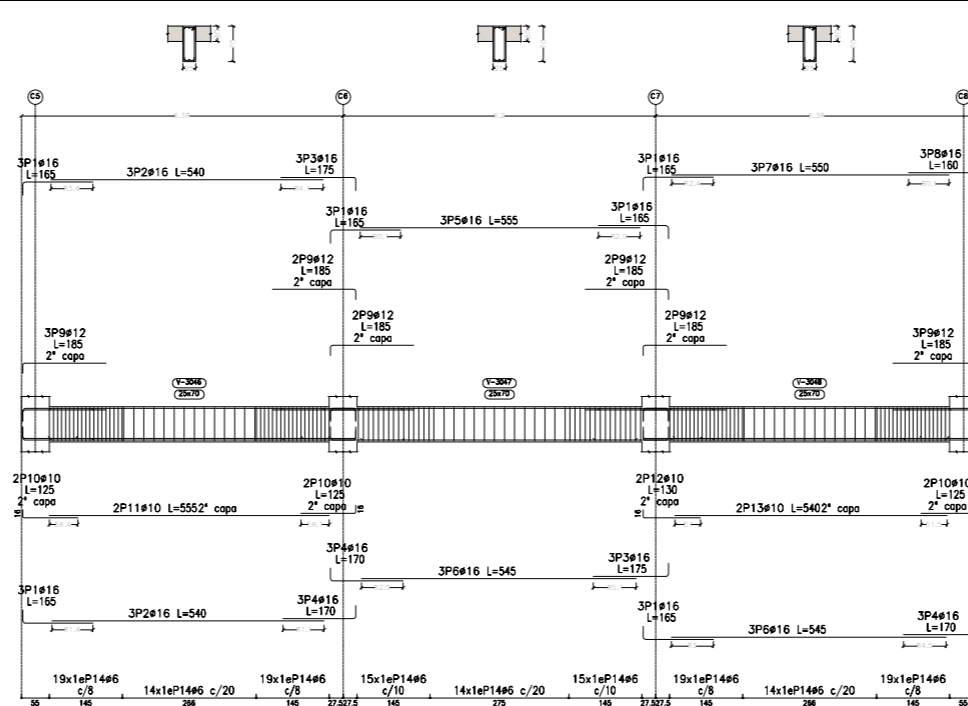
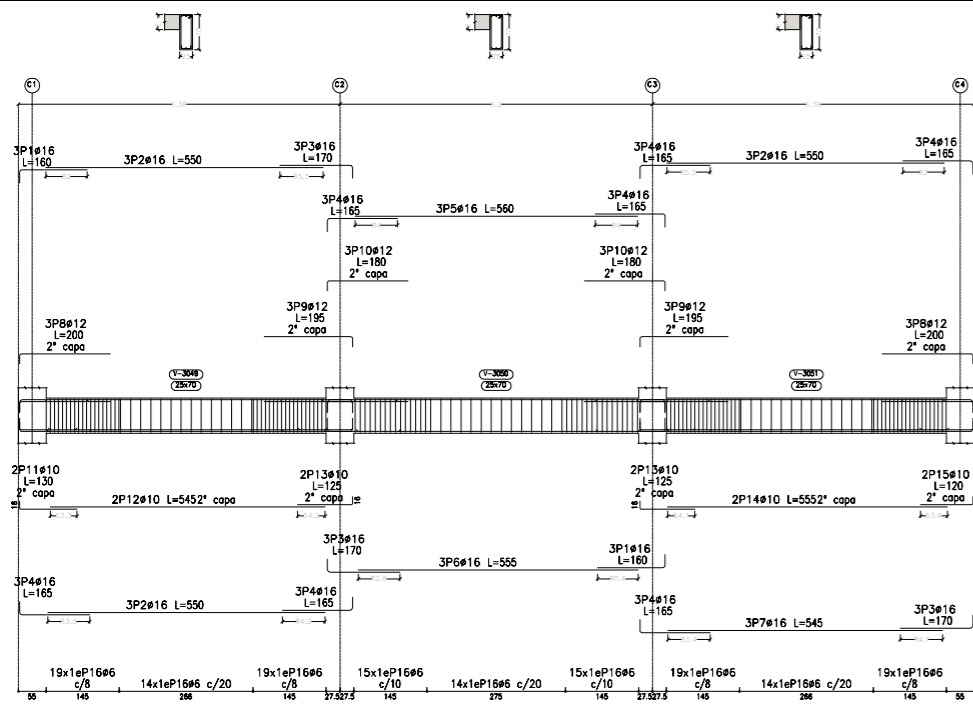
Planta baja  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas de arriostre  
 Nivel: +0.00



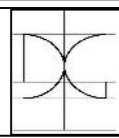
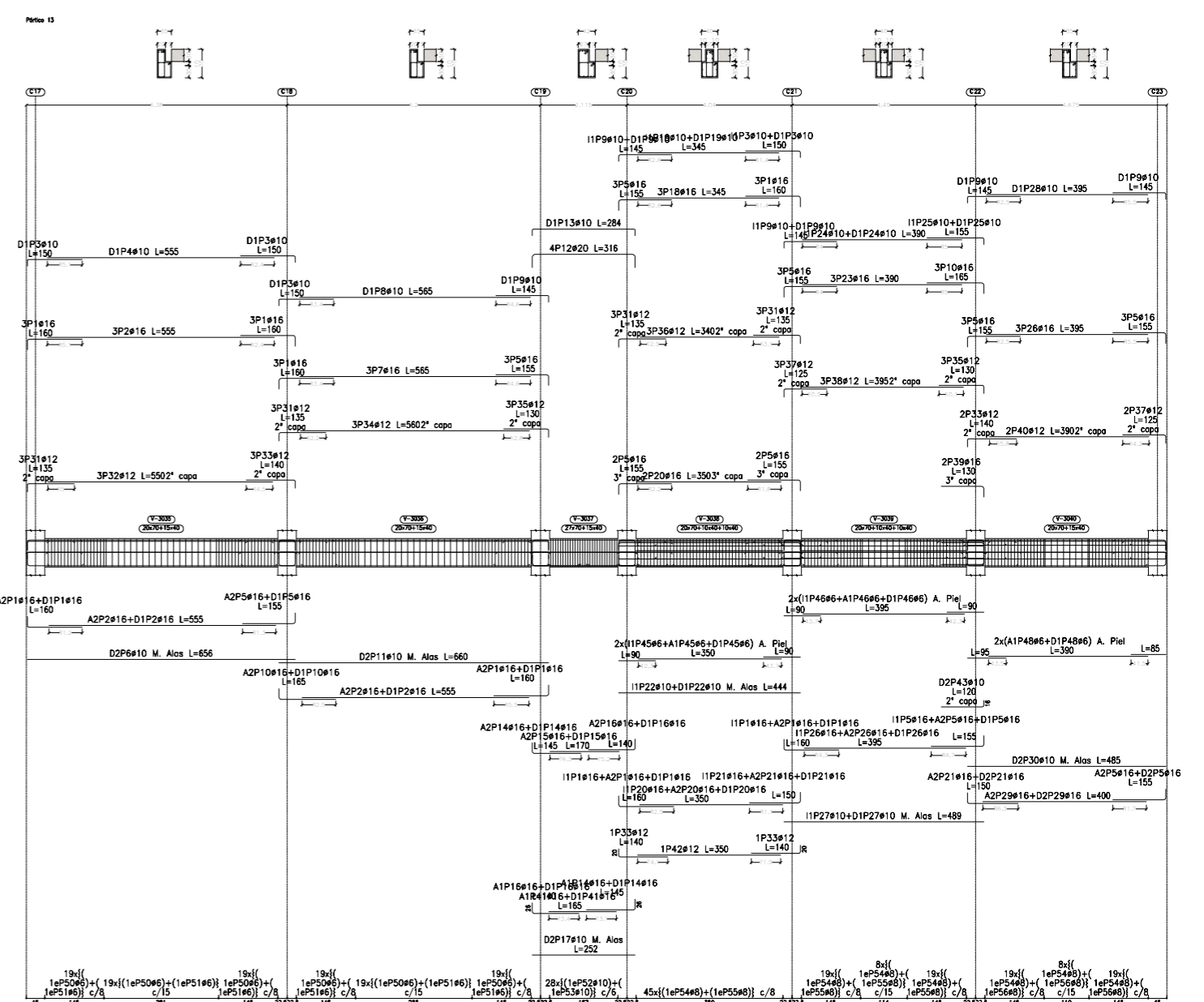
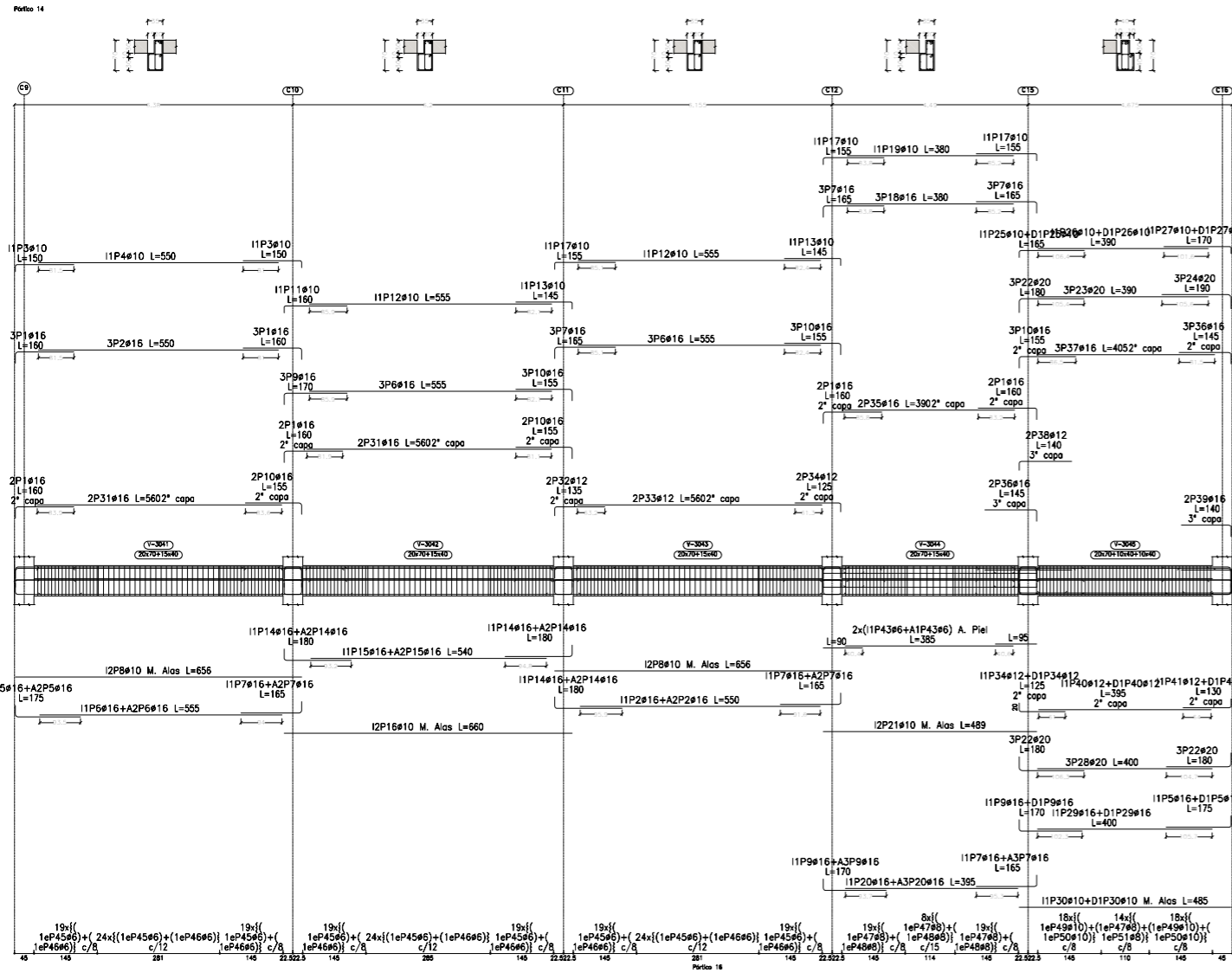




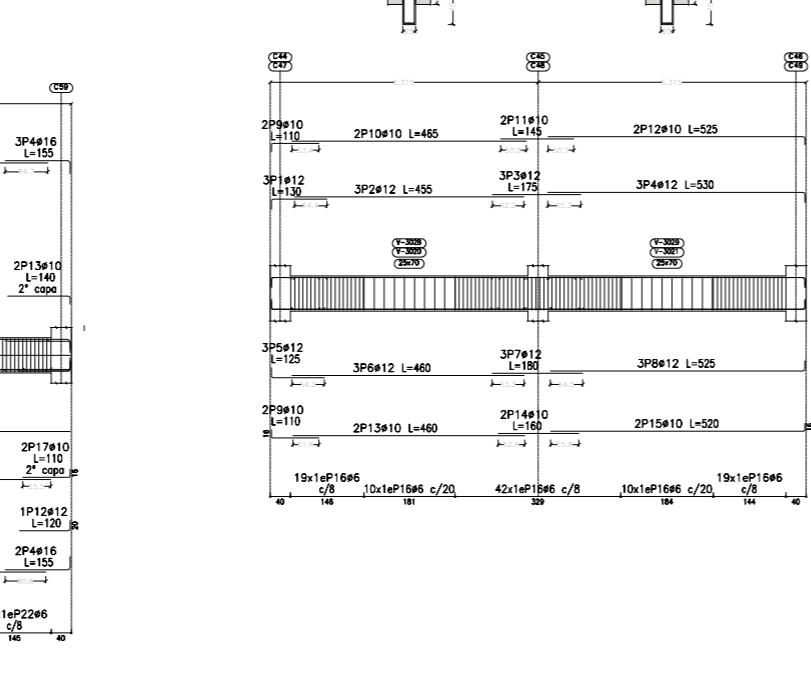
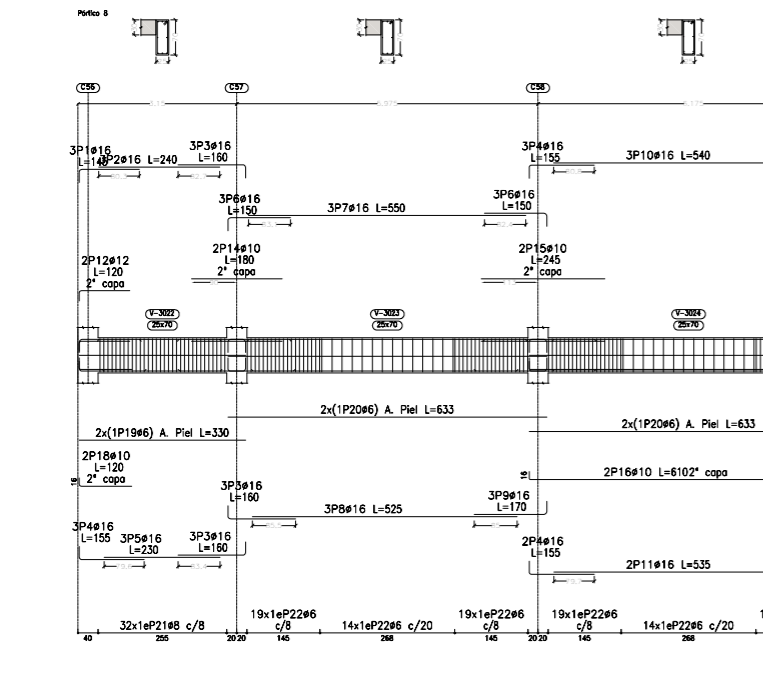
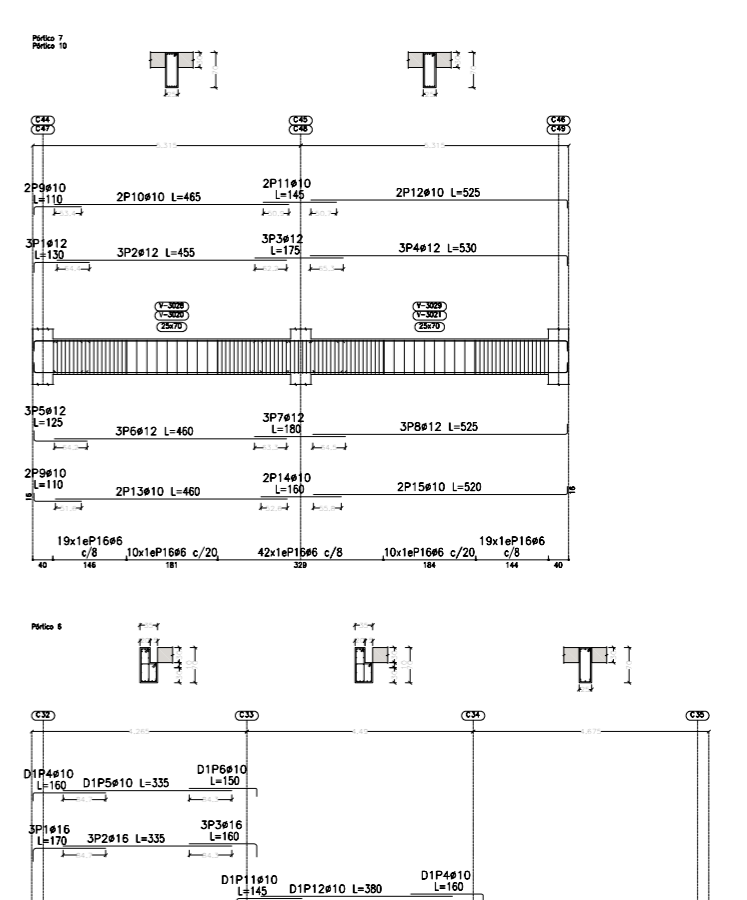
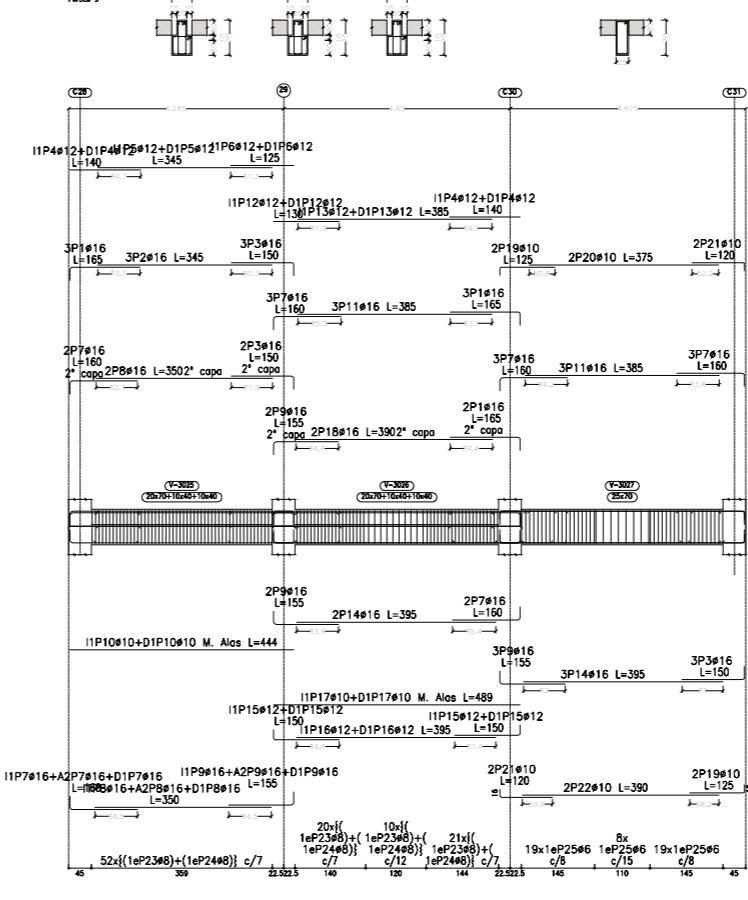
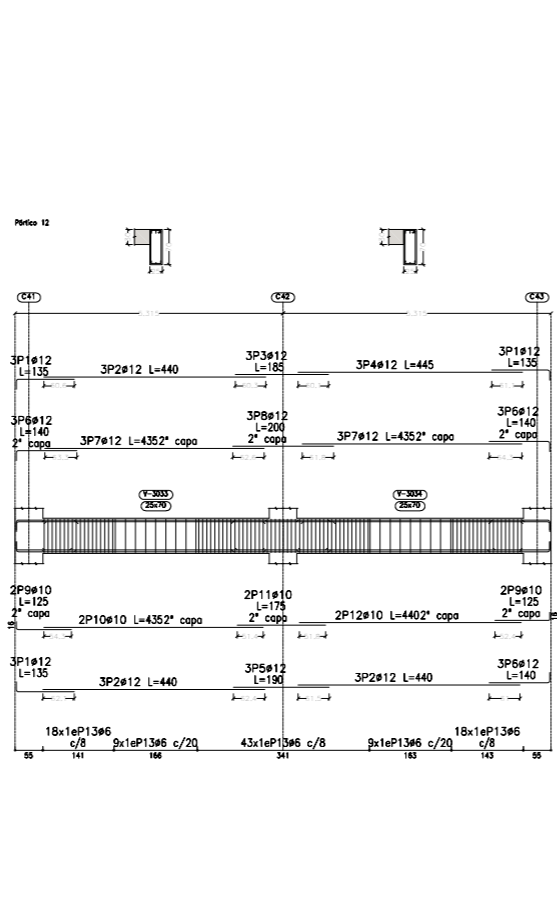
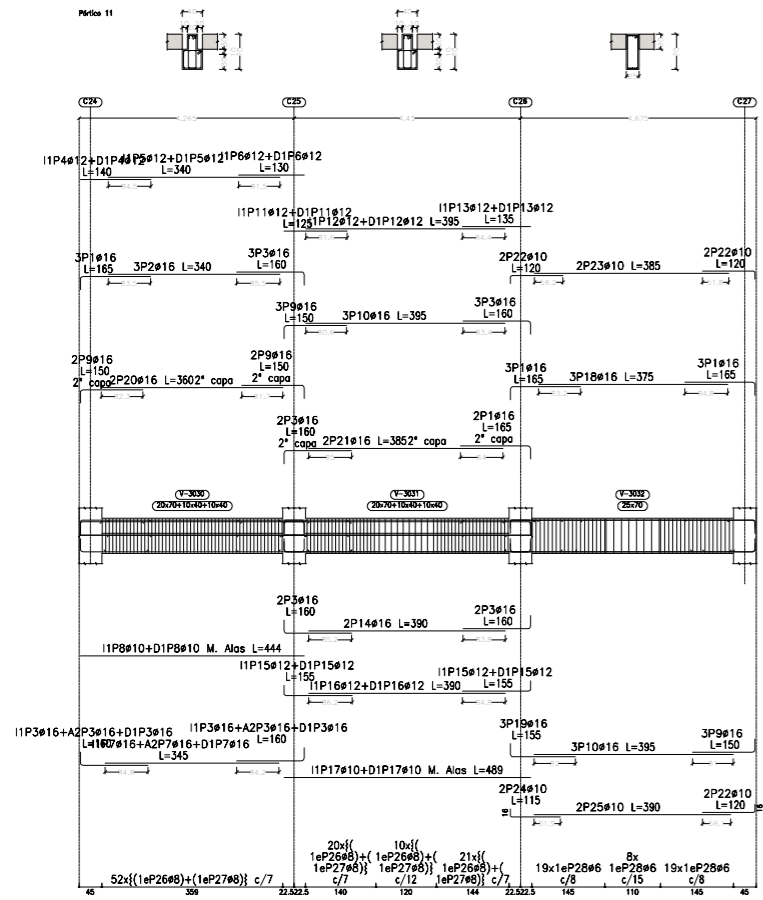
Planta baja  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas de arrioestre  
 Nivel: +0.00



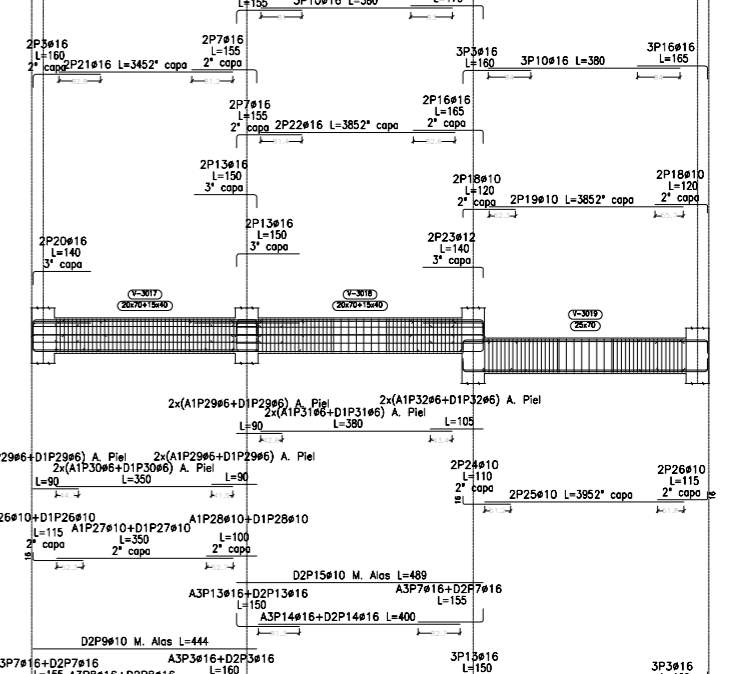
1er nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50

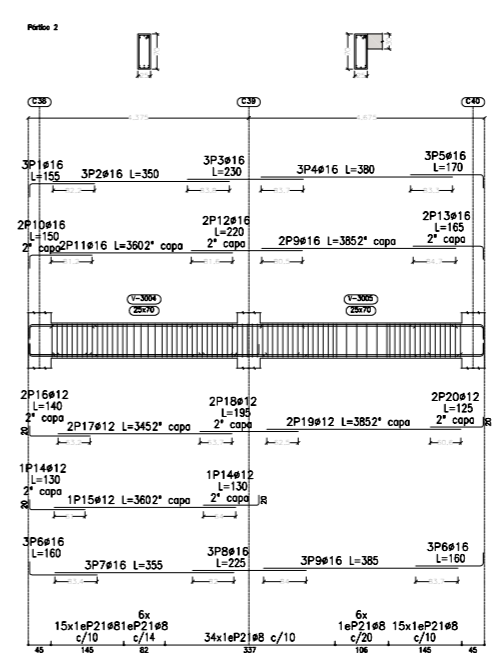
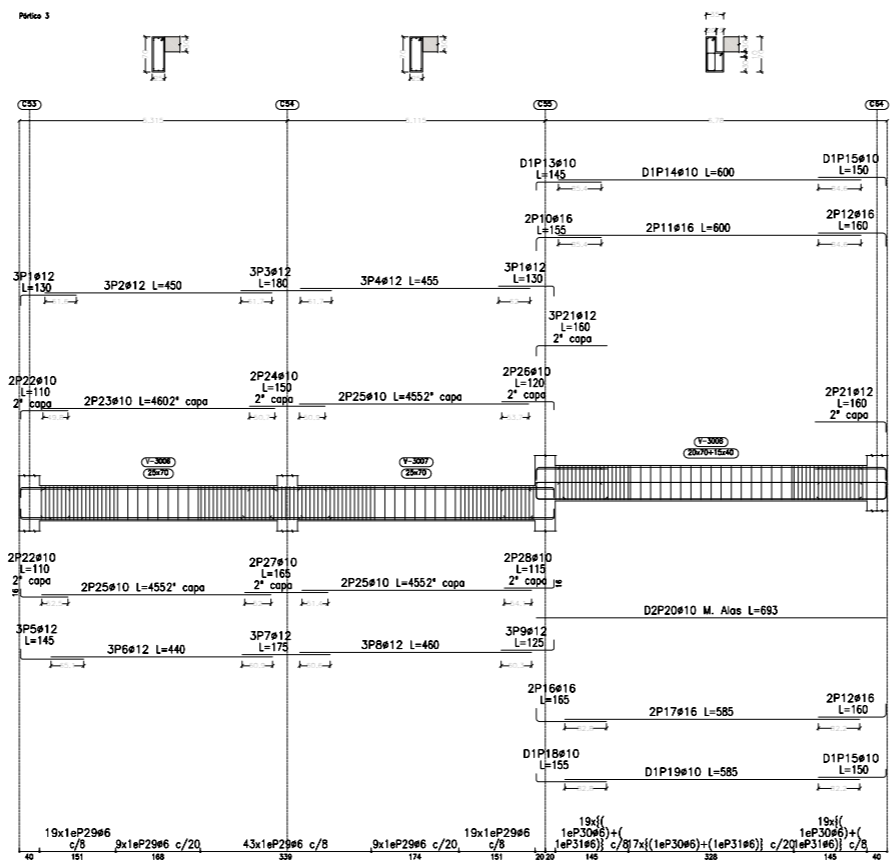
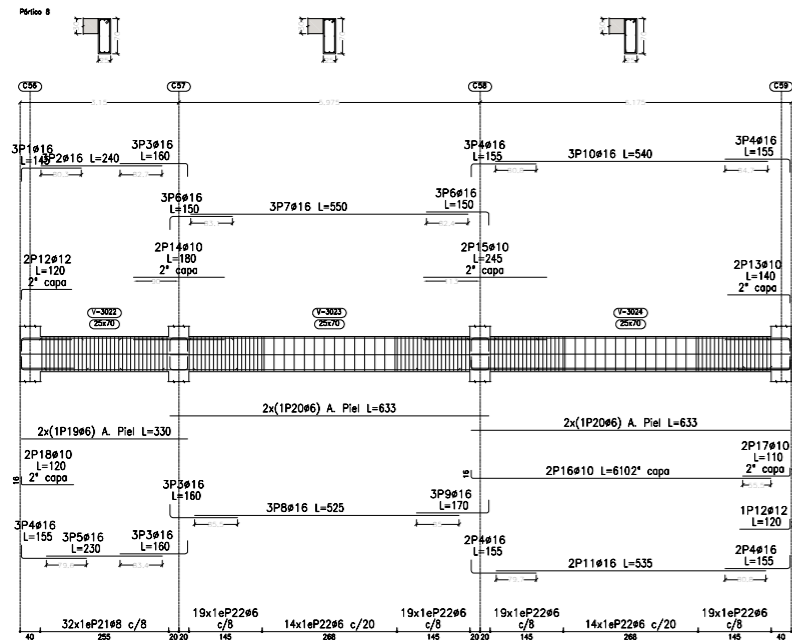




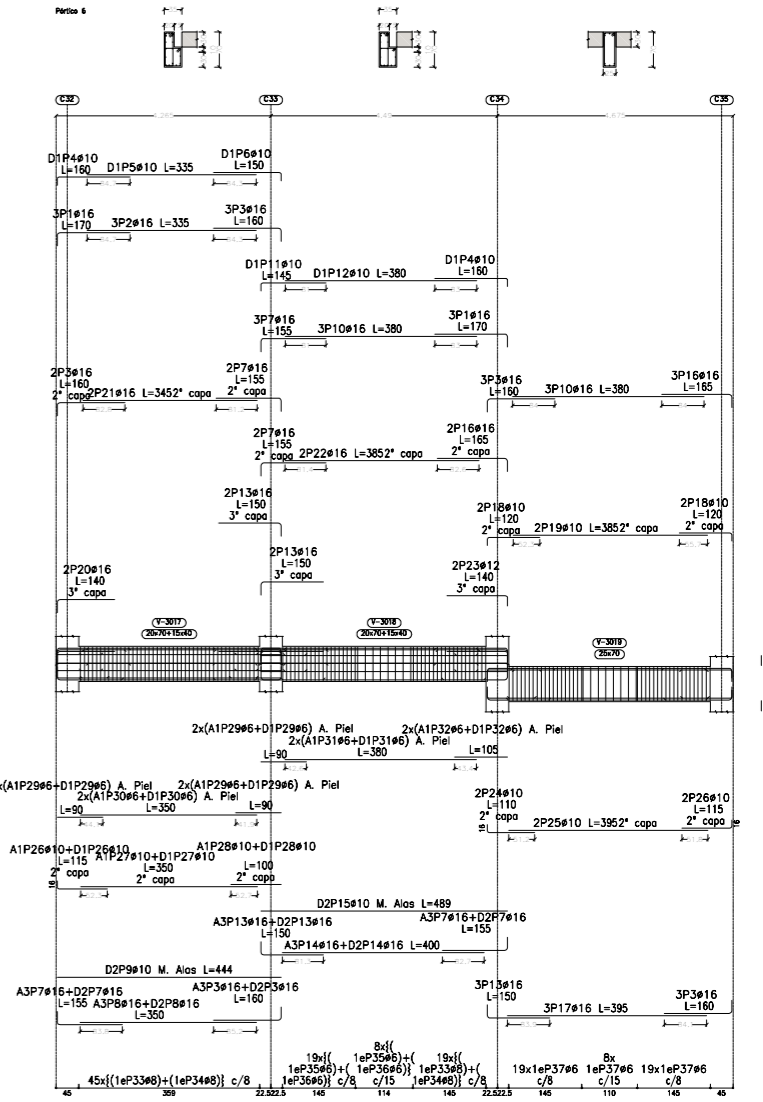
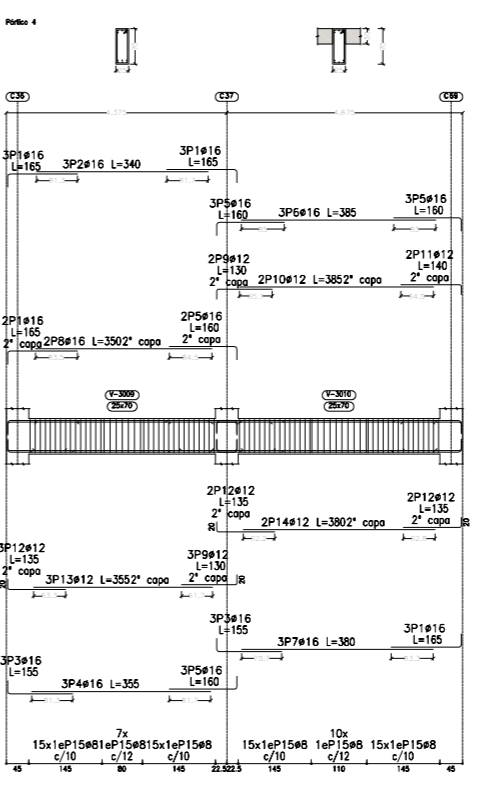
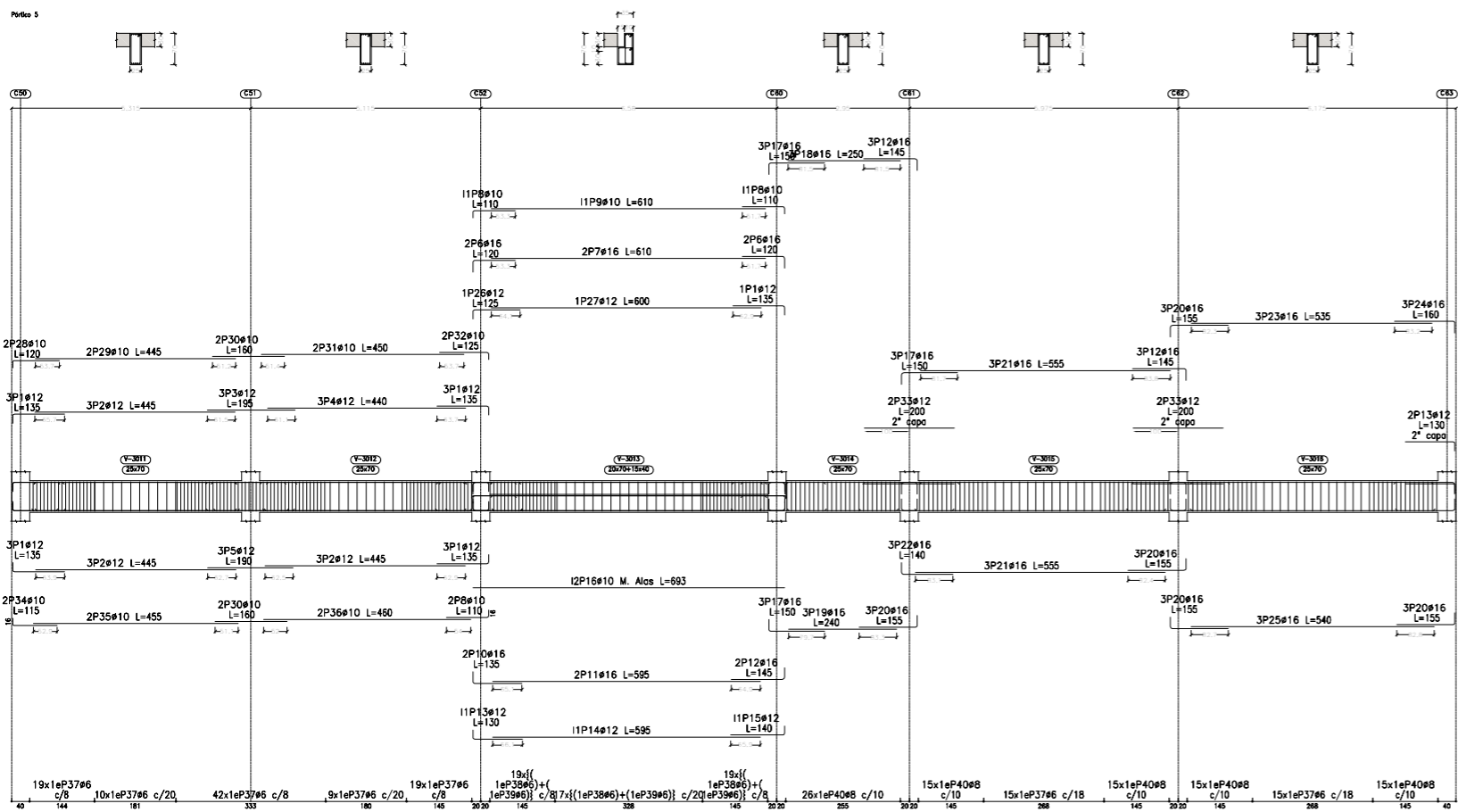


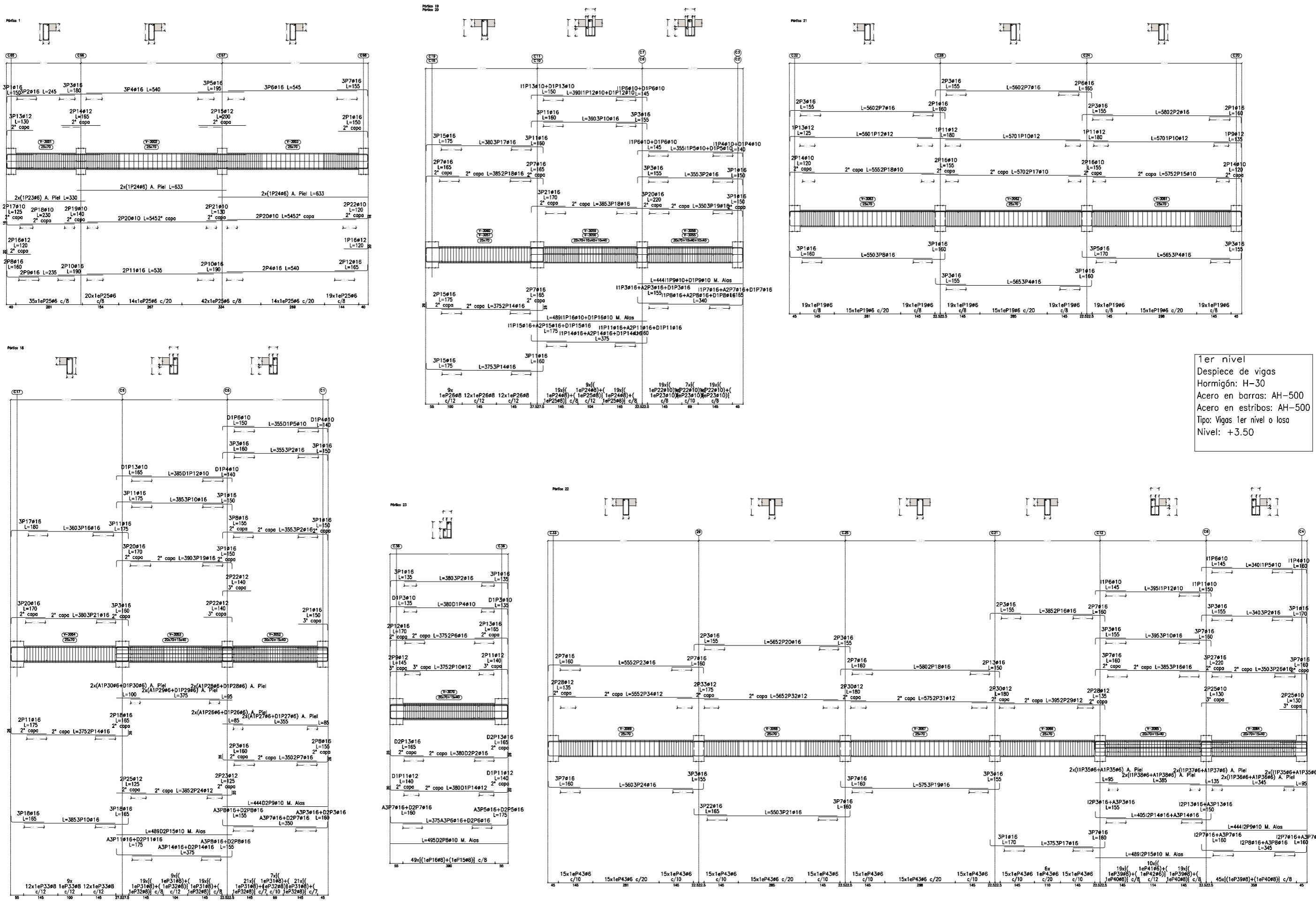
1er nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50





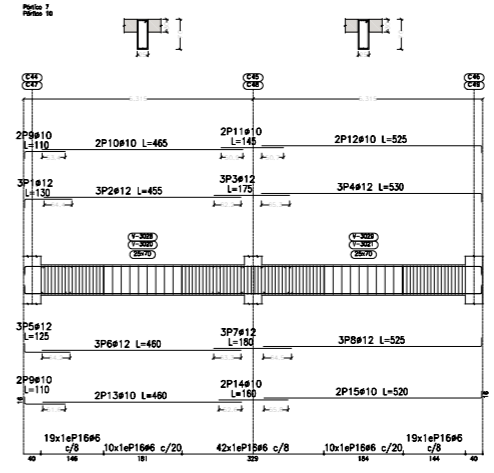
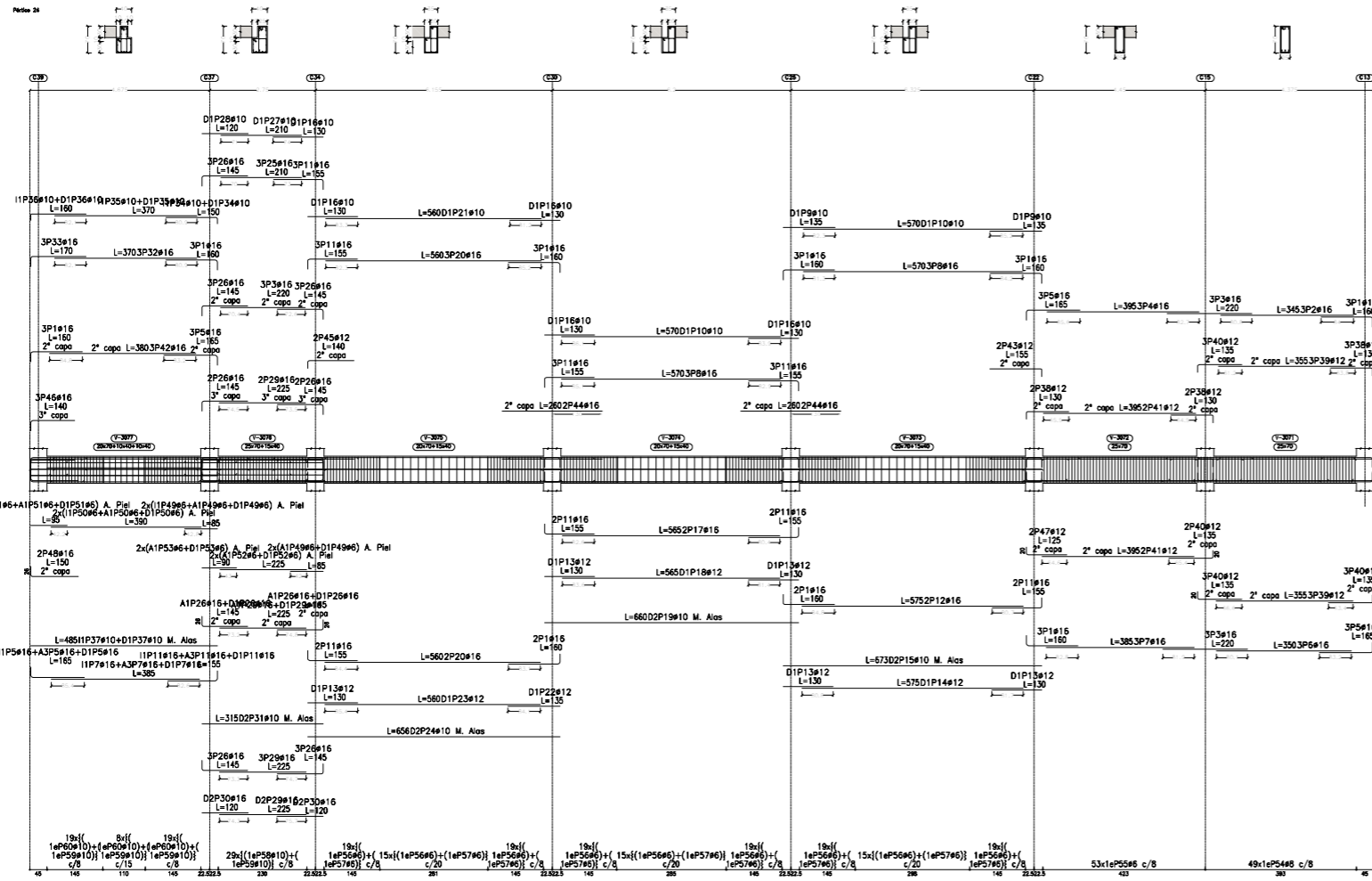
1er nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50



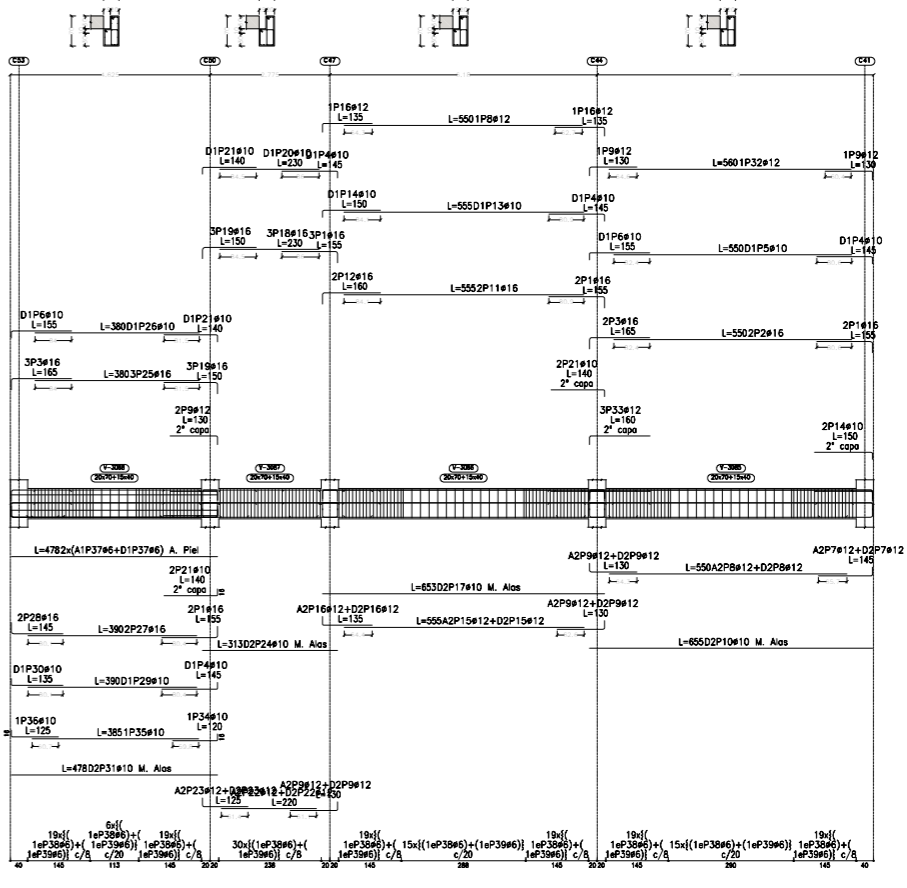
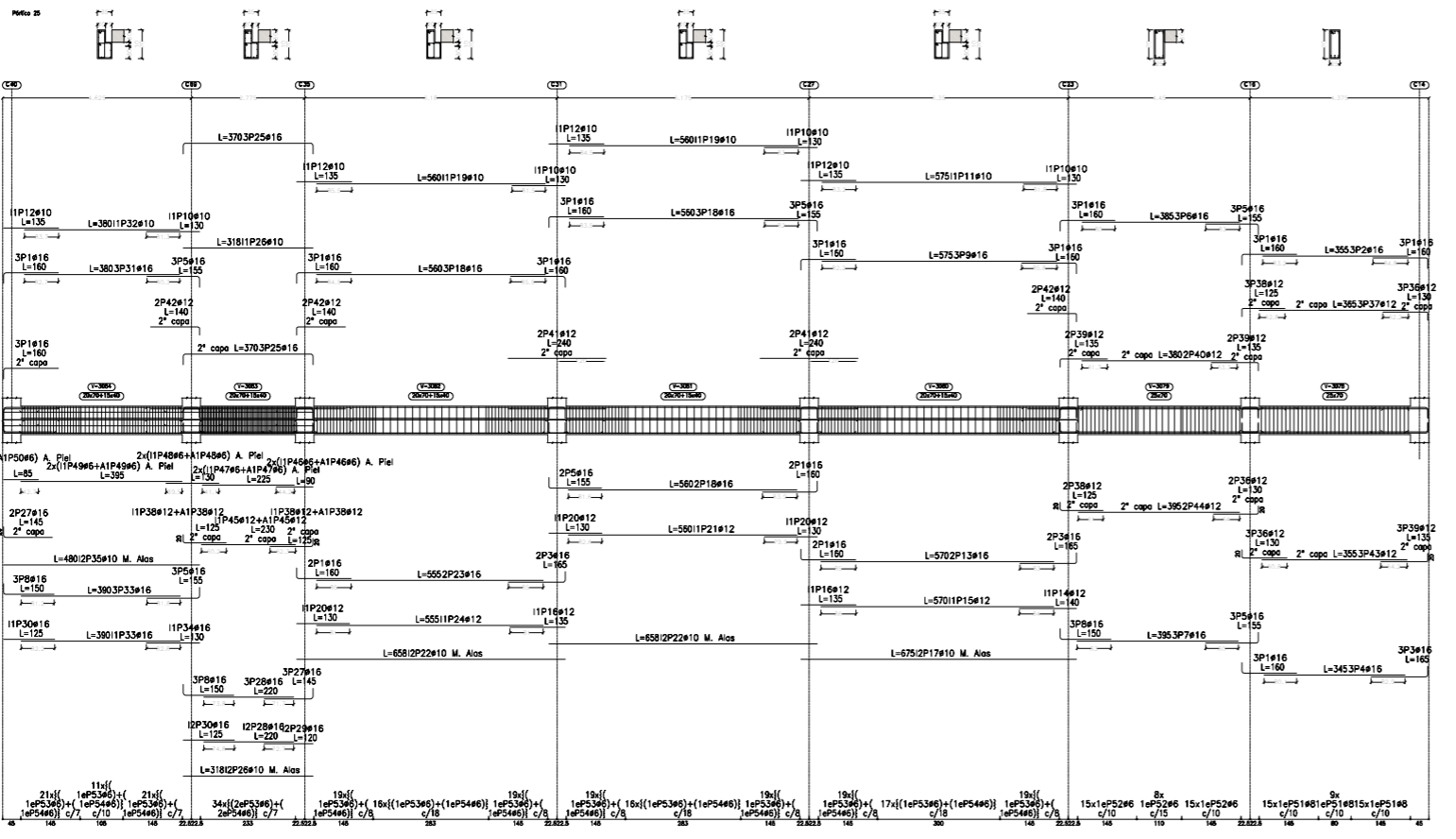


1er nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H=30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50

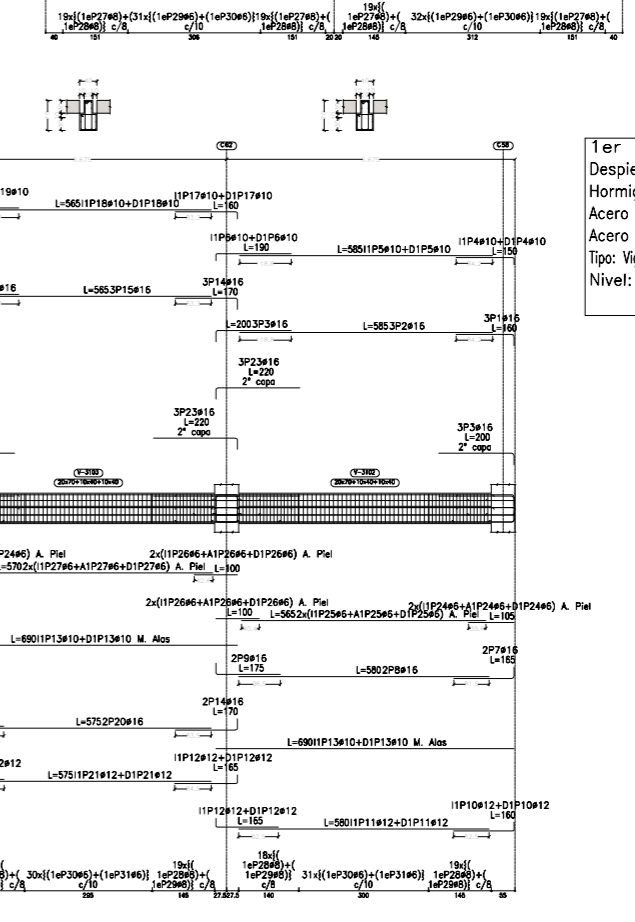
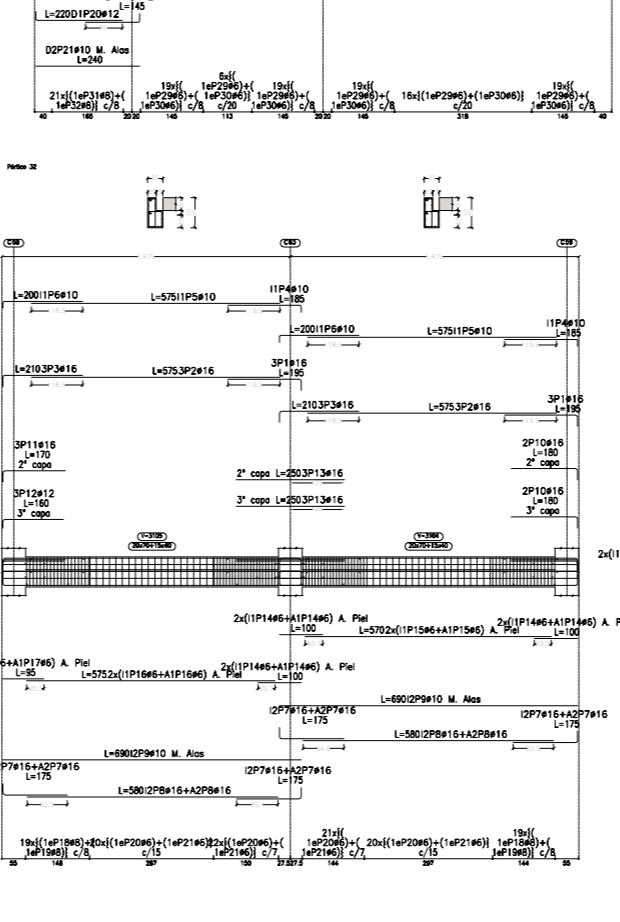
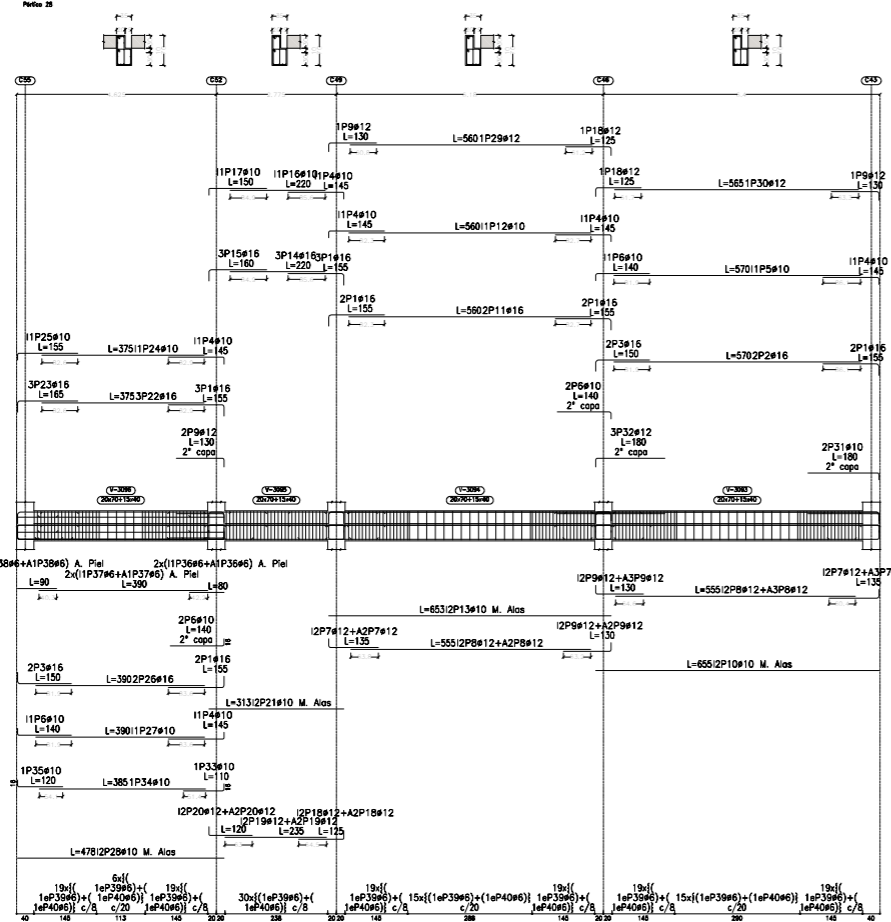
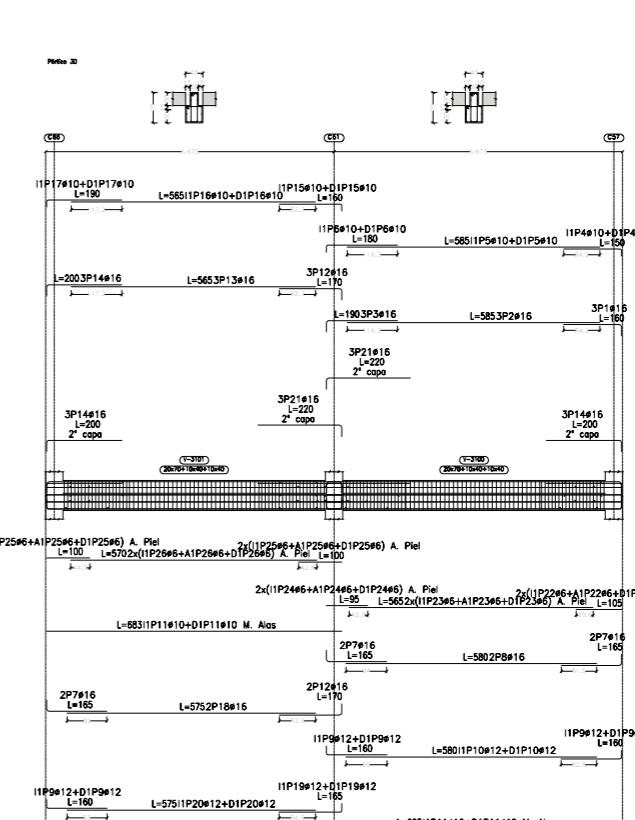
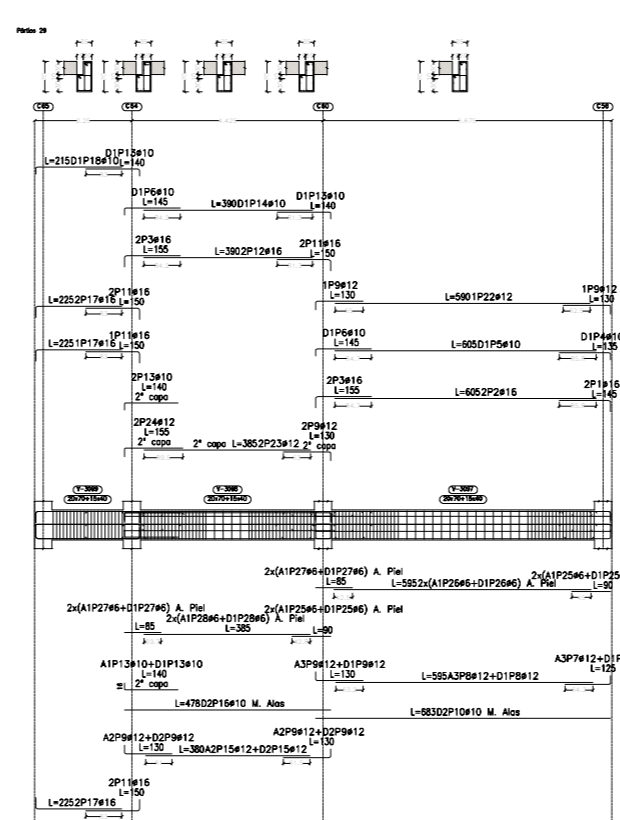
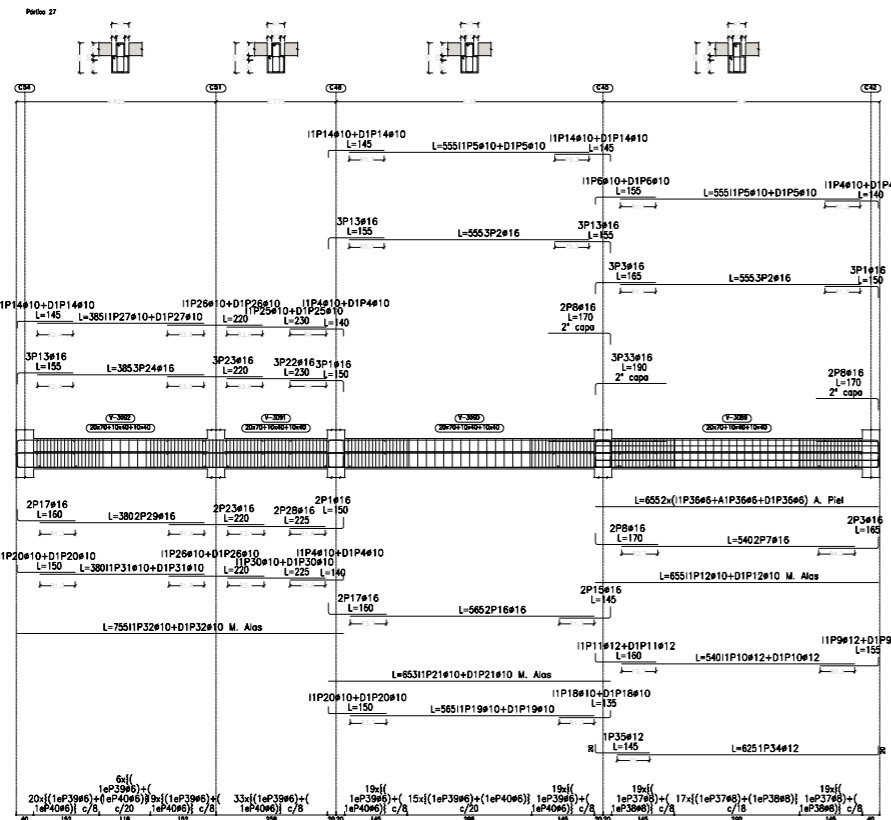




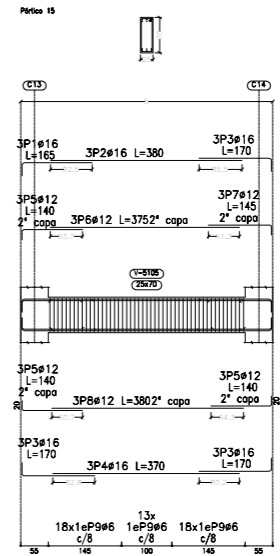
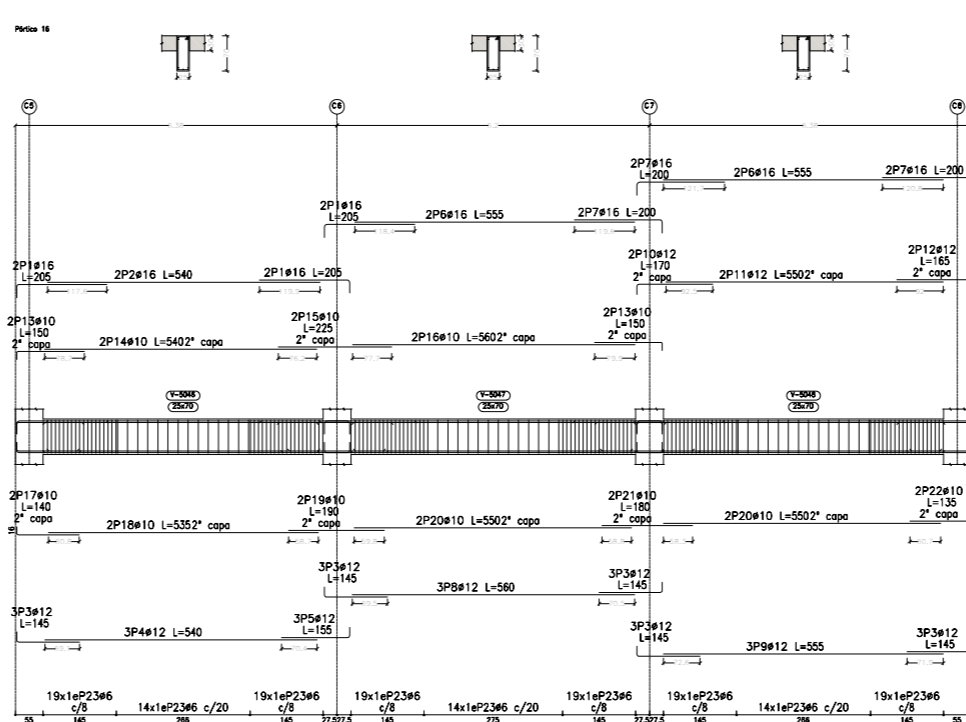
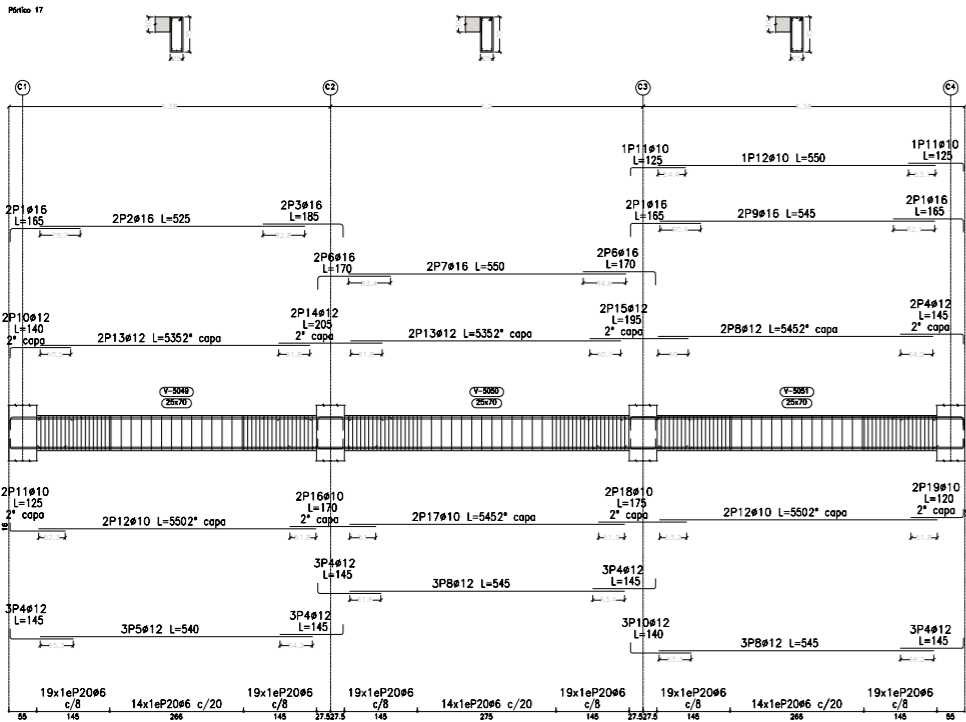
1er nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50



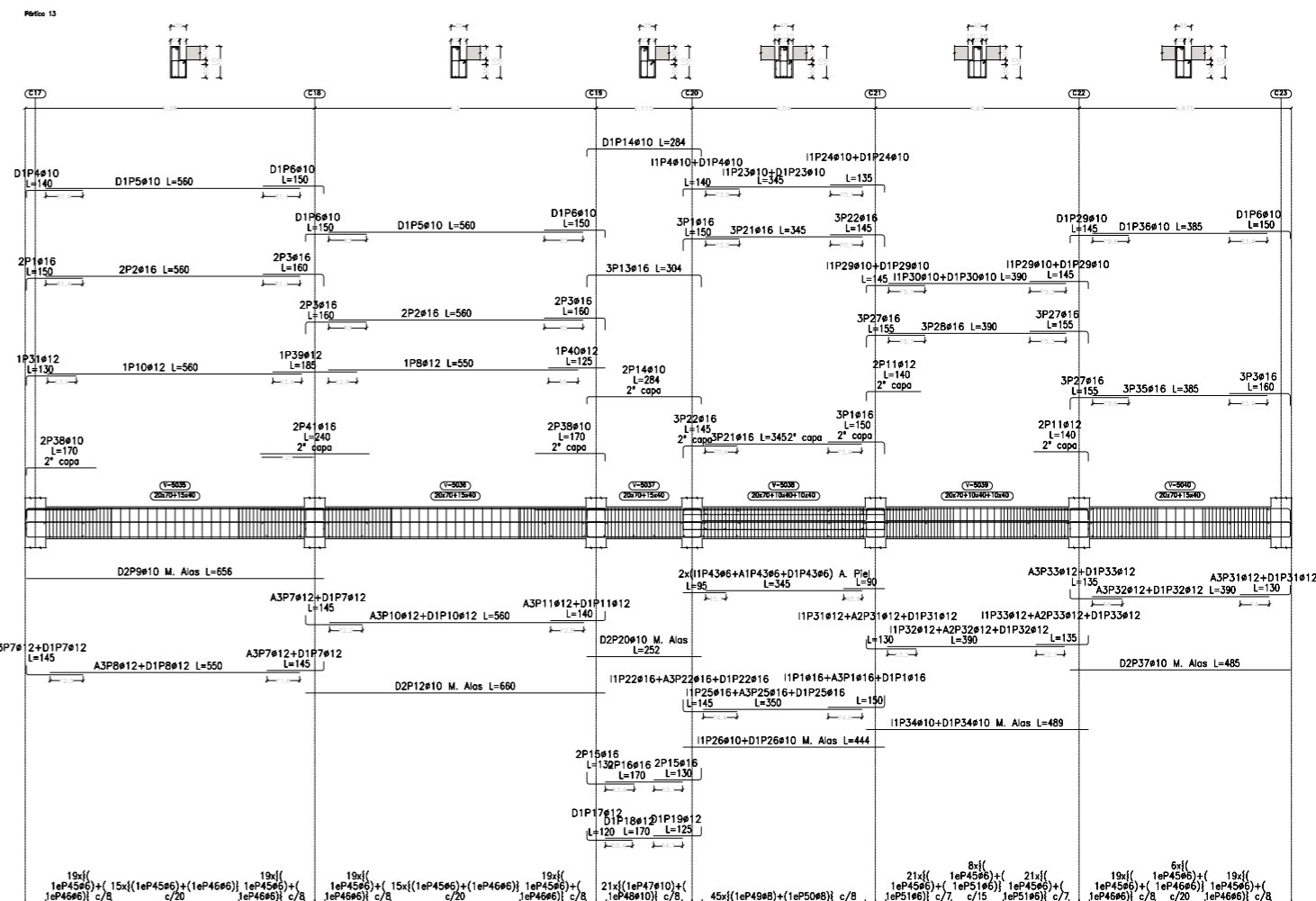
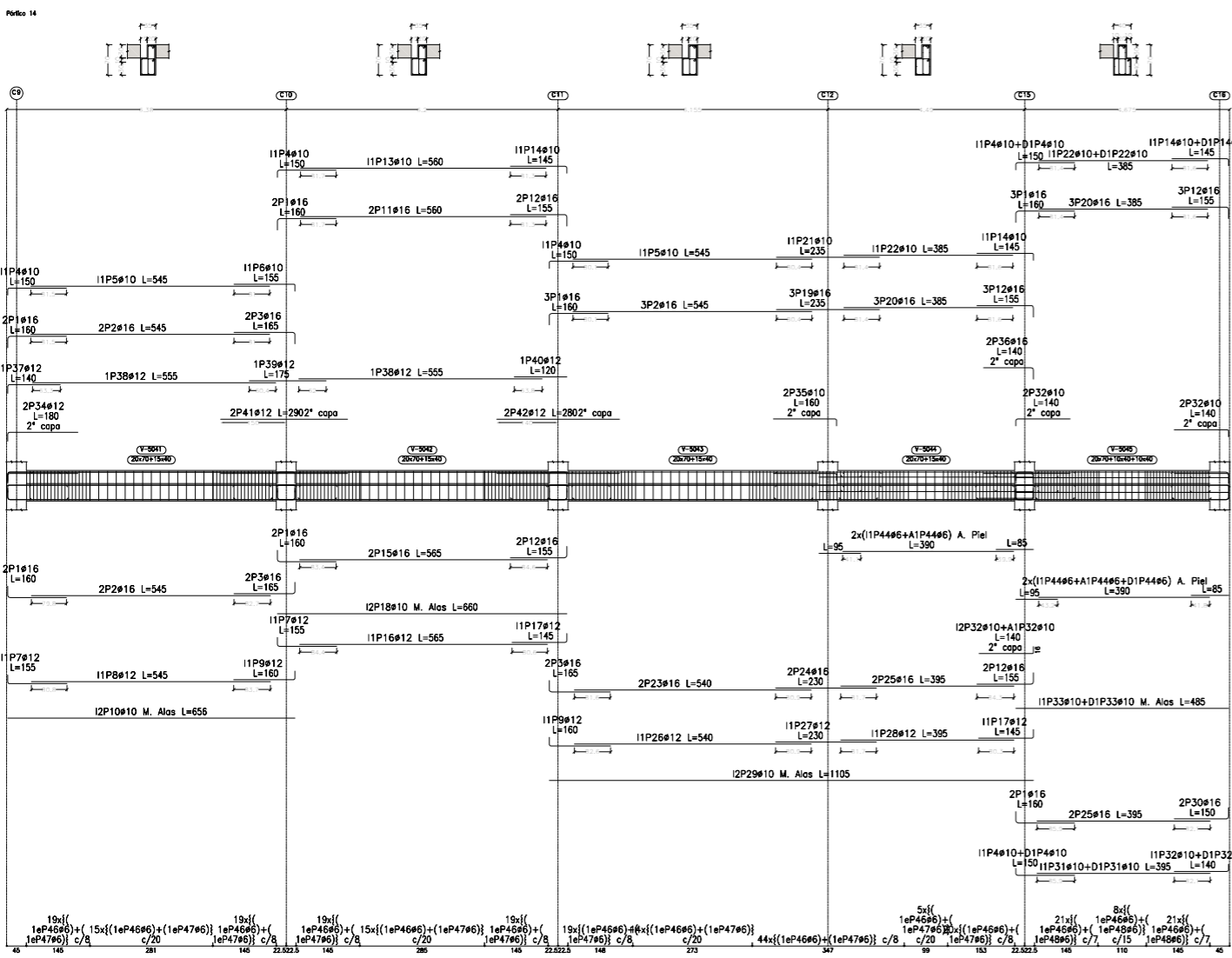


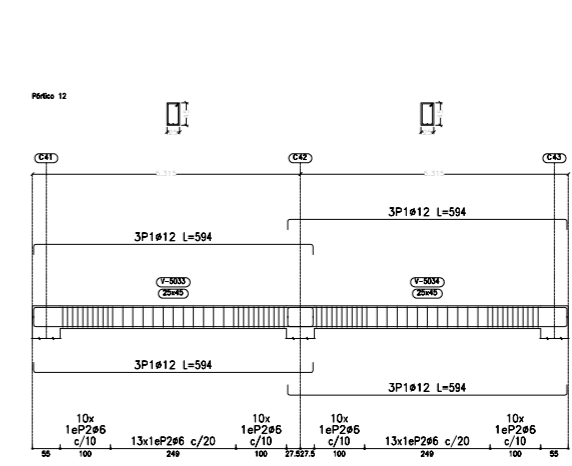
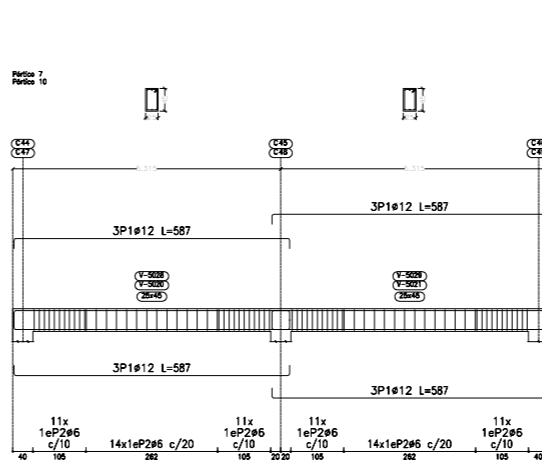
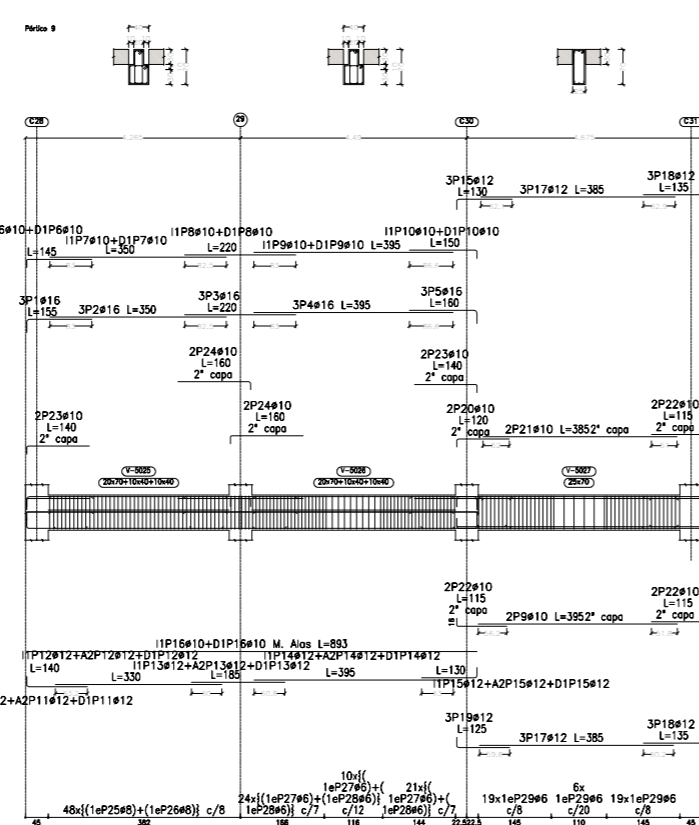
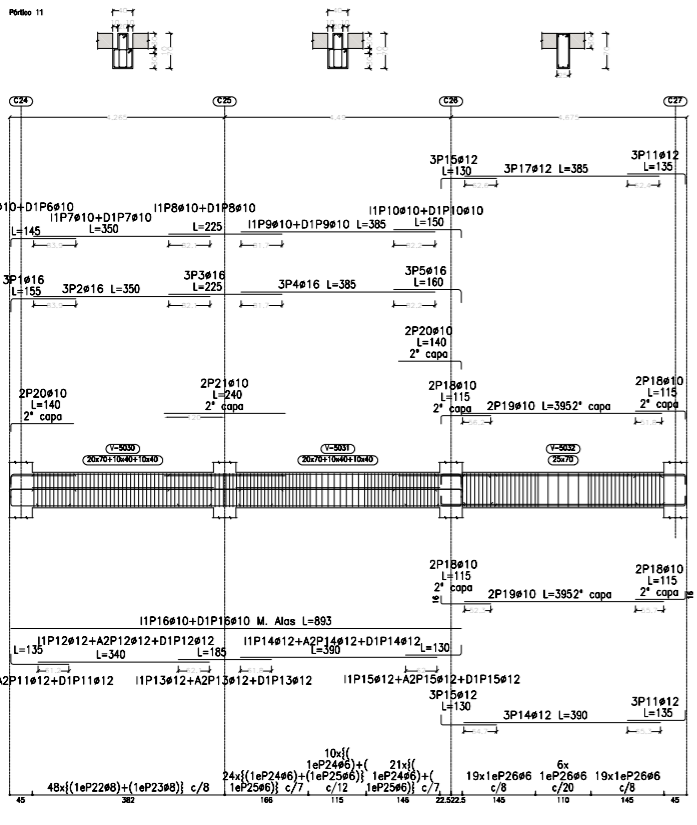


1er nivel  
 Piezas de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 1er nivel o losa  
 Nivel: +3.50

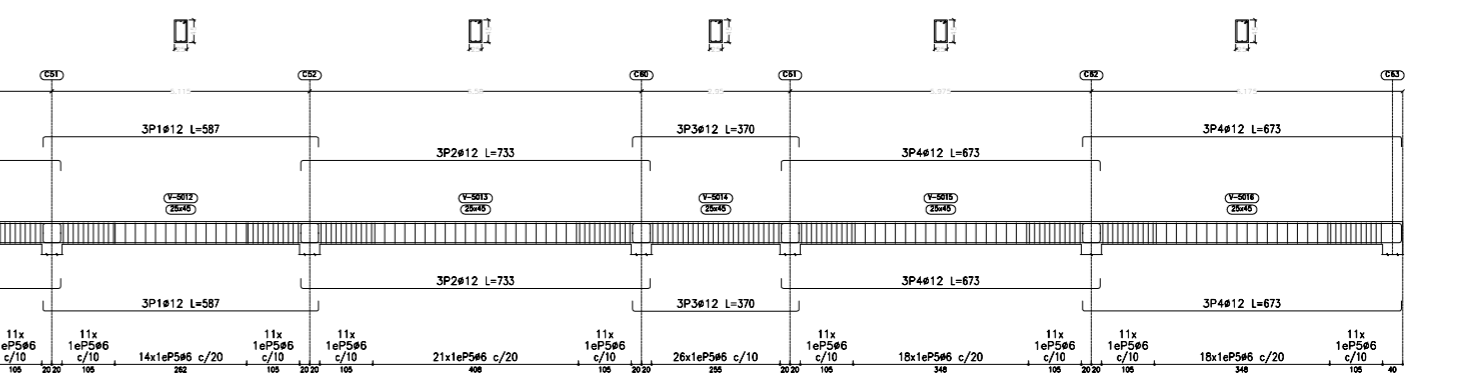
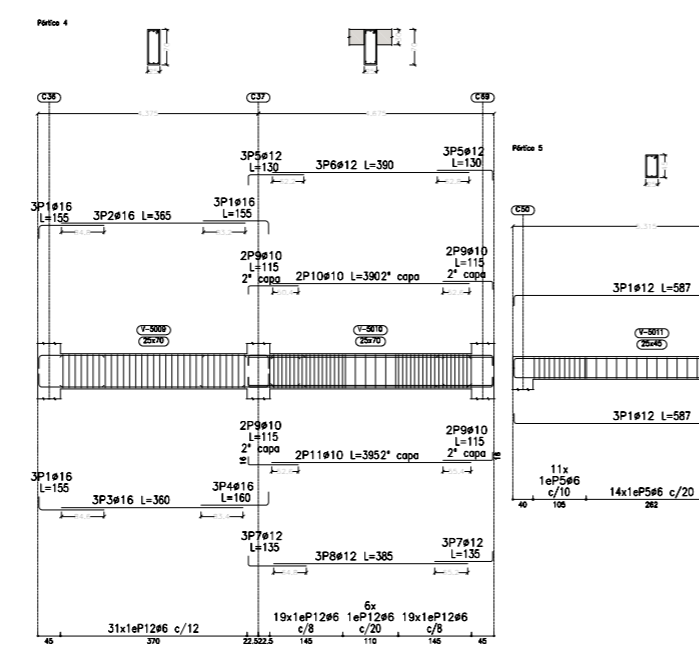
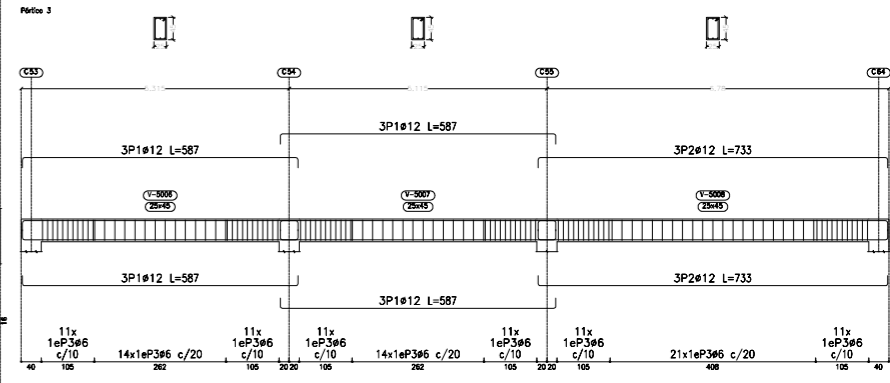
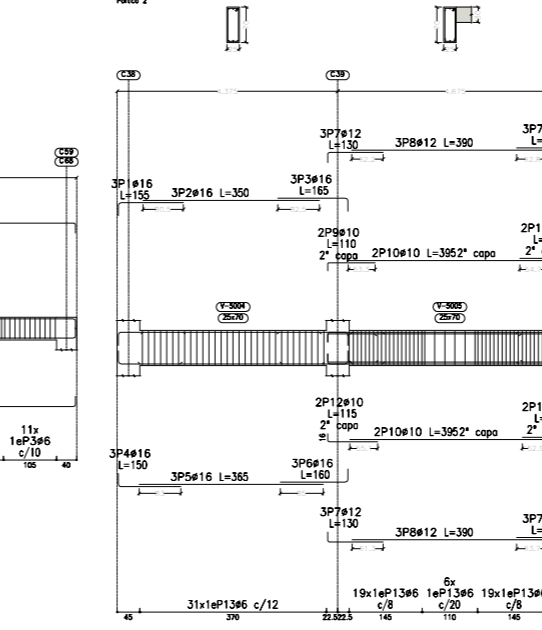
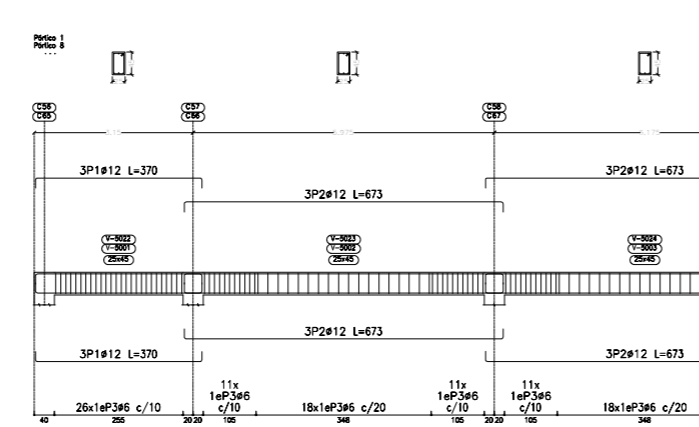
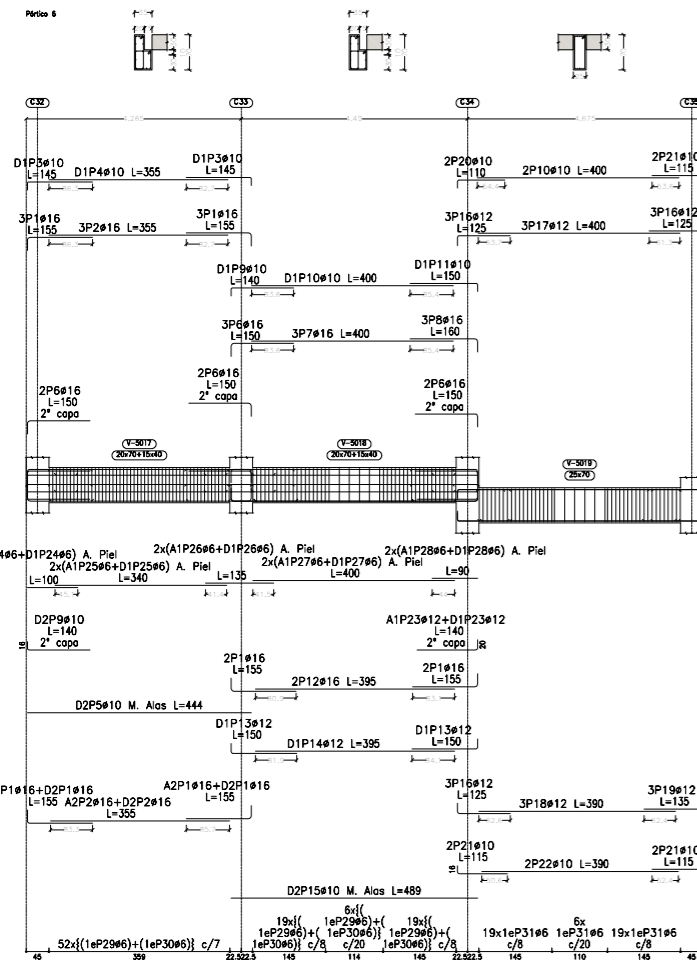
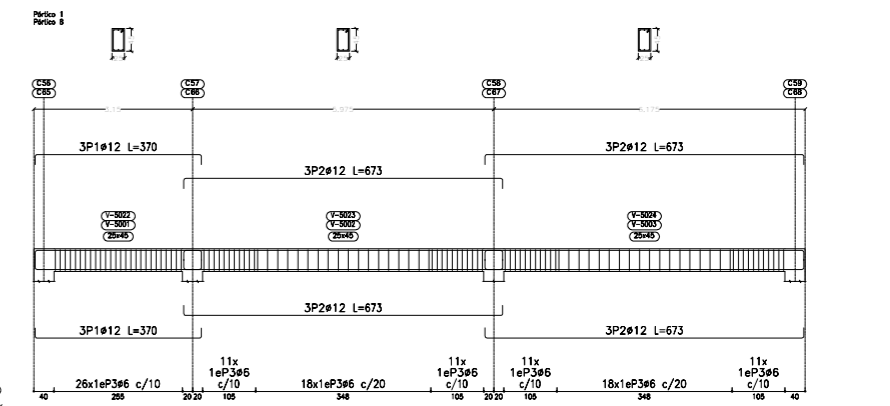


2do nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 2do nivel o losa  
 Nivel: +7.00

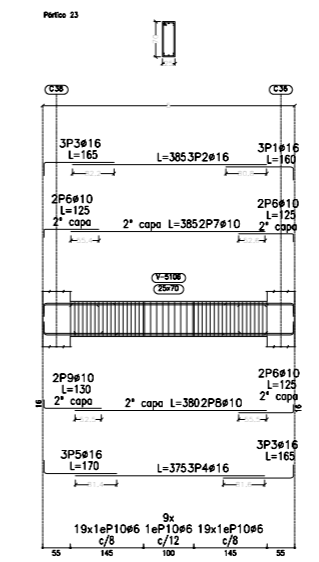
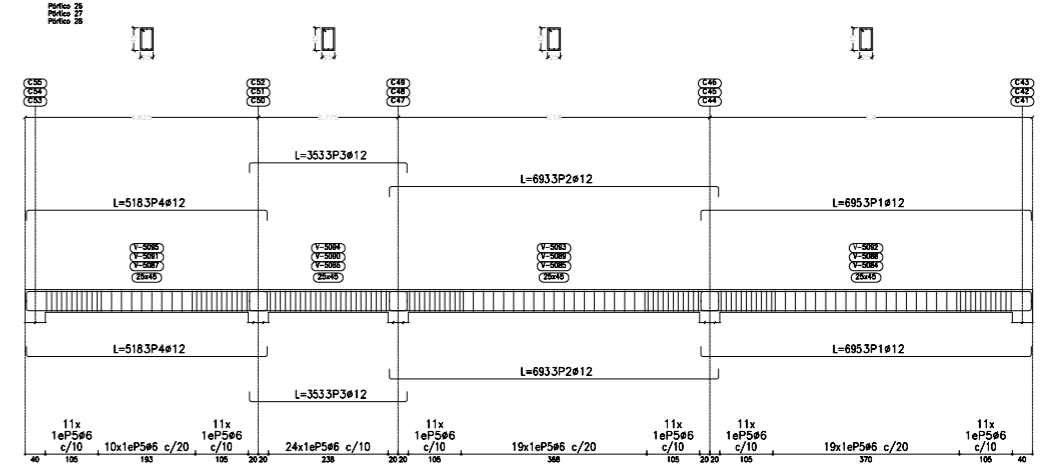
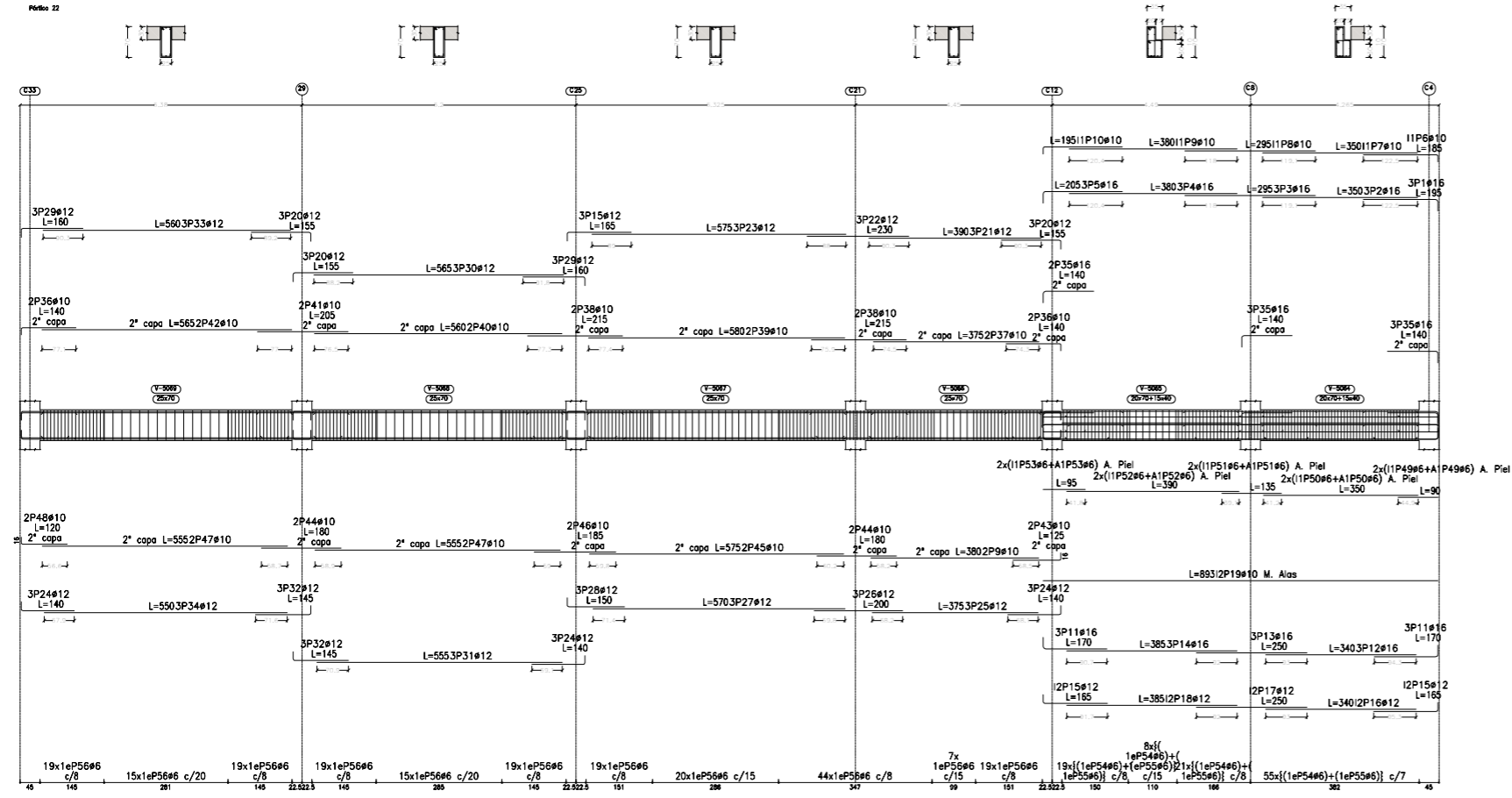
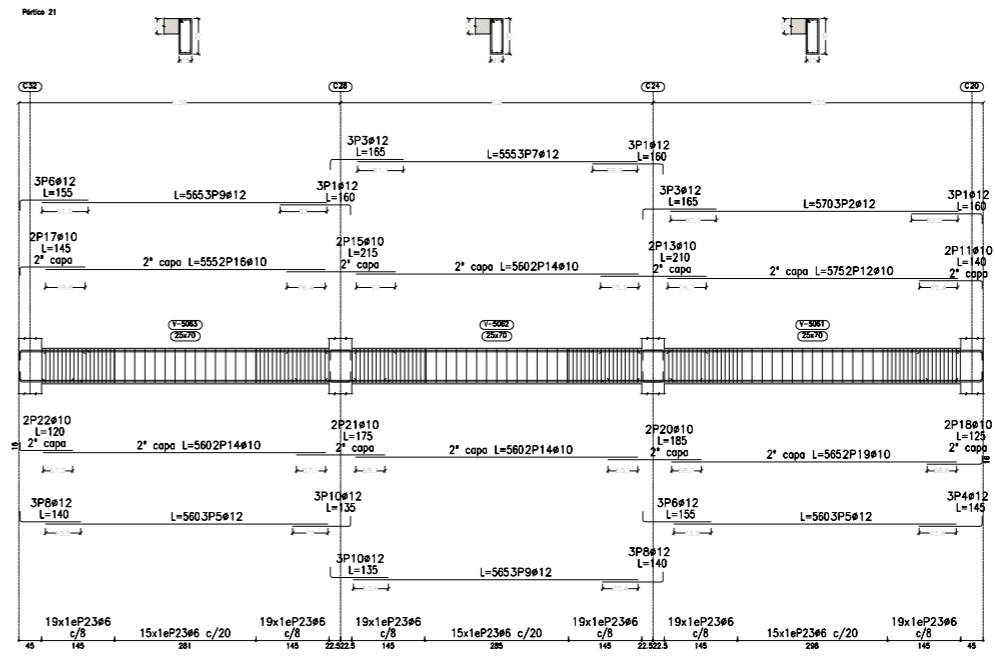
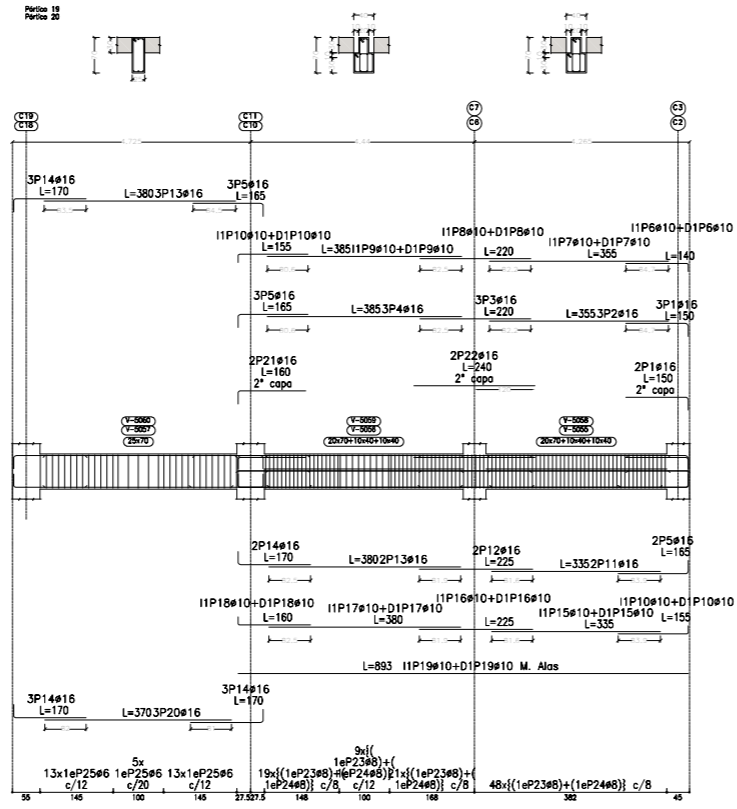
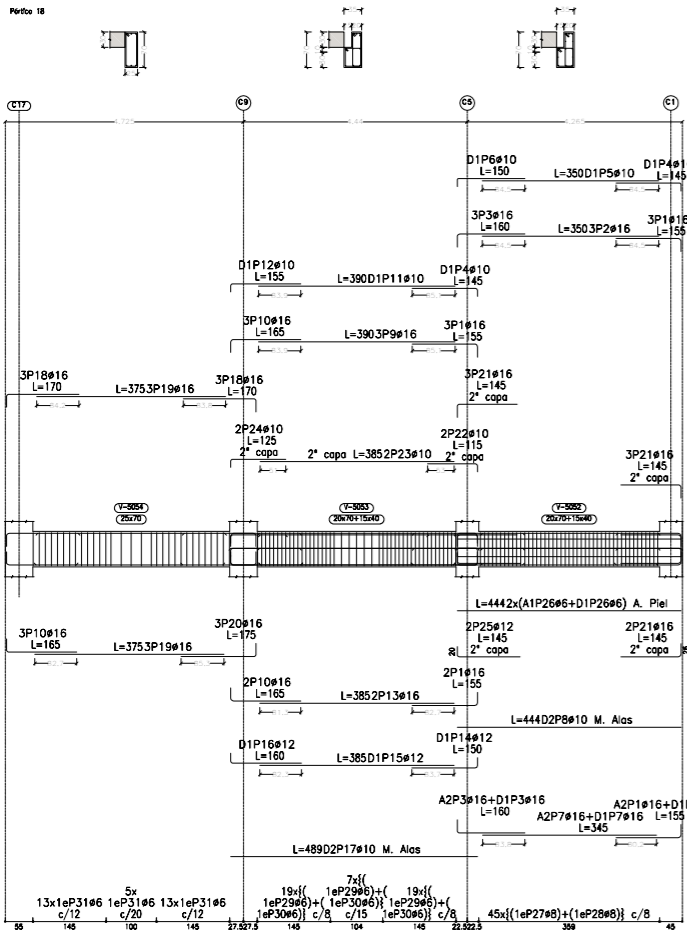




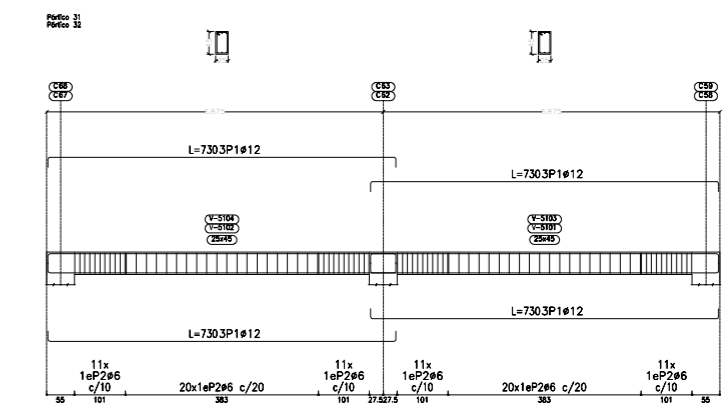
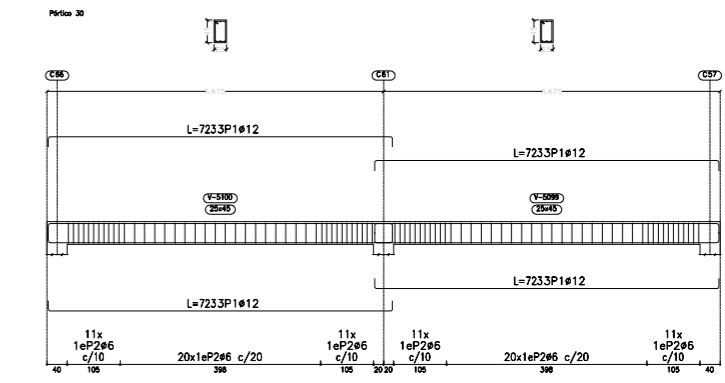
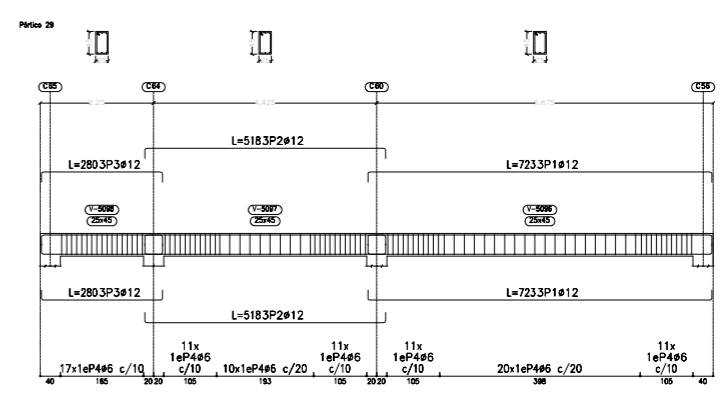
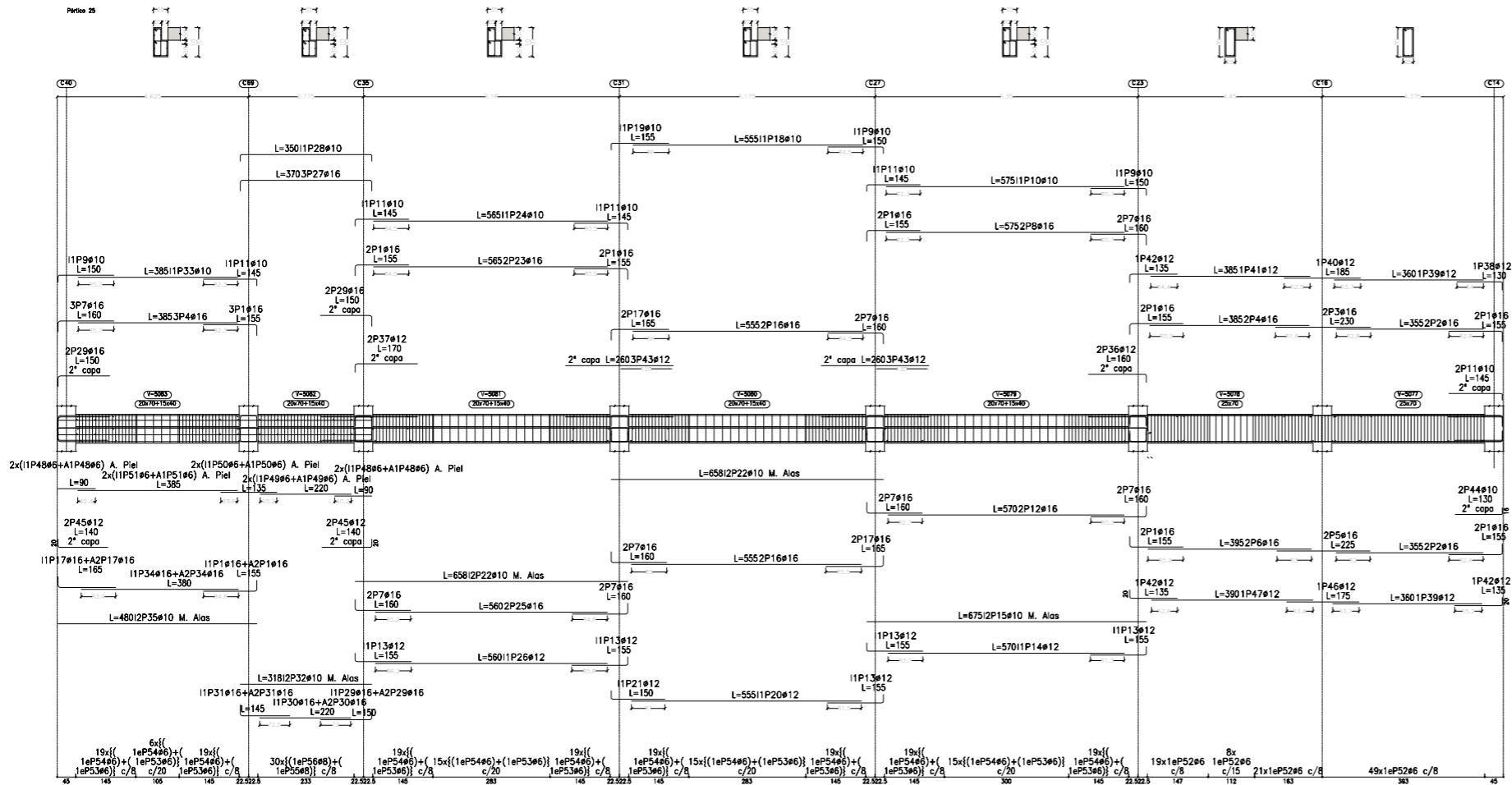
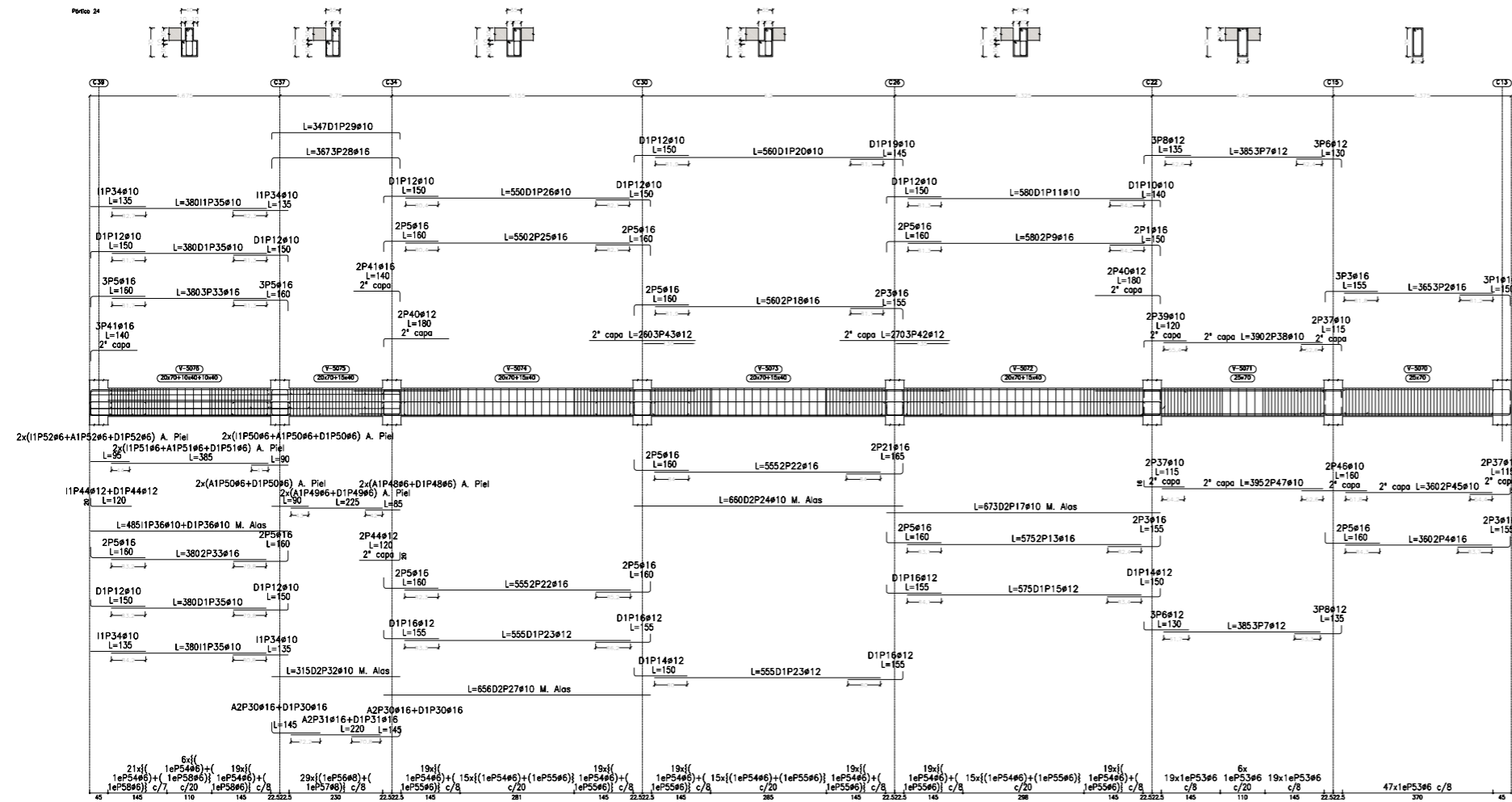
2do nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en estribos: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 2do nivel o losa  
 Nivel: +7.00



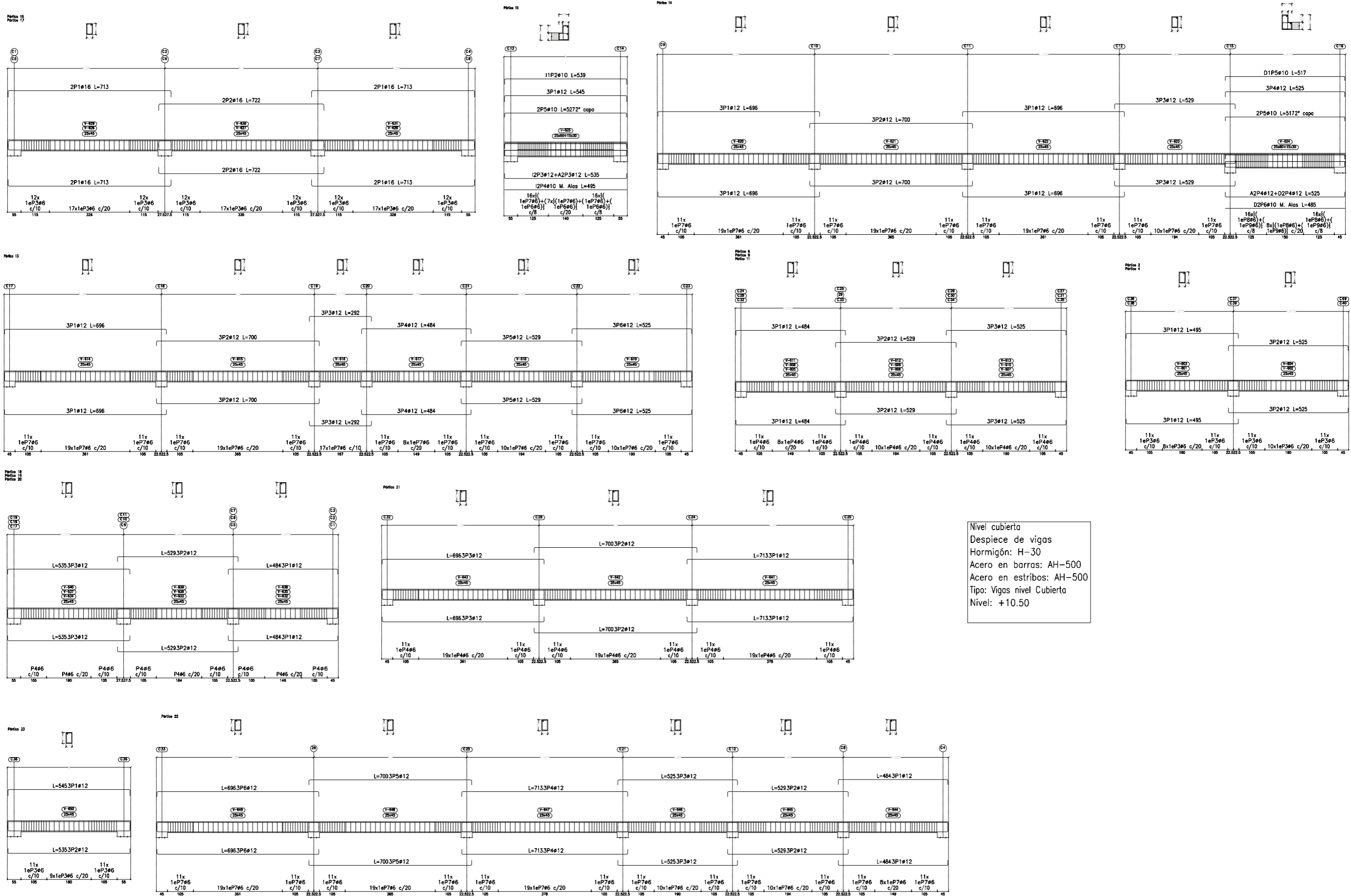


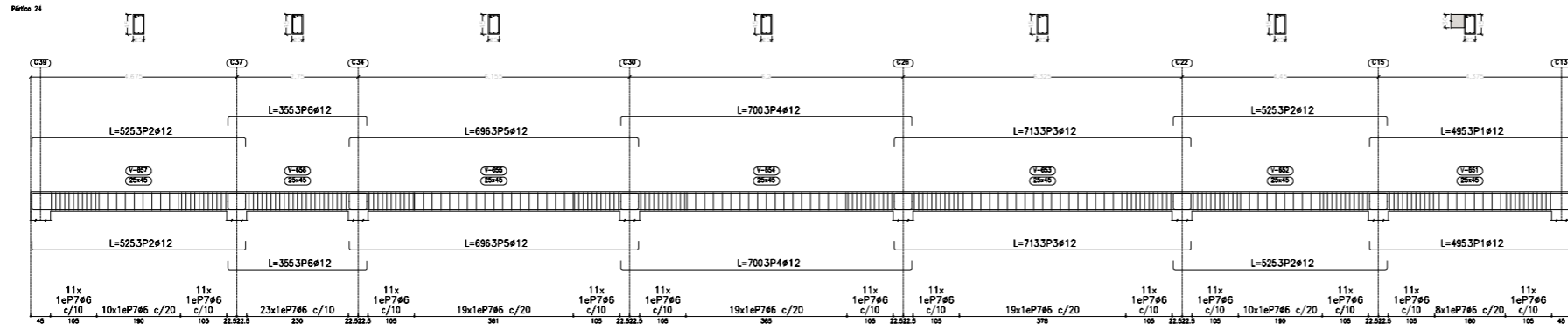


2do nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 2do nivel o losa  
 Nivel: +7.00

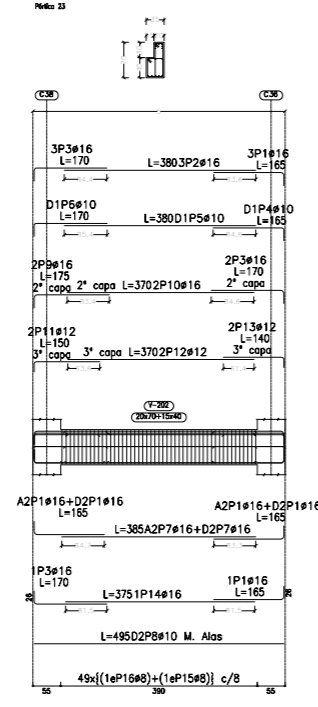
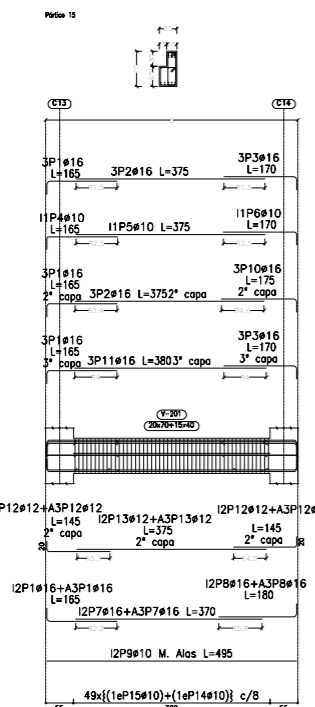
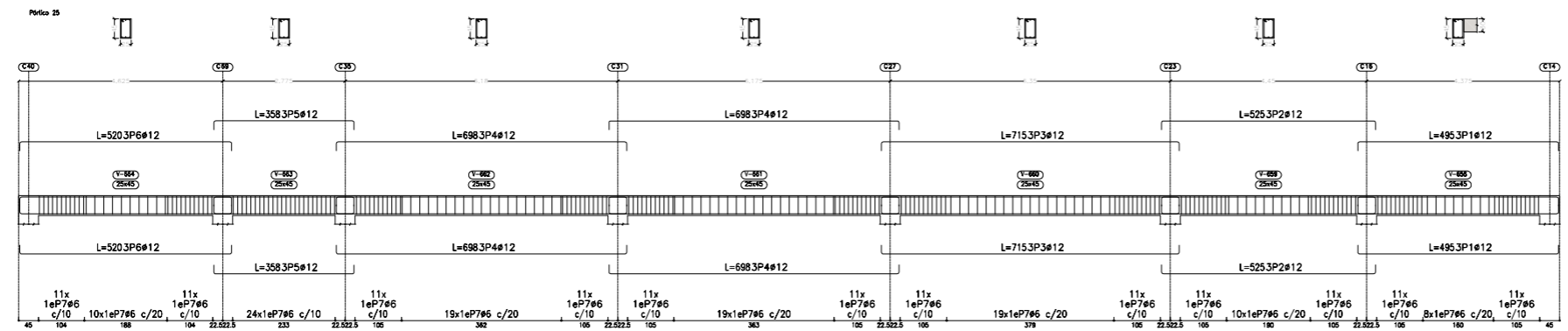


2do nivel  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas 2do nivel o losa  
 Nivel: +7.00

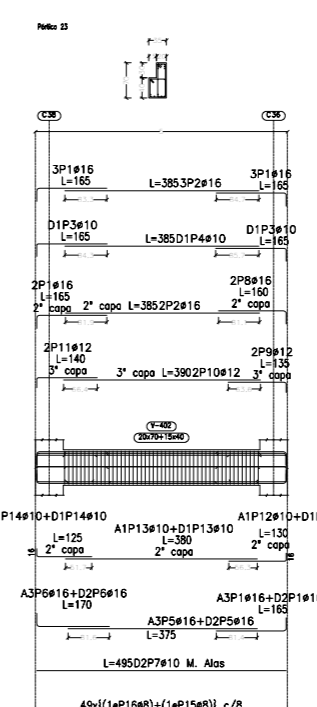
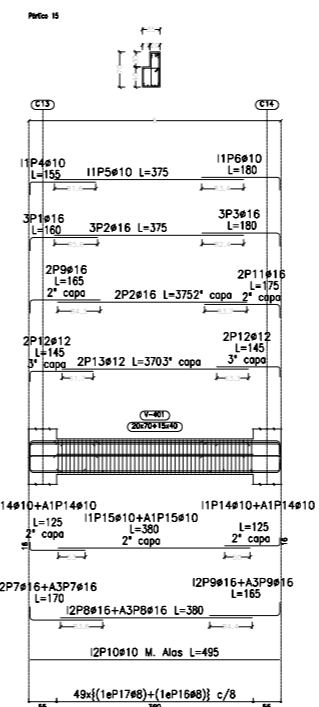




Nivel cubierta  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas nivel Cubierta  
 Nivel: +10.50



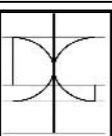
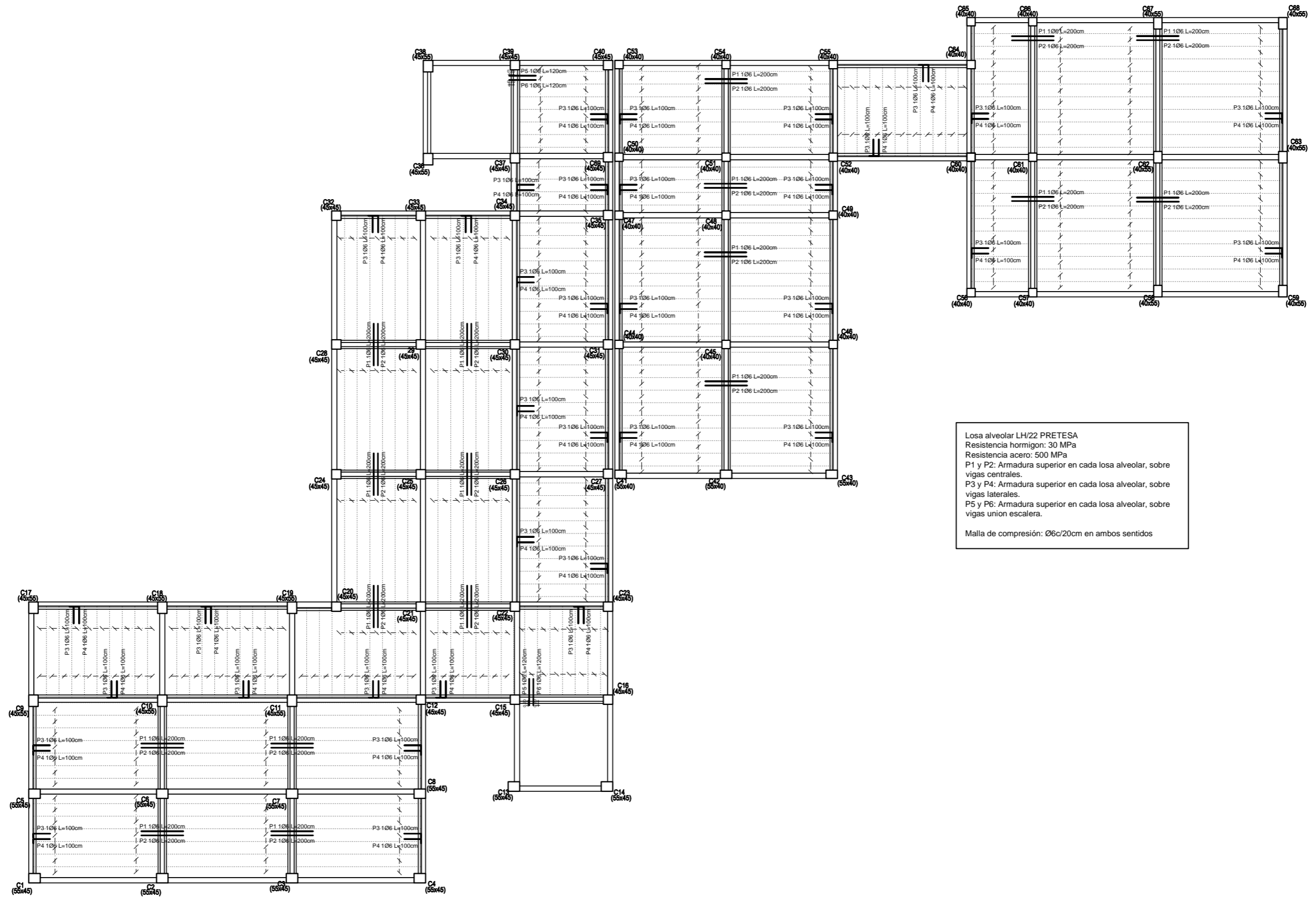
Nivel descanso escalera 1  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas descanso 1  
 Nivel: +1.75



Nivel descanso escalera 2  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: H-30  
 Acero en barras: AH-500  
 Acero en estribos: AH-500  
 Tipo: Vigas Descanso 2  
 Nivel: +5.25

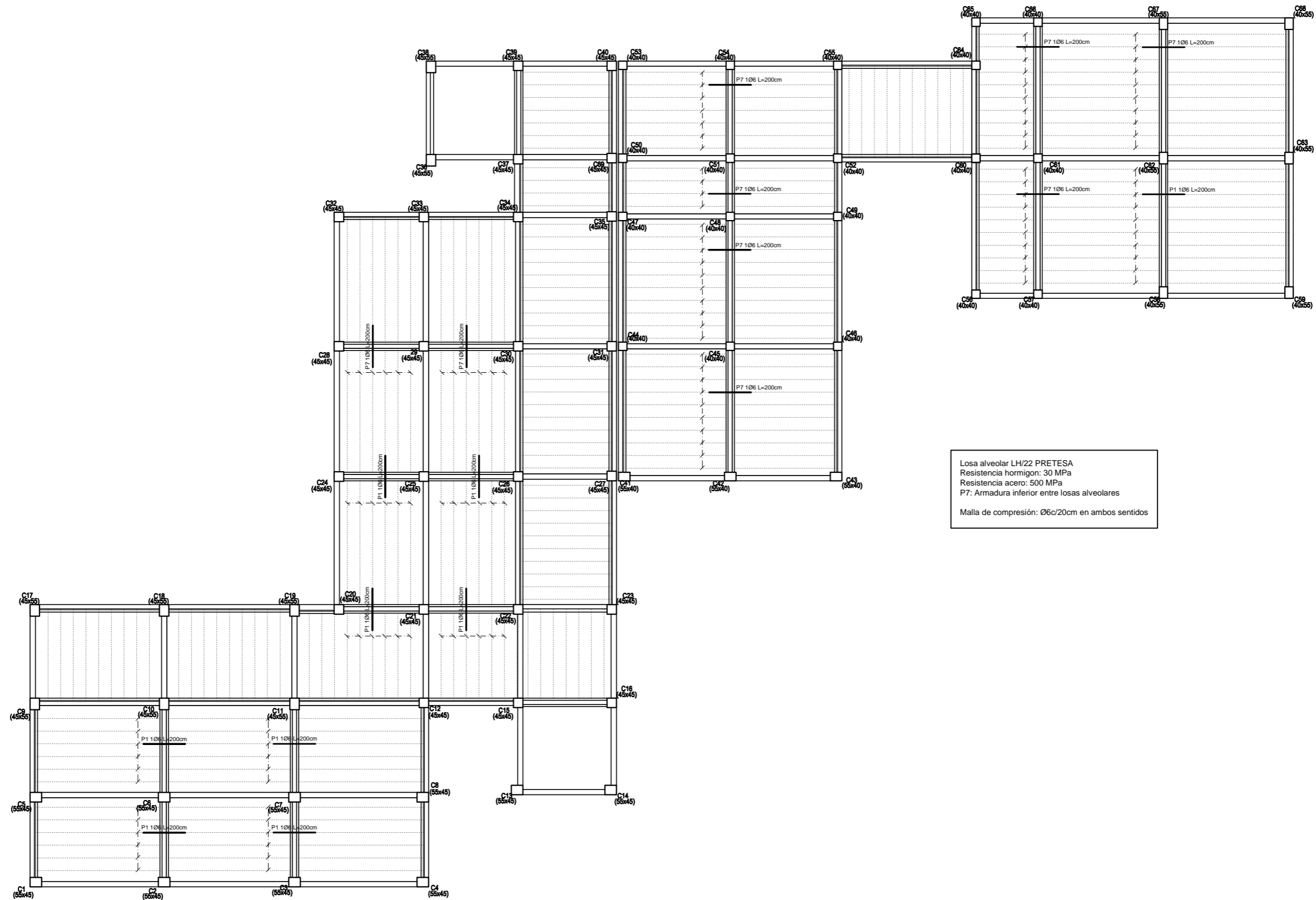


# Plano armadura superior de losas 1er nivel





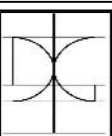
# Plano armadura inferior de losas 1er nivel



Losa alveolar LH/22 PRETESA  
 Resistencia hormigon: 30 MPa  
 Resistencia acero: 500 MPa  
 P7: Armadura inferior entre losas alveolares  
 Malla de compresion: Ø6c/20cm en ambos sentidos



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
 CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE  
 INGENIERIA CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
 MASTER UNIVERSITARIO EN  
 INGENIERIA DEL HORMIGON

AUTOR:  
 CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
 ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
 CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
 PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
 EDUCACION EN BOLIVIA

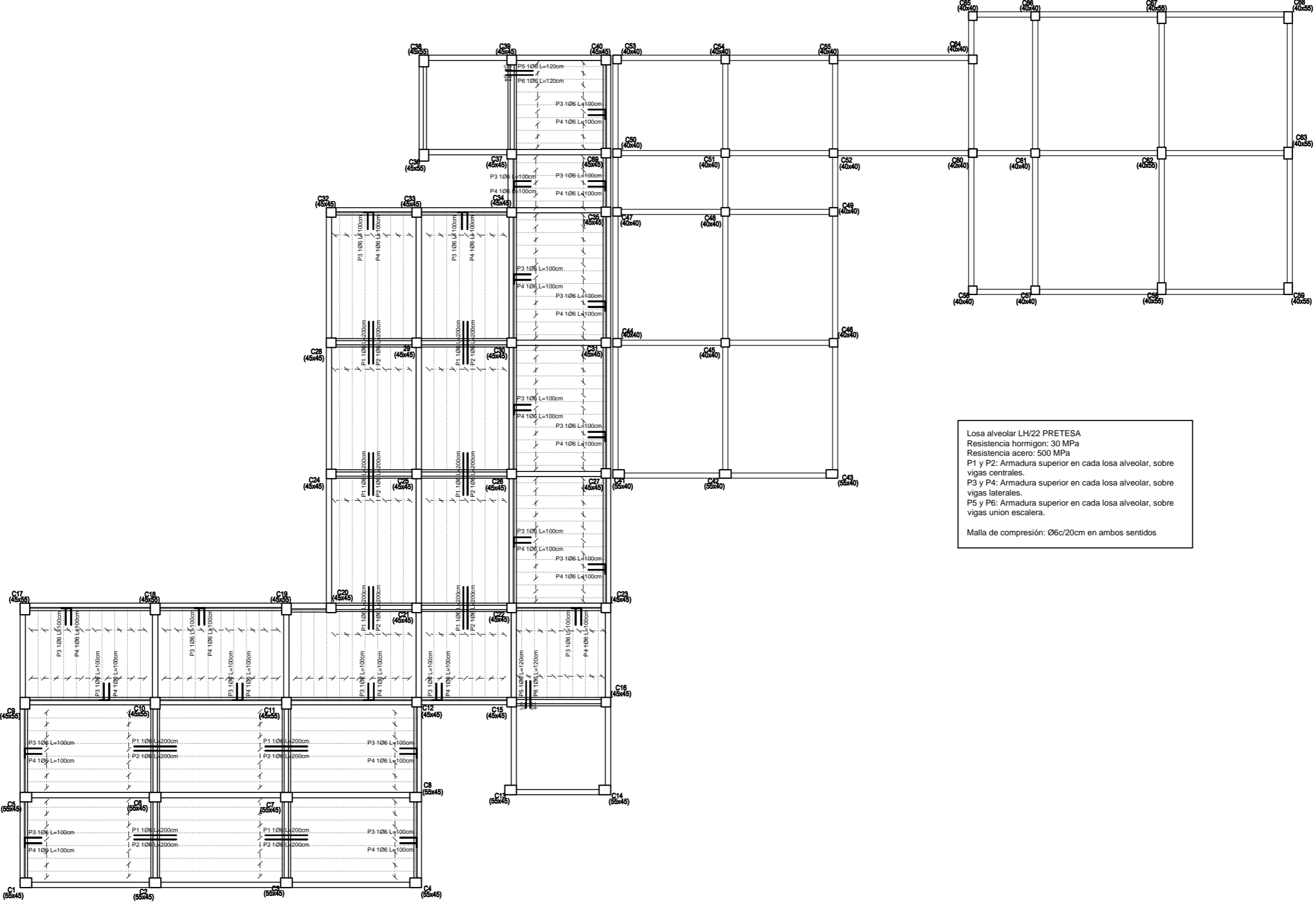
ESCALAS:  
 1:200

FECHA:  
 NOVIEMBRE  
 2021

TITULO PLANO:  
 PLANOS DE ARMADO EN LOSAS

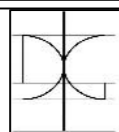
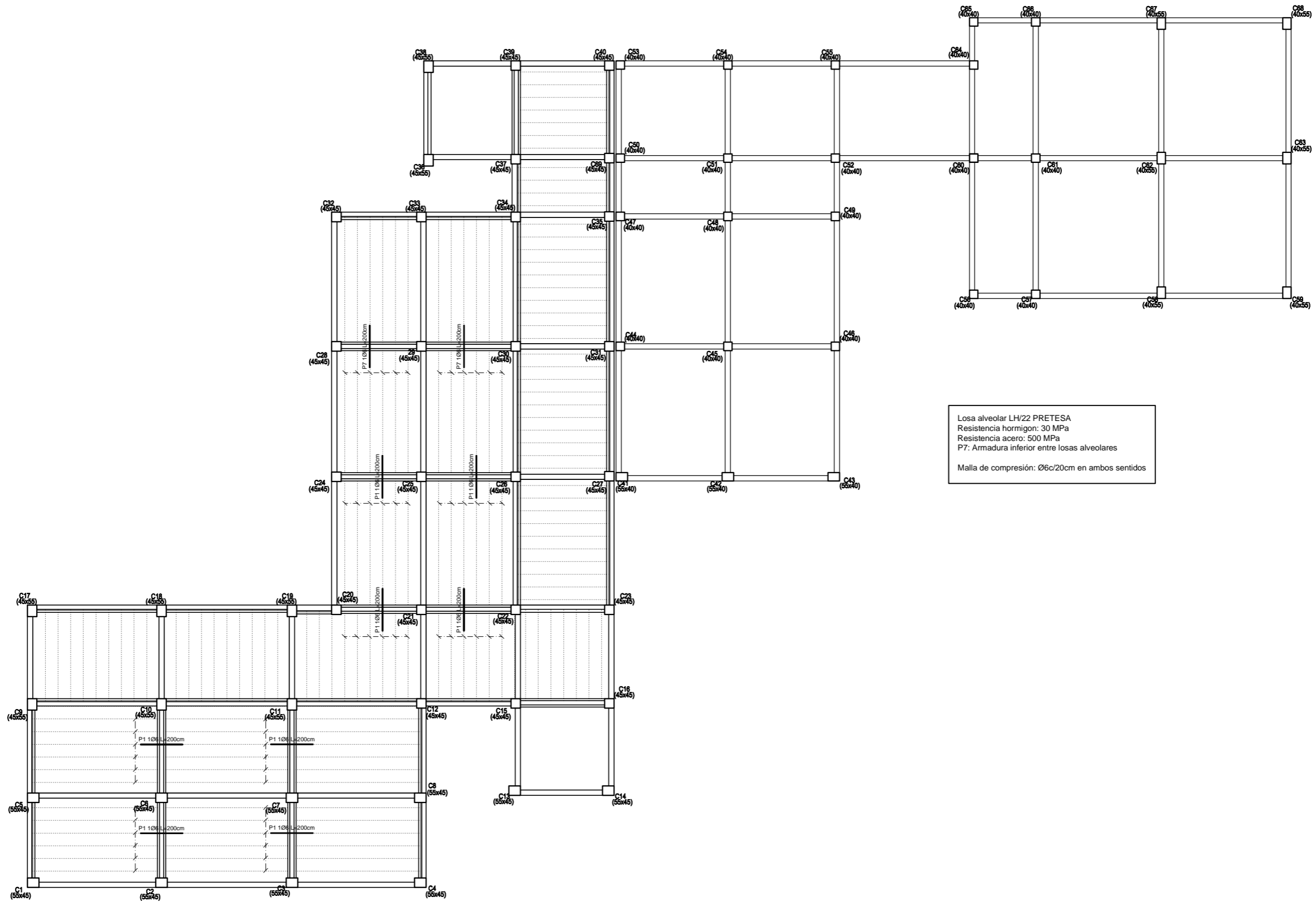
No DE  
 PLANO:  
 2/5

# Plano armadura superior de losas 2do nivel

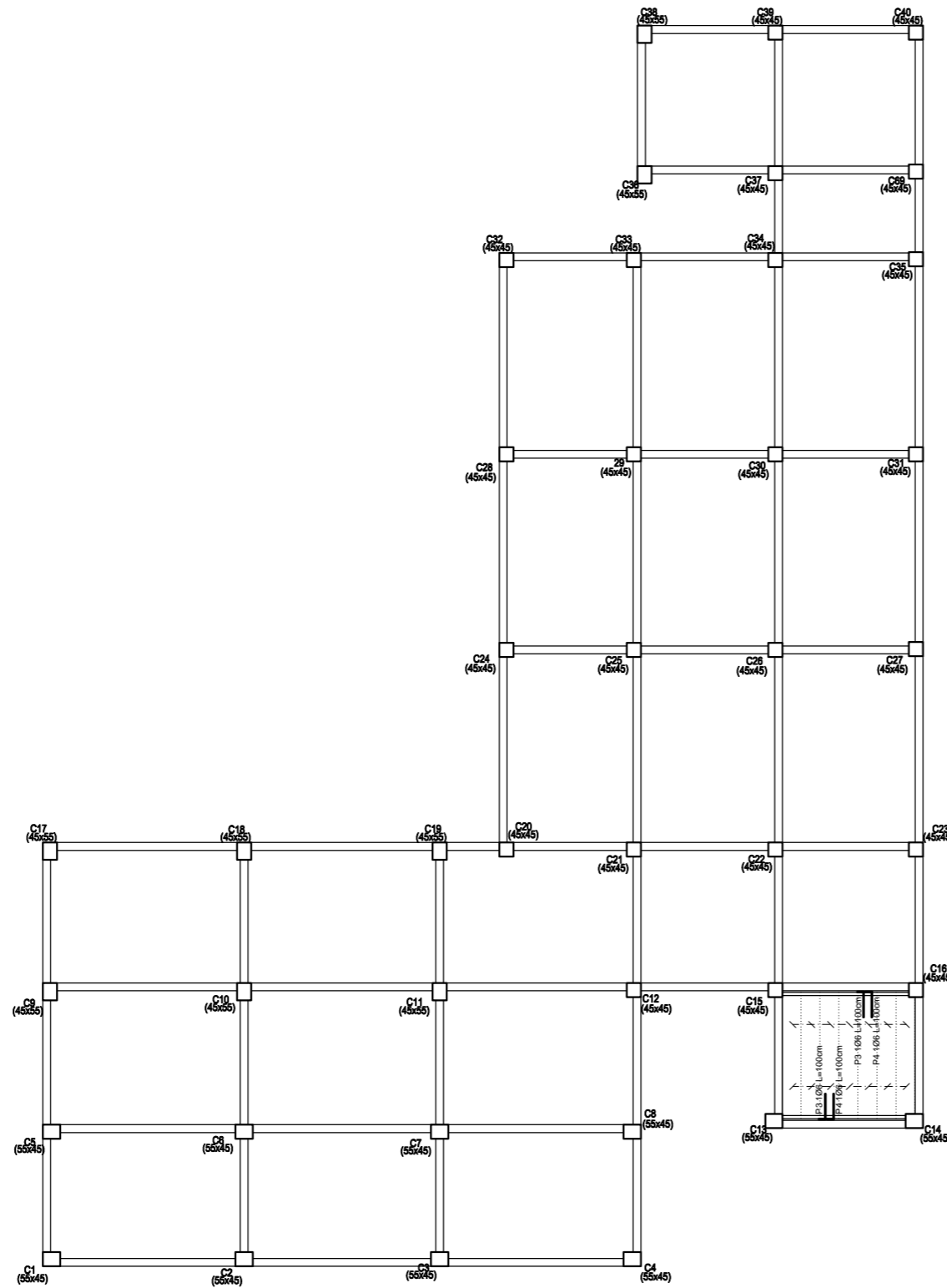


Losa alveolar LH/22 PRETESA  
 Resistencia hormigon: 30 MPa  
 Resistencia acero: 500 MPa  
 P1 y P2: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas centrales.  
 P3 y P4: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas laterales.  
 P5 y P6: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas union escalera.  
 Malla de compresión: Ø6c/20cm en ambos sentidos

# Plano armadura inferior de losas 2do nivel



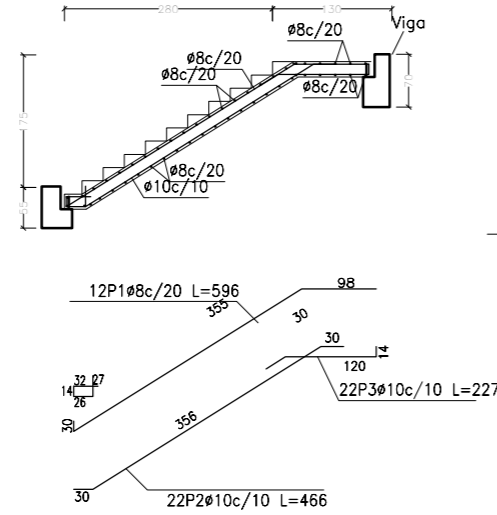
# Plano armadura superior Nivel cubierta



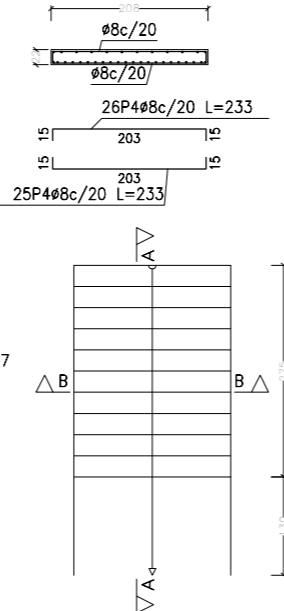
Losa alveolar LH/22 PRETESA  
 Resistencia hormigon: 30 MPa  
 Resistencia acero: 500 MPa  
 P1 y P2: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas centrales.  
 P3 y P4: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas laterales.  
 P5 y P6: Armadura superior en cada losa alveolar, sobre vigas union escalera.  
 Malla de compresión: Ø6c/20cm en ambos sentidos

Tramo Viga de arriestre - Losa		
Geometría	Ámbito	2.075 m
	Espesor	0.22 m
	Huella	0.280 m
	Contrahuella	0.175 m
	Desnivel que salva	1.75 m
Cargas	N° de escalones	10
	Planta final	Apoyo escalera 1
	Planta inicial	Planta baja
	Peso propio	4.91 kN/m <sup>2</sup>
	Peldañeado (Hormigonado con la losa)	1.82 kN/m <sup>2</sup>
Materiales	Solado	1.00 kN/m <sup>2</sup>
	Barandillas	0.90 kN/m
	Sobrecarga de uso	4.80 kN/m <sup>2</sup>
	Hormigón	H-30
	Acero	AH-500
Rec. geométrico	2.0 cm	

Sección A-A



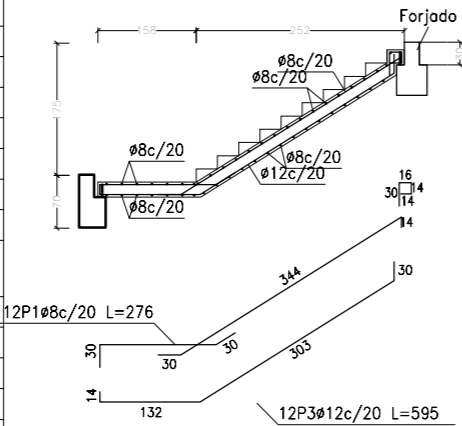
Sección B-B



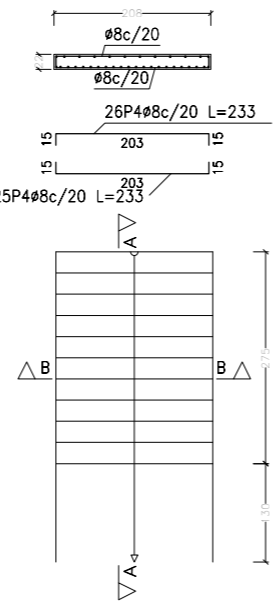
Armado de escalera  
Hormigón: H-30  
Acero en barras: AH-500  
Acero en estribos: AH-500

Tramo Descanso 1 - Losa		
Geometría	Ámbito	2.075 m
	Espesor	0.22 m
	Huella	0.280 m
	Contrahuella	0.175 m
	Desnivel que salva	1.75 m
Cargas	N° de escalones	10
	Planta final	Forjado 1
	Planta inicial	Apoyo escalera 1
	Peso propio	4.91 kN/m <sup>2</sup>
	Peldañeado (Hormigonado con la losa)	1.82 kN/m <sup>2</sup>
Materiales	Solado	1.00 kN/m <sup>2</sup>
	Barandillas	0.90 kN/m
	Sobrecarga de uso	4.80 kN/m <sup>2</sup>
	Hormigón	H-30
	Acero	AH-500
Rec. geométrico	2.0 cm	

Sección A-A

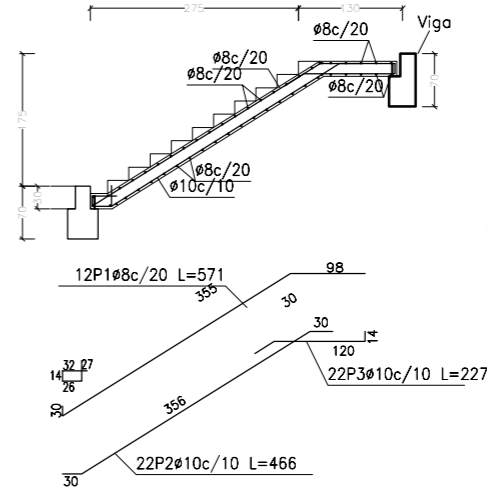


Sección B-B

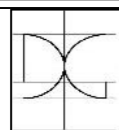
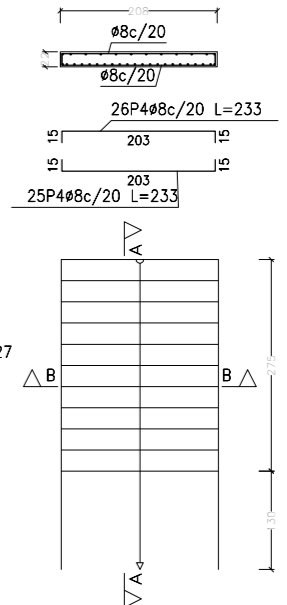


Tramo Losa - Descanso 2		
Geometría	Ámbito	2.075 m
	Espesor	0.22 m
	Huella	0.280 m
	Contrahuella	0.175 m
	Desnivel que salva	1.75 m
Cargas	N° de escalones	10
	Planta final	Apoyo escalera 2
	Planta inicial	Forjado 1
	Peso propio	4.91 kN/m <sup>2</sup>
	Peldañeado (Hormigonado con la losa)	1.82 kN/m <sup>2</sup>
Materiales	Solado	1.00 kN/m <sup>2</sup>
	Barandillas	0.90 kN/m
	Sobrecarga de uso	4.80 kN/m <sup>2</sup>
	Hormigón	H-30
	Acero	AH-500
Rec. geométrico	2.0 cm	

Sección A-A



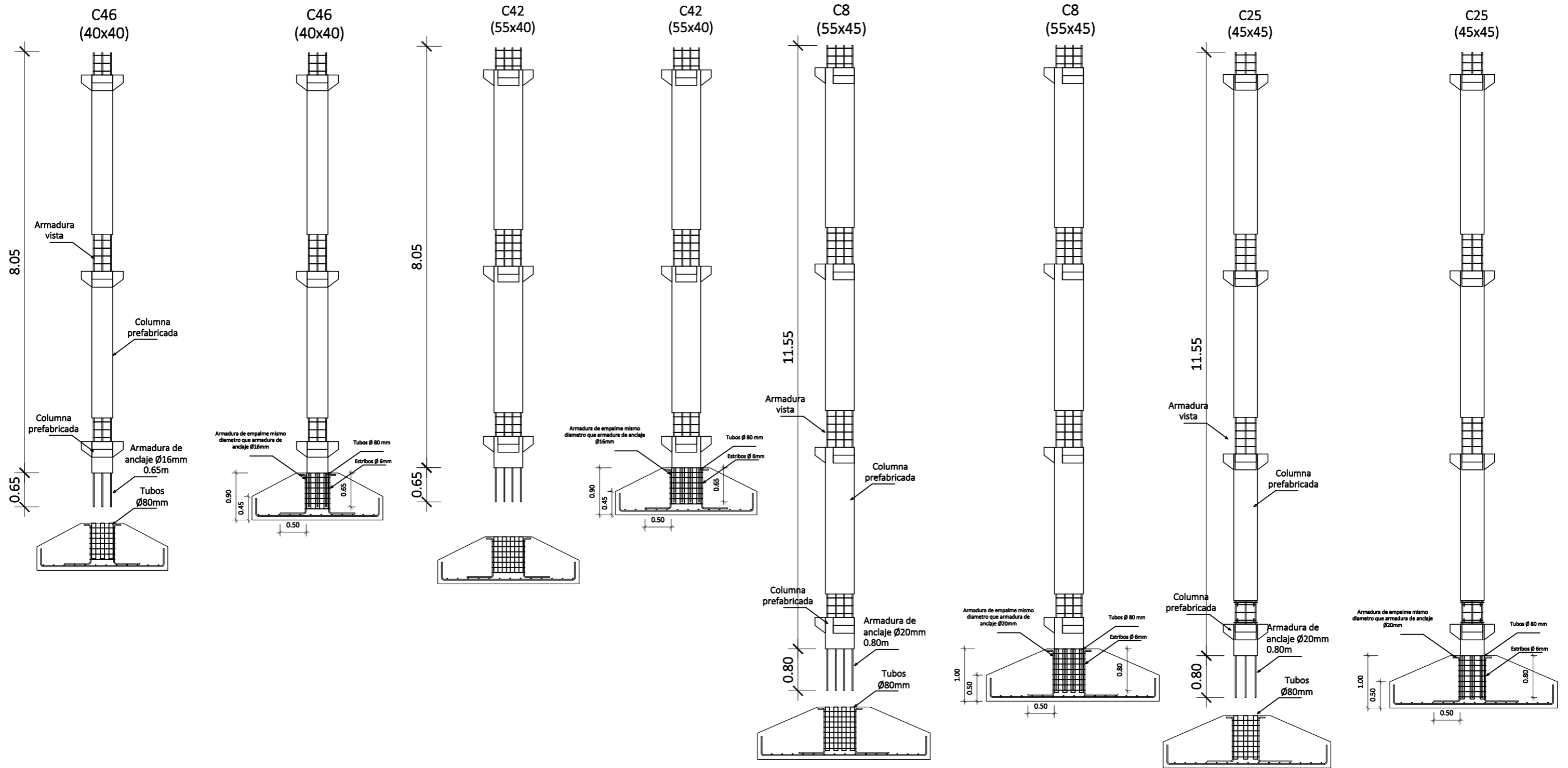
Sección B-B



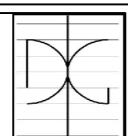
## PLANOS DE DETALLES CONSTRUCTIVOS

UNION COLUMNA PREFABRICADA - ZAPATA	1/5
DETALLE ARMADO LOSA	2/5
DETALLE ARMADO VIGA	3/5
DETALLE MOTANJE ESCALERA	4/5
DETALLE VISTA 3D	5/5

# Detalle Union columna - zapata



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA  
CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE INGENIERIA  
CIVIL



TRABAJO FIN DE MASTER:  
MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA  
DEL HORMIGON

AUTOR:  
CRISTIAN MARIO ESTRADA PLATA

TITULO:  
ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
CONSTRUCCION HORMIGONADO IN SITU Y  
PREFABRICADO. APLICACION A UNA UNIDAD DE  
EDUCACION EN BOLIVIA

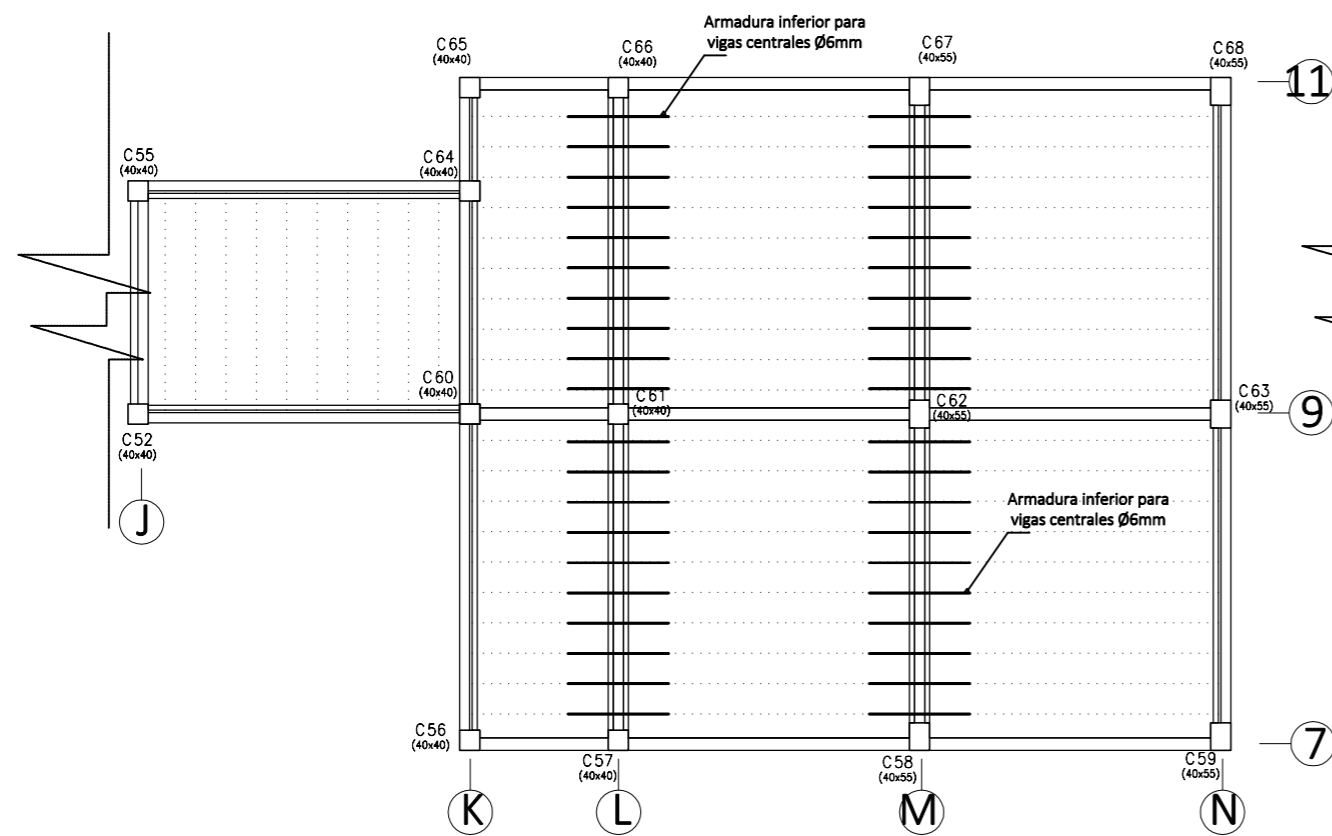
ESCALAS:  
1:75

FECHA:  
NOVIEMBRE  
2021

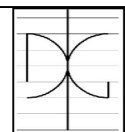
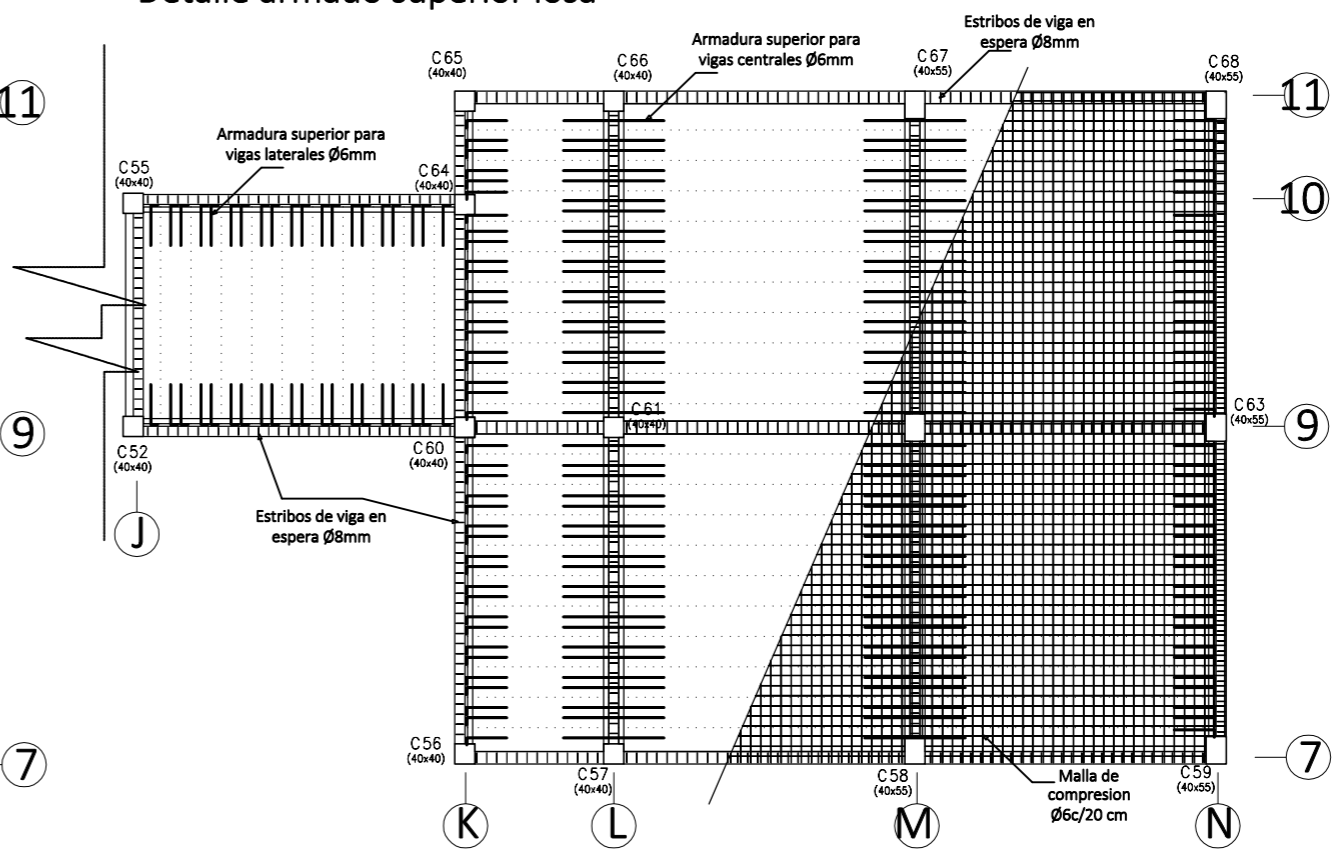
TITULO PLANO:  
PLANOS PARA DETALLES CONSTRUCTIVOS:  
UNION COLUMNA PREFABRICADA -ZAPATA

No DE  
PLANO:  
1/5

Detalle armado superior inferior losa



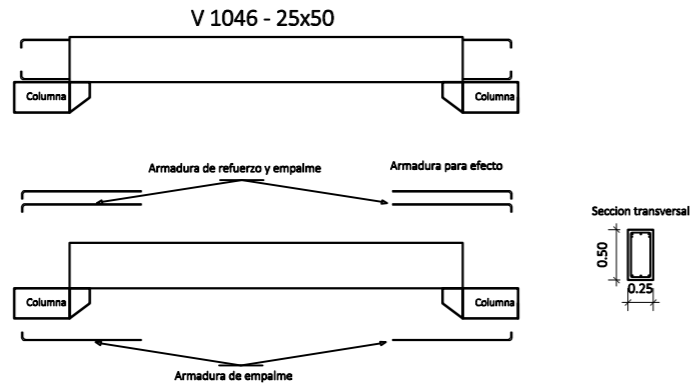
Detalle armado superior losa



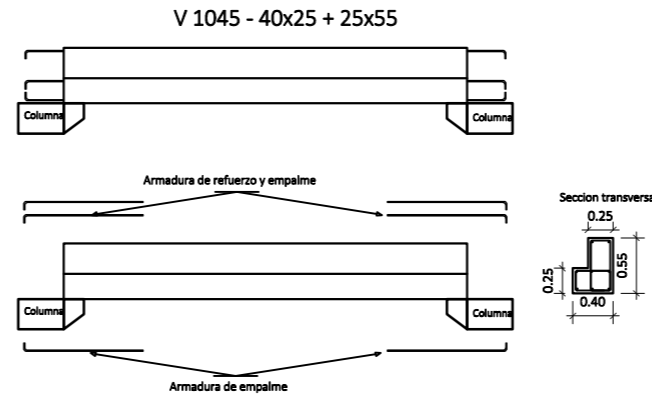


# Detalle armado Vega

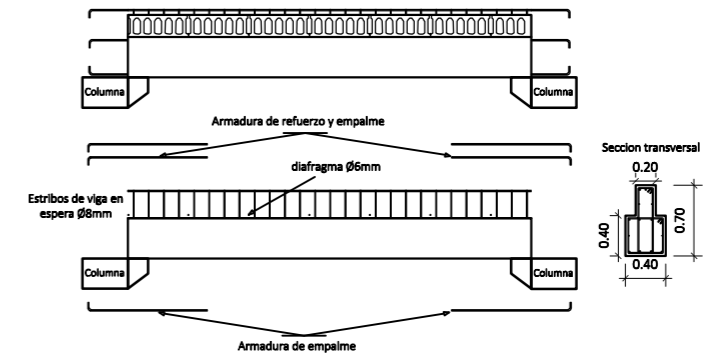
Viga de arriostre (rectangular)



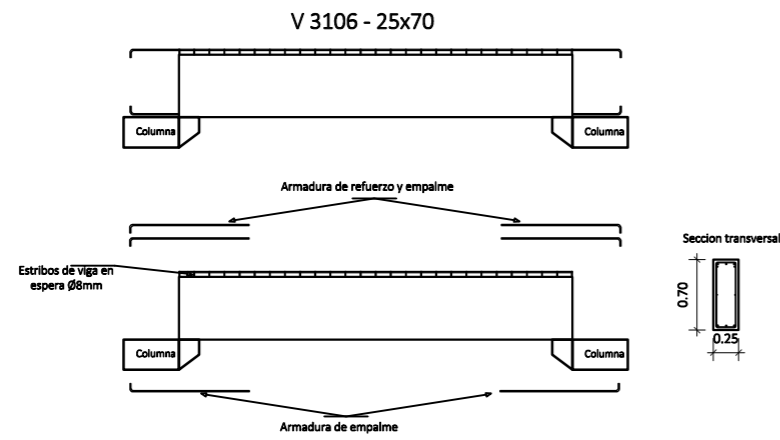
Viga de arriostre (L invertida)



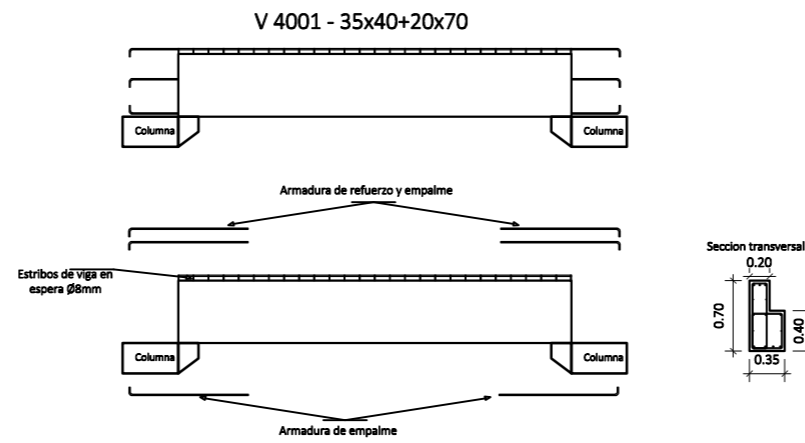
Viga 2do nivel (T invertida)  
V 5045 - 40x40+20x70



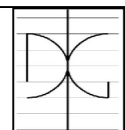
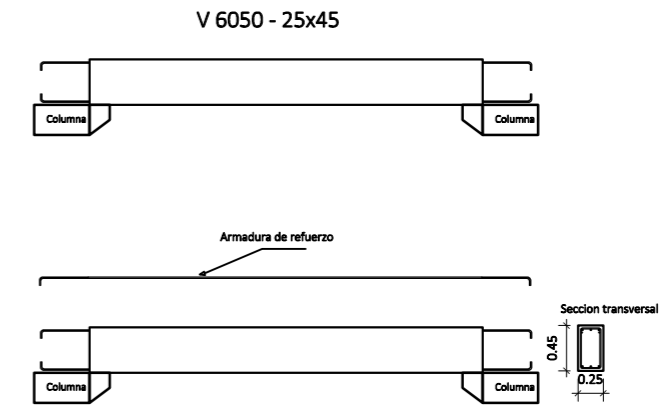
Viga 1er nivel (rectangular)



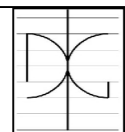
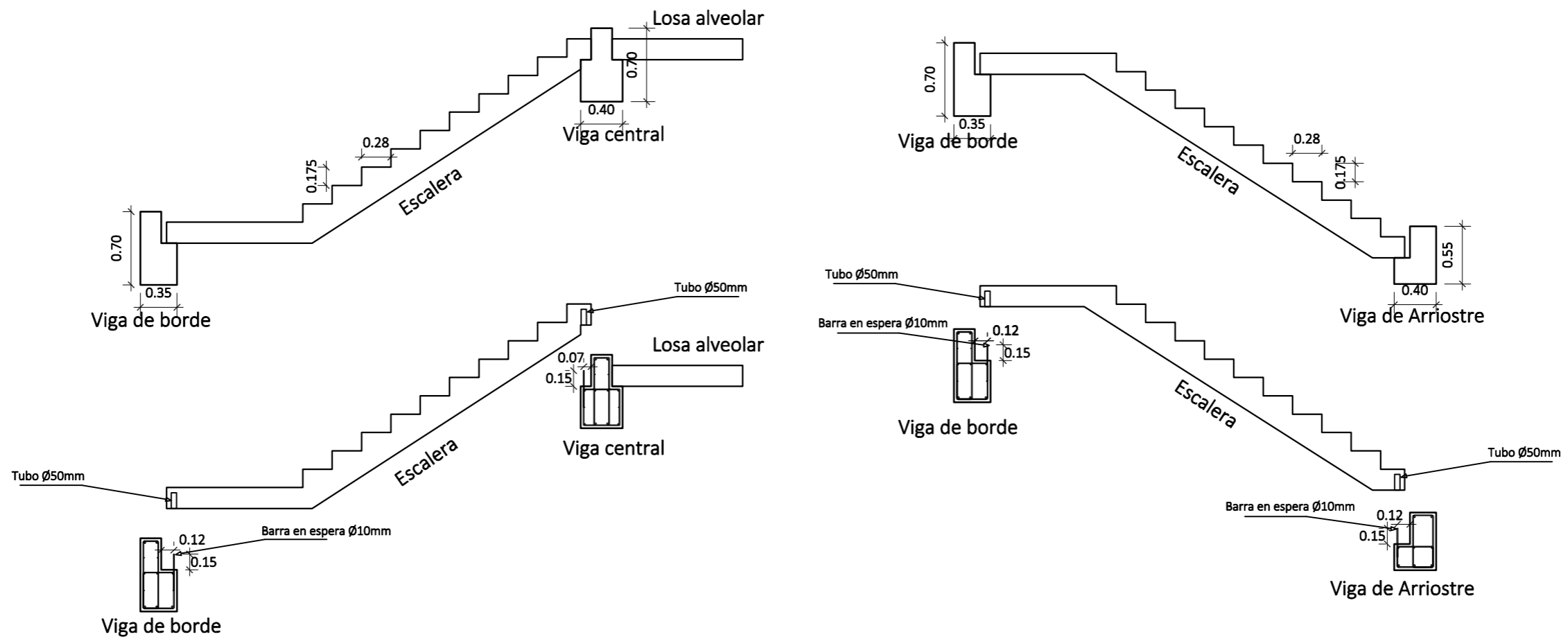
Viga descanso escalera 2 (L invertida)



Viga nivel cubierta (rectangular)

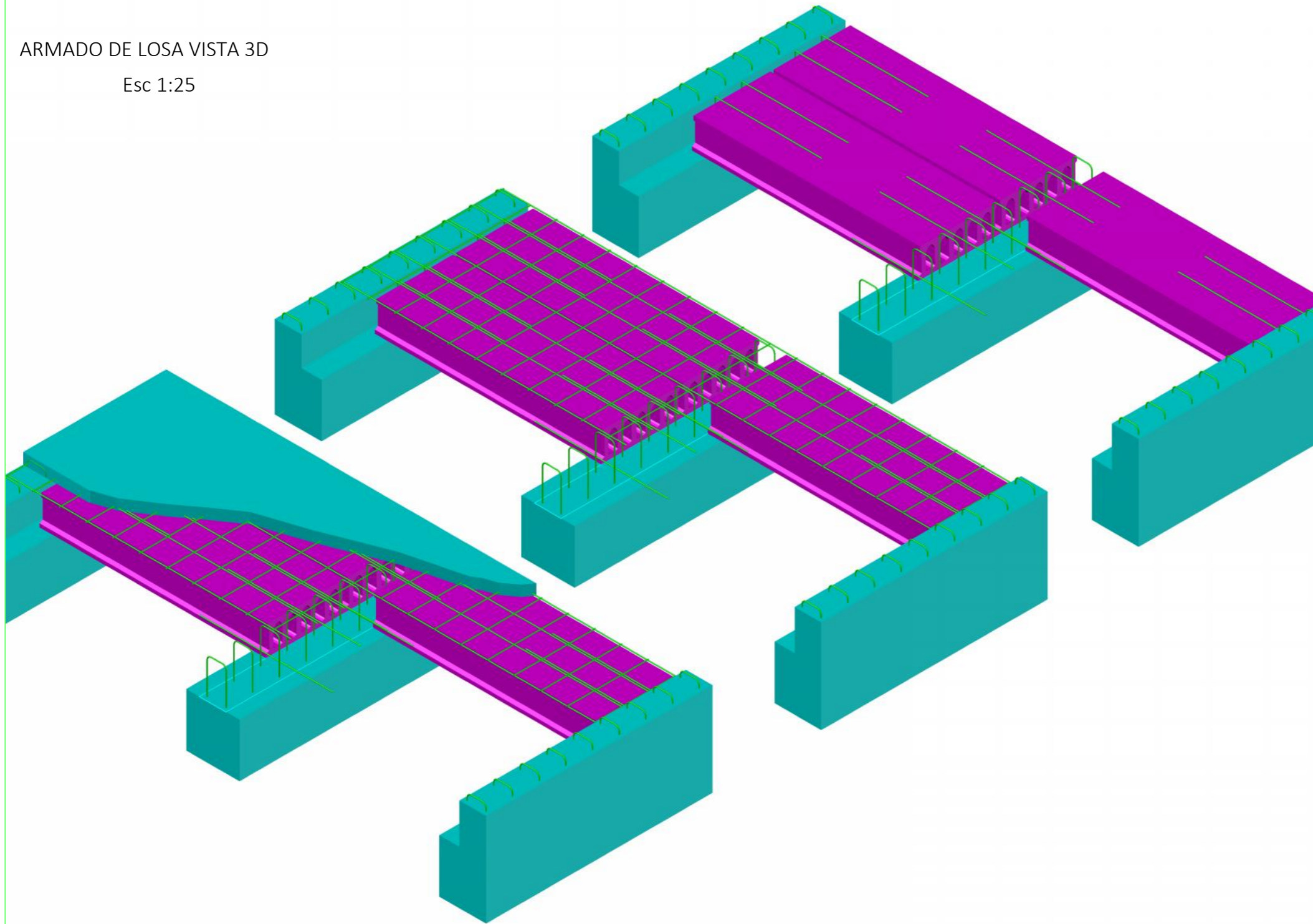


# Detalle montaje escalera



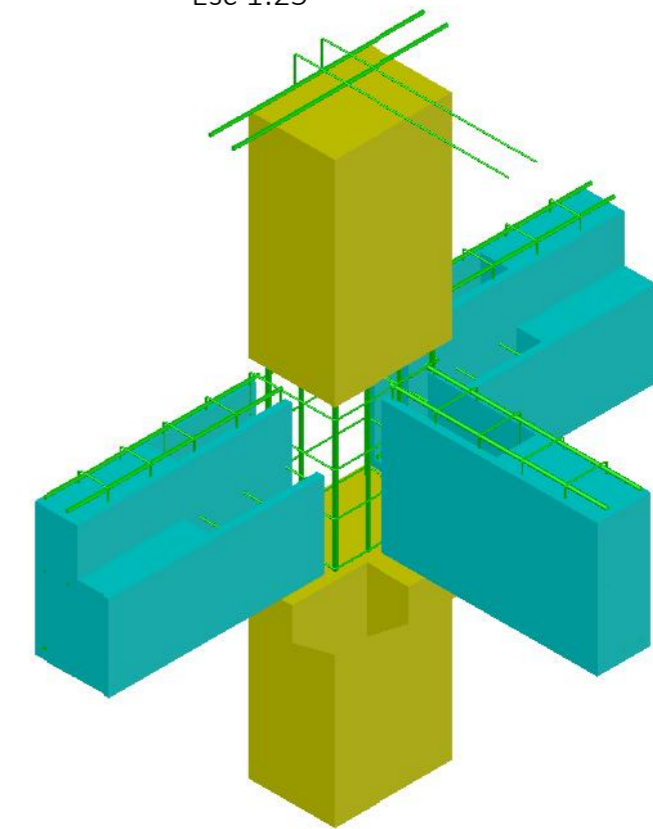
ARMADO DE LOSA VISTA 3D

Esc 1:25



UNION VIGA COLUMNA VISTA 3D

Esc 1:25



UNION COLUMNA-ZAPATA  
VISTA 3D

Esc 1:25

