

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño estructural de una vivienda de 2 plantas en Samborondón

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Andrea Nicole Pinzón Falquez

Arianna Kristell Villarruel Salazar

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico principalmente a Dios, porque nada de esto hubiera sido posible sin Él. A mi mamá por haberme apoyado en todo momento, sin ella no hubiera tenido el tiempo que tuve para dedicarme a la carrera. A mi hermana, quién me ha enseñado con la más grande paciencia en mis momentos de angustia. Y a mi papá, quién me enseñó que todo lo que me proponga lo puedo lograr. Este logro es de nosotros. Gracias de corazón.

Andrea Pinzón Falquez

DEDICATORIA

Detrás de este trabajo hay años de esfuerzo y quiero dedicarlo a Dios y a María Santísima por ser mi luz en este caminar.

A mi mami Mariuxi Renata por ser esa calma en mis momentos de angustia durante la carrera. A mi papi Ángel Miguel por sus llamadas al finalizar mis exámenes. A mi abuelita Sara por quedarse hasta tarde en la noche esperando que acabe mis tareas. A mi hermano Miguel Ángel por su compañía. A mi novio Xavier Andrés por compartir mis experiencias día tras día.

Un agradecimiento especial a mi abuelita Norma, quien partió de este mundo cuando yo apenas empezaba mi carrera.

Arianna Villarruel Salazar

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mis compañeros de carrera, quiénes me han ayudado incondicionalmente sin esperar nada a cambio, no lo hubiera logrado sin ustedes. A mi primo José Luis Massón, quién ha sido ejemplo y apoyo fundamental en mi carrera, fuiste mi ángel. Agradezco a la ESPOL y a los maestros que la conforman, por enseñarme que todo sacrificio vale la pena. Y a mis amigos, los “Friends” por su sincera amistad, oraciones y por sacarme una sonrisa en todo momento.

Andrea Pinzón Falquez

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud y amor a Papá Dios por estar en cada segundo de mi vida y a María Santísima por sus constantes intercesiones.

Gracias totales a mi mami Mariuxi Renata y mi papi Ángel Miguel por el sacrificio, el amor, la paciencia y la voz de aliento durante estos años. Gracias a mi hermano Miguel Ángel y a mi amiga Carolina Estefanía por ayudarme a vivir de mejor manera en esta nueva ciudad que nos acogió.

Gracias especiales a mi novio Xavier Andrés que sabe a detalle todo el esfuerzo que he realizado desde antes de ser admitida en esta universidad.

Muchas gracias a toda mi familia, a mis amigas de carrera, a mis compañeros, a cada uno de mis profesores que caminaron a mi lado en esta aventura.

Arianna Villarruel Salazar

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Andrea Nicole Pinzón Falquez y Arianna Kristell Villarruel Salazar damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Andrea Nicole Pinzón
Falquez



Arianna Kristell Villarruel
Salazar

EVALUADORES

Ing. Miguel Ángel Chávez, Ph. D

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Walter Hurtares, M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El ser humano tiene la necesidad de trabajar por aquello que anhela conseguir, el cliente en cuestión luego de largos años de labor, desea construir una vivienda que le brinde confort y seguridad para ella y su familia. El cliente cuenta con el informe geotécnico de su terreno y con el diseño arquitectónico, el objetivo es realizar un diseño estructural de la vivienda de dos plantas que se ubicará en la Isla Mocolí, Samborondón.

Se presentaron diferentes alternativas de materiales para el diseño de la vivienda, se evaluaron distintos parámetros y para el tema ambiental se realizó un Análisis de Ciclo de Vida simplificado de estos materiales, siendo el Hormigón Armado la opción seleccionada. A continuación, se elaboró el diseño estructural de columnas, vigas, losa y cimentación considerando la norma NEC – 15 y el código ACI 318 – 14. Además, se requirió del apoyo de softwares de análisis y modelamiento estructural.

Finalmente, cada uno de los elementos estructurales diseñados cumplen con la normativa especificada y se verifica que el diseño satisface la demanda.

Palabras Clave: Columnas, vigas, zapata corrida y losa.

ABSTRACT

The human being has the need to work for what he longs to achieve, the client in question after many years of work, wants to build a house that provides comfort and security for her and her family. The client has the geotechnical report of her land and the architectural design, the objective is to make a structural design of the two-floor house to be located in Isla Mocolí, Samborondón.

Different material alternatives were presented for the design of the house, different parameters were evaluated and for the environmental issue a simplified Life Cycle Analysis of these materials was carried out, being reinforced concrete the selected option. Next, the structural design of columns, beams, slabs and foundations was elaborated considering the NEC - 15 standard and the ACI 318 - 14 code. In addition, the support of structural analysis and modeling software was required.

Finally, each of the designed structural elements complies with the specified standards and it is verified that the design meets the demand.

Keywords: *Columns, beams, spread footing and slab.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE PLANOS	XVII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Localización	2
1.3 Información básica.....	2
1.3.1 Planos Arquitectónicos.....	2
1.3.2 Informe Geotécnico	2
1.4 Marco Teórico.....	4
1.4.1 Hormigón.....	4
1.4.2 Acero de Refuerzo	4
1.4.3 Hormigón Armado	4
1.4.4 Viga.....	4
1.4.5 Columna.....	4
1.4.6 Losa	5
1.4.7 Cimentación	5
1.4.8 Método LRFD	5
1.4.9 Combinaciones de cargas.....	5

1.4.10	Deriva de piso	5
1.4.11	Espectro de respuesta para diseño.....	6
1.5	Objetivos.....	6
1.5.1	Objetivo General	6
1.5.2	Objetivos Específicos	6
1.6	Justificación	6
CAPÍTULO 2.....		8
2.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	8
2.1	Metodología	8
2.2	Trabajo de campo, laboratorio y gabinete.....	8
2.3	Análisis de alternativas	9
2.3.1	Ponderación de Parámetros.....	11
CAPÍTULO 3.....		12
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	12
3.1	Diseño Arquitectónico.....	12
3.2	Estudio Geotécnico.....	13
3.2.1	Caracterización Geotécnica	13
3.2.2	Consideraciones sísmicas.....	15
3.2.2.1	Zonificación.....	15
3.2.2.2	Análisis de Licuación	15
3.2.2.3	Tipo de Perfil de Suelo`	16
3.2.3	Análisis de cimentaciones	17
3.2.3.1	Capacidad de Carga	17
3.2.3.2	Asentamientos	20
3.3	Diseño Estructural	22
3.3.1	Especificaciones técnicas de los materiales	22
3.3.2	Estimación de cargas	22
3.3.2.1	Carga Muerta	22

3.3.2.2	Carga Viva	22
3.3.2.3	Carga Sísmica	23
3.3.3	Análisis sísmico.....	23
3.3.3.1	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.....	23
3.3.4	Combinación de carga	25
3.3.5	Pre-dimensionamiento	26
3.3.5.1	Losa	26
3.3.5.2	Viga principal	27
3.3.5.3	Vigas secundarias.....	27
3.3.5.4	Columnas.....	28
3.3.6	Modelación y análisis en ETABS.....	29
3.3.6.1	Asignación de cargas.....	36
3.3.6.2	Coeficiente sísmico	37
3.3.6.3	Espectro de respuesta	37
3.3.6.4	Combinación de carga	39
3.3.6.5	Análisis modal.....	39
3.3.7	Memoria de cálculo	53
3.3.7.1	Losa	53
3.3.7.2	Viga Principal	57
3.3.7.3	Viga secundaria	70
3.3.7.4	Columnas.....	74
3.3.7.5	Criterio Columna Fuerte – Viga Débil	82
3.3.7.6	Cimentación	87
3.4	Especificaciones técnicas	91
CAPÍTULO 4.....		92
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	92
4.1	Objetivos.....	92
4.1.1	Objetivo General	92
4.1.2	Objetivos Específicos	92
4.2	Metodología	92

4.3	Descripción de las alternativas según el plano ambiental.....	94
4.3.1	Hormigón.....	94
4.3.1.1	Extracción de la materia prima.....	94
4.3.1.2	Fabricación del material.....	94
4.3.1.3	Aplicación o uso del material.....	95
4.3.1.4	Disposición final.....	95
4.3.2	Acero.....	95
4.3.2.1	Extracción de la materia prima.....	95
4.3.2.2	Fabricación del material.....	96
4.3.2.3	Aplicación o uso del material.....	97
4.3.2.4	Disposición final.....	97
4.3.3	Madera.....	97
4.3.3.1	Extracción de la materia prima.....	97
4.3.3.2	Fabricación del material.....	98
4.3.3.3	Aplicación o uso del material.....	98
4.3.3.4	Disposición final.....	99
4.3.4	Bambú.....	99
4.3.4.1	Extracción de la materia prima.....	99
4.3.4.2	Fabricación del material.....	100
4.3.4.3	Aplicación o uso del material.....	101
4.3.4.4	Disposición final.....	101
4.4	Identificación de impactos ambientales.....	101
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	104
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	107
4.7	Conclusiones.....	109
CAPÍTULO 5.....		110
5.	PRESUPUESTO.....	110
5.1	Estructura de Desglose del Trabajo EDT.....	110
5.2	Descripción de rubros.....	110
5.2.1	Desbroce y limpieza.....	110

5.2.2	Replanteo y nivelación	111
5.2.3	Excavación y desalojo con maquinaria	111
5.2.4	Relleno compactado.....	111
5.2.5	Instalaciones provisionales y bodega.....	111
5.2.6	Hormigón de replantillo $f'_c=140 \text{ kgf/cm}^2$	112
5.2.7	Hormigón para zapatas corridas $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	112
5.2.8	Acero de refuerzo para zapatas corridas $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	112
5.2.9	Hormigón para columnas $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	113
5.2.10	Hormigón para vigas principales $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	113
5.2.11	Hormigón para vigas secundarias $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	113
5.2.12	Hormigón para losa de piso $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	114
5.2.13	Hormigón para losa de entrepiso $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	114
5.2.14	Hormigón para escalera $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	114
5.2.15	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	115
5.2.16	Hormigón para losa de hormigón $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	115
5.2.17	Losa de cubierta.....	115
5.3	Análisis de costos unitarios.....	115
5.4	Descripción de cantidades de obra.....	116
5.5	Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental.....	118
5.6	Cronograma valorado	119
CAPÍTULO 6.....		120
6.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	120
	Conclusiones	120
	Recomendaciones	121
BIBLIOGRAFÍA.....		122

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ONU	Organización de las Naciones Unidas
LRFD	Load and Resistance Factor Design
IIEG	Instituto de Información Estadística y Geográfica
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ACI	American Concrete Institute
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
f'_c	Resistencia a la compresión del hormigón
f'_y	Resistencia a la fluencia del acero
tnf	Tonelada fuerza
kgf	Kilogramo fuerza
kN	KiloNewton

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1 Ubicación del proyecto. [Pinzón & Villarruel, 2021]	2
Ilustración 2.1 Terreno proyectado para la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	9
Ilustración 3.1 Vista 3D del lateral izquierdo de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	12
Ilustración 3.2 Vista 3D del lateral derecho de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	12
Ilustración 3.3 Vista 3D de la parte trasera de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	12
Ilustración 3.4 Vista 3D de un corte de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	13
Ilustración 3.5 Perfil idealizado del suelo. [Pinzón & Villarruel, 2021]	13
Ilustración 3.6 Cuadros de caracterización geotécnica. [Pinzón & Villarruel, 2021]...	14
Ilustración 3.7 Zonas sísmicas del Ecuador y su factor de zona Z. [NEC, 2015]	15
Ilustración 3.8 Capacidad de carga de una cimentación continua sobre un suelo estratificado. [Das, 2012]	17
Ilustración 3.9 Coeficientes K_s según Meyerhoff y Hanna. [Das, 2012].....	18
Ilustración 3.10 Capacidad de carga admisible para cimentación. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	20
Ilustración 3.11 Espectro elástico de diseño. [NEC, 2015]	23
Ilustración 3.12 Espectro de diseño de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]	25
Ilustración 3.13 Área de losa Metalroof + Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	26
Ilustración 3.14 Posición del Metalroof en la instalación en obra. [Acesco, 2020]	27
Ilustración 3.15 Vista en 3D de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	29
Ilustración 3.16 Vista en planta de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	29
Ilustración 3.17 Elevación del eje F. [Pinzón & Villarruel, 2021]	30
Ilustración 3.18 Definición del f_c . [Pinzón & Villarruel, 2021]	30
Ilustración 3.19 Definición del f_y . [Pinzón & Villarruel, 2021]	31
Ilustración 3.20 Creación de columna. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	31
Ilustración 3.21 Inercia de sección agrietada en la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021]	32
Ilustración 3.22 Creación de viga principal (1). [Pinzón & Villarruel, 2021]	32

Ilustración 3.23 Creación de viga principal (2). [Pinzón & Villarruel, 2021]	33
Ilustración 3.24 Creación de viga secundaria (1). [Pinzón & Villarruel, 2021]	33
Ilustración 3.25 Creación de viga secundaria (2). [Pinzón & Villarruel, 2021]	34
Ilustración 3.26 Creación de la losa con placa colaborante. [Pinzón & Villarruel, 2021]	34
Ilustración 3.27 Creación de cubierta con placa colaborante. [Pinzón & Villarruel, 2021]	35
Ilustración 3.28 Diafragma para losa nivel 1. [Pinzón & Villarruel, 2021]	35
Ilustración 3.29 Diafragma para la losa nivel 2. [Pinzón & Villarruel, 2021]	36
Ilustración 3.30 Ingreso de carga viva y muerta en la losa nivel 1. [Pinzón & Villarruel, 2021]	36
Ilustración 3.31 Ingreso de carga viva y muerta en la losa nivel 2. [Pinzón & Villarruel, 2021]	36
Ilustración 3.32 Patrones de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]	37
Ilustración 3.33 Patrón de carga sísmica en X. [Pinzón & Villarruel, 2021]	37
Ilustración 3.34 Patrón de carga sísmica en Y. [Pinzón & Villarruel, 2021]	37
Ilustración 3.35 Espectro de respuesta sísmica. [Pinzón & Villarruel, 2021]	38
Ilustración 3.36 Casos de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]	38
Ilustración 3.37 Caso de Carga según el Espectro de Respuesta. [Pinzón & Villarruel, 2021]	39
Ilustración 3.38 Combinaciones de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]	39
Ilustración 3.39 Masa sísmica de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	40
Ilustración 3.40 Número de modos de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	40
Ilustración 3.41 Participación de masas de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	41
Ilustración 3.42 Periodo fundamental de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	41
Ilustración 3.43 Desplazamiento máximo en el eje X del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]	42
Ilustración 3.44 Cortante sísmico en el eje X del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]	43
Ilustración 3.45 Desplazamiento máximo eje Y del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]	43
Ilustración 3.46 Cortante sísmico en el eje Y del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]	44

Ilustración 3.47 Carga vertical total del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]	44
Ilustración 3.48 Desplazamiento máximo eje X del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	45
Ilustración 3.49 Cortante sísmico en el eje X del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	46
Ilustración 3.50 Desplazamiento máximo eje Y del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	46
Ilustración 3.51 Cortante sísmico en el eje Y del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	47
Ilustración 3.52 Carga vertical total del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	48
Ilustración 3.53 Desplazamiento en el eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	49
Ilustración 3.54 Desplazamiento en el eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	49
Ilustración 3.55 Desplazamiento máximo en X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	50
Ilustración 3.56 Desplazamiento máximo en Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	50
Ilustración 3.57 Desplazamiento en el eje X del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	51
Ilustración 3.58 Desplazamiento en el eje Y del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	51
Ilustración 3.59 Desplazamiento máximo en X del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	52
Ilustración 3.60 Desplazamiento máximo en Y del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	52
Ilustración 3.61 Sección equivalente de la losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]	55
Ilustración 3.62 Viga doblemente reforzada. [FerNAN Civil, 2021]	56
Ilustración 3.63 Sección transversal de losa. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	57
Ilustración 3.64 Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción. [ACI 318 – 14].....	62
Ilustración 3.65 Sección transversal de viga principal. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	69
Ilustración 3.66 Sección transversal de viga secundaria. [Pinzón & Villarruel, 2021]	73

Ilustración 3.67 Momento 1 de la columna crítica. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	75
Ilustración 3.68 Momento 2 de la columna crítica. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	75
Ilustración 3.69 Curvatura doble en la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	76
Ilustración 3.70 Carga Pu. [Pinzón & Villarruel, 2021]	78
Ilustración 3.71 Diagrama de interacción de la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021].	79
Ilustración 3.72 Separación de estribos. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	80
Ilustración 3.73 Sección transversal de la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	82
Ilustración 3.74 Relación de capacidad columna - viga. [Pinzón & Villarruel, 2021] ..	82
Ilustración 3.75 Cuantías de acero en vigas. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	83
Ilustración 3.76 Diagrama de interacción de la columna crítica superior. [Pinzón & Villarruel, 2021]	86
Ilustración 3.77 Sección transversal de la zapata corrida. [Pinzón & Villarruel, 2021]	91
Ilustración 3.78 Especificaciones técnicas. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	91
Ilustración 4.1 Fabricación del acero. [Nieto, 2019]	96
Ilustración 4.2 Fabricación de la madera. [Swedish Wood,s.f].....	98
Ilustración 4.3 Fabricación de madera. [Bamboo Flouring Facts, 2020]	100
Ilustración 5.1 EDT del proyecto. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Categoría de la unidad de construcción [NEC, 2015]	3
Tabla 1.2 Estratigrafía del sondeo 1 [Geocimientos, 2019]	3
Tabla 1.3 Estratigrafía del sondeo 2 [Geocimientos, 2019]	3
Tabla 2.1 Evaluación de criterios de alternativas. [González-Rodrigo, 2007; Medina, 2008; Aguirre & Figueroa, 2008; Herrera Marcano et al., 2009; Chirico, 2012]	9
Tabla 2.2 Matriz de elección de alternativas. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	11
Tabla 3.1 Ángulo de fricción y resistencia al corte no drenado. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	14
Tabla 3.2 Clasificación del suelo. [NEC, 2015]	16
Tabla 3.3 Parámetros iniciales del estrato superior (fuerte). [Pinzón & Villarruel, 2021]	17
Tabla 3.4 Parámetros iniciales del estrato inferior (débil). [Pinzón & Villarruel, 2021]	18
Tabla 3.5 Resumen capacidad de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]	19
Tabla 3.6 Parámetros iniciales asentamiento estrato débil. [Pinzón & Villarruel, 2021]	21
Tabla 3.7 Especificaciones técnicas del hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]	22
Tabla 3.8 Especificaciones técnicas del acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]	22
Tabla 3.9 Carga muerta primera planta. [Pinzón & Villarruel, 2021]	22
Tabla 3.10 Carga muerta segunda planta. [Pinzón & Villarruel, 2021].....	22
Tabla 3.11 Carga viva primera planta. [NEC, 2015].....	22
Tabla 3.12 Carga viva segunda planta. [NEC, 2015].....	23
Tabla 3.13 Parámetros sísmicos. [NEC, 2015]	23
Tabla 3.14 Combinación de carga. [NEC, 2015].....	25
Tabla 3.15 Altura mínima de vigas no presforzadas. [ACI-318, 2014]	27
Tabla 3.16 Revisión por torsión del eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	50
Tabla 3.17 Revisión por torsión del eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	50
Tabla 3.18 Revisión por torsión del eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	52

Tabla 3.19 Revisión por torsión del eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]	52
Tabla 3.20 Longitudes de apoyo losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]	53
Tabla 3.21 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	54
Tabla 3.22 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	54
Tabla 3.23 Parámetros para cálculo de losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]	55
Tabla 3.24 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	58
Tabla 3.25 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	58
Tabla 3.26 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]	58
Tabla 3.27 Longitud de empalme por traslapo de barras y alambres corrugados a tracción. [ACI 318 – 14]	63
Tabla 3.28 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	70
Tabla 3.29 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]	70
Tabla 3.30 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]	70
Tabla 3.31 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]	74
Tabla 3.32 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]	83
Tabla 3.33 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]	87
Tabla 3.34 Localización de la sección crítica para M_u . [ACI 318, 2014]	88
Tabla 4.1 Escala de valoración cualitativa. [Tito, 2020]	93
Tabla 4.2 Calificación del Impacto Ambiental. [Tito, 2020]	94
Tabla 4.3 Identificación de impactos ambientales del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]	101
Tabla 4.4 Identificación de impactos ambientales del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]	102
Tabla 4.55 Identificación de impactos ambientales de la Madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]	103

Tabla 4.6 Identificación de impactos ambientales del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]	104
Tabla 4.7 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]	104
Tabla 4.8 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]	105
Tabla 4.9 Valoración de magnitud e impacto ambiental de la Madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]	105
Tabla 4.10 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]	106
Tabla 4.11 Resultados de la valoración de IA del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]	106
Tabla 4.12 Resultados de la valoración del IA del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]	106
Tabla 4.13 Resultados de la valoración del IA de la madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]	107
Tabla 4.14 Resultados de la valoración del IA del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]	107
Tabla 5.1 Cantidades totales de Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]	117
Tabla 5.2 Cantidades totales de mampostería. [Pinzón & Villarruel, 2021]	117
Tabla 5.3 Cantidades totales de Armadura. [Pinzón & Villarruel, 2021]	117
Tabla 5.4 Presupuesto de obra. [Pinzón & Villarruel, 2021]	118
Tabla 5.5 Cronograma Valorado. [Pinzón & Villarruel, 2021]	119

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Detalles de Cimentación
- PLANO 2 Detalles de Planta Alta
- PLANO 3 Vigas de Planta Alta Ejes 1-6
- PLANO 4 Vigas de Planta Alta Ejes A-H
- PLANO 5 Detalles de Columnas, Escalera y Losa
- PLANO 6 Detalles de Cubierta
- PLANO 7 Vigas de Cubierta Ejes 1-6
- PLANO 8 Vigas de Cubierta Ejes A-H

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El décimo primero de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS trata sobre las Ciudades y Comunidades Sostenibles, esperando a que estos se logren para el año 2030. La Organización de Naciones Unidas proyecta un incremento de 60% de población en la zona urbana. Una de las metas que este objetivo pretende alcanzar, es que las ciudades sean seguras. (ONU, 2015)

Ecuador es un país que presenta un alto grado de riesgo sísmico, sobre todo en sus provincias costeras, por lo que es imprescindible que sus edificaciones tomen en cuenta diseños sismo resistente que resguarden la vida de las personas que en ellas habiten o concurren.

La construcción de cualquier estructura requiere de un permiso de construcción y para su obtención, tanto el diseño como la ejecución de la obra en sí, deben cumplir con normas y especificaciones técnicas. De esta manera, los municipios se cercioran de que las futuras edificaciones sean seguras para sus usuarios. Entre 2015 y 2018 se evidencia un incremento del 6,9% en permisos de construcción en el país. (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2021, p.5)

1.1 Antecedentes

El cliente pretende no únicamente poseer un domicilio, sino invertir en su comodidad, confort, bienestar propio y el de sus familiares. Por este motivo, ha solicitado el diseño estructural de una vivienda de dos plantas que se acople a los planos arquitectónicos modernos adquiridos, garantizando la seguridad y estabilidad constructiva.

Un desafío adicional en el proceso de diseño del proyecto es el tipo de suelo donde se ubicará la vivienda. Acorde con el Mapa Geológico de la República del Ecuador de 1982, el suelo de Samborondón es de una edad cuaternaria que presenta sedimentos cuaternarios tales como arcillas marinas y estuarinas. (Instituto de Información Estadística y Geográfica [IIEG], 1982).

Se le atribuye un suelo arcilloso, así como una combinación de limo-arcilla, y limo-arena. Su geología corresponde a depósitos aluviales y su relieve es de carácter planos – ondulado. (González et al., 2009)

1.2 Localización

La vivienda estará ubicada en la ciudadela Isla del Río de la Isla Mocolí, perteneciente a la Parroquia Urbana Satélite La Puntilla del cantón Samborondón, provincia del Guayas.

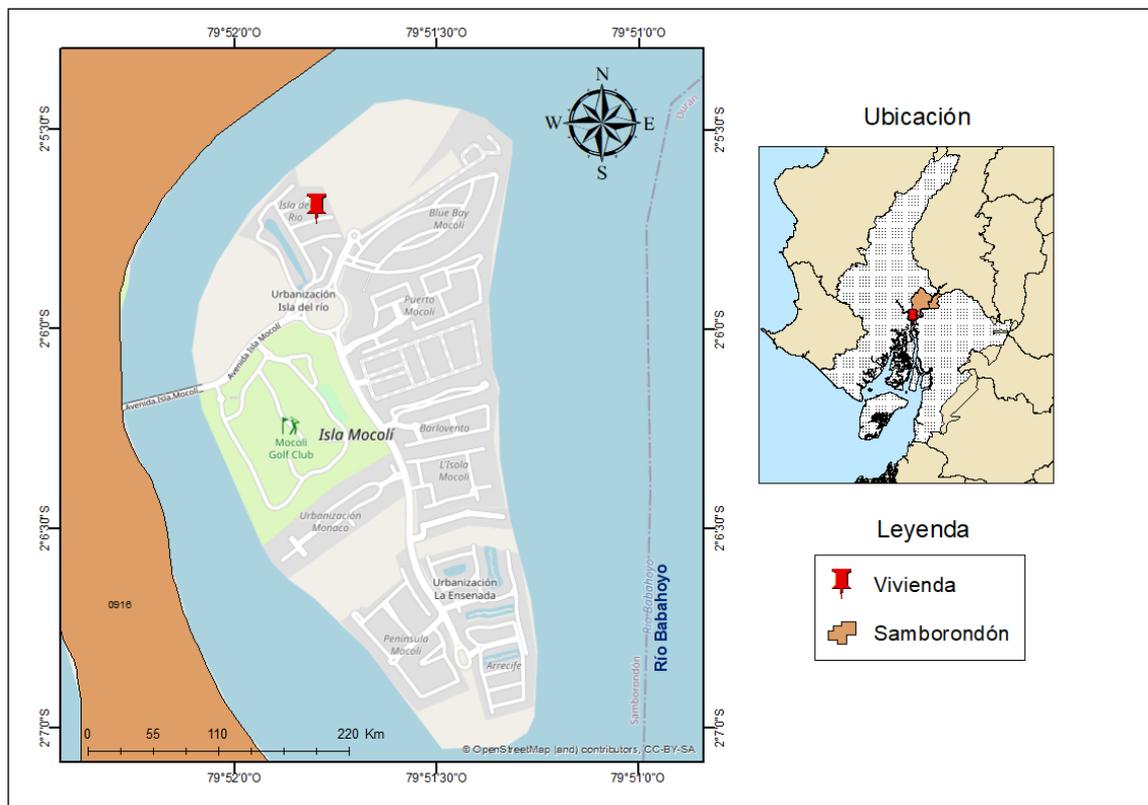


Ilustración 1.1 Ubicación del proyecto. [Pinzón & Villarruel, 2021]

1.3 Información básica

1.3.1 Planos Arquitectónicos

El cliente proporcionó los planos arquitectónicos en donde se detallan las divisiones y dimensiones de cada espacio que compone la vivienda. Se presentan las vistas en planta y frontal de la planta baja, alta e implantación de la vivienda, así como las fachadas laterales y cortes de esta.

1.3.2 Informe Geotécnico

La NEC-SE-CM Geotecnia y Cimentaciones (2015) clasifica a las unidades de construcción como bajas, medias, altas y especiales. En este caso, al ser una vivienda de 2 niveles, se clasifica como baja. Por lo tanto, se deben realizar por lo menos 3 sondeos con una profundidad mínima de 6 m como indica la Tabla 1.1.

El informe geotécnico proporcionado por el cliente muestra que se realizaron calicatas de entre 1,5 m a 2 m y no perforaciones de mayor profundidad que muestren la estratigrafía del suelo. Además, la vivienda estará ubicada en una isla artificial en Samborondón, para construir en este sitio se realizaron rellenos, por tal motivo, se recomienda que las perforaciones más profundas.

Tabla 1.1 Categoría de la unidad de construcción [NEC, 2015]

Baja	Media	Alta	Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Número mínimo de sondeos y profundidades por cada unidad de construcción

Al no contar con un estudio de suelos válido y por tema netamente académico, se utilizará un informe geotécnico de una vivienda cercana a la de este proyecto y en la Tabla 1.2 y Tabla 1.3 se describe la estratigrafía del sondeo 1 y 2 respectivamente. En el primer sondeo se realizó a una profundidad de 12 m y registra el nivel freático a 1,90 m, mientras que en el segundo se realizó a 9 m de profundidad con un nivel freático ubicado a 1,50 m.

Tabla 1.2 Estratigrafía del sondeo 1 [Geocimientos, 2019]

Profundidad (m)	Descripción del material
1-2	Grava arcillosa con arena
3	Arcilla de alta plasticidad
4-5	Limo de baja plasticidad arenoso
6-7	Arena limosa
8	Arena mal graduada con limo
9-12	Arena limosa

Tabla 1.3 Estratigrafía del sondeo 2 [Geocimientos, 2019]

Profundidad (m)	Descripción del material
1-2	Grava arcillosa con arena
3	Limo de baja plasticidad arenoso
4-7	Arena limosa
8	Arena mal graduada con limo
9	Arena bien graduada con limo

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Hormigón

También conocido como concreto, es un material que se forma a partir de la mezcla de cemento, material de relleno sean estos agregados o áridos, agua y opcionalmente, aditivos. Este material de construcción presenta gran resistencia a la compresión, pero no a la tensión. (Diego, 2001)

1.4.2 Acero de Refuerzo

Comúnmente se emplea en forma de varillas o barras con la finalidad de resistir las tensiones y restringir las grietas, siendo un complemento de los elementos estructurales de hormigón que se caracterizan por su alta resistencia a la compresión. (Gervacio, 2005)

1.4.3 Hormigón Armado

Es la asociación de dos materiales de características altamente diferenciables, hormigón y acero. Se caracteriza esta asociación por ser el hormigón resistente a la compresión, pero no a la tracción y al acero por ser resistente tanto a tensión como compresión. (Perles, 2005)

1.4.4 Viga

Aquel miembro estructural que trabaja a flexión, soportando las cargas añadidas, así como también su propio peso. Se caracteriza por poseer una longitud predominante con respecto a las otras dimensiones, siendo este un sólido deformable. (Wight J.W., 2008)

1.4.5 Columna

Elemento estructural que soporta cargas verticales de compresión en su propio eje. Apoyan a las vigas cargadas y transmiten las cargas desde pisos superiores, hasta las cimentaciones de la estructura. (Hernán, 2014; Wight J.W., 2008)

1.4.6 Losa

Elemento estructural superficial diseñada para soportar cargas perpendiculares a su plano. Cuentan con una disposición horizontal en la mayoría de los casos. Se caracterizan por poseer a dos dimensiones que predominan sobre la tercera. (García, 2013; Hernán, 2014)

1.4.7 Cimentación

Estructura que tiene el objetivo de transmitir las cargas actuantes al subsuelo. Estas pueden clasificarse como cimentaciones profundas, superficiales o combinadas. La cimentación cuenta con un área en planta mayor a la sumatoria de las área de las columnas y muros de carga. Para determinar el tipo de cimiento se deben considerar ciertos factores como el tipo de suelo, la topografía del terreno y el tipo de obra que se pretende realizar. (Calavera, 2000; García, 2013)

1.4.8 Método LRFD

Se trata del Diseño por Factores de Carga y Resistencia en el que se toma en cuenta la incertidumbre asociada al diseño de una estructura y su potencial asociado con el fin de proporcionar un margen de seguridad. (Fernando, 2005)

1.4.9 Combinaciones de cargas

Es la mezcla o combinación de cargas permanentes, cargas variables como cargas vivas, de granizo o viento y cargas accidentales, aquellas que involucran las acciones sísmicas. (NEC, 2015)

1.4.10 Deriva de piso

Corresponde al desplazamiento horizontal relativo de un piso con respecto al piso consecutivo. Esta se obtiene mediante la diferencia entre el desplazamiento del extremo superior y el inferior del piso. (NEC, 2015)

Entre mayor sea la magnitud de la deriva, mayor será el daño que sufrirán los elementos no estructurales y acabados. (Rochel, 2012). Es necesario verificar las derivas, porque en caso de que no cumplan se deberá rigidizar la estructura.

1.4.11 Espectro de respuesta para diseño

Se trata de la representación del nivel de amenaza del sismo, mostrando la respuesta de estructura frente a dicho peligro. Es de tipo elástico y su diseño es capaz de mostrar los efectos dinámicos del sismo. El espectro de respuesta se basa principalmente en las condiciones tectónicas, geológicas y según el tipo de suelo en dónde se encuentre. (NEC, 2015)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Elaborar el diseño estructural de una vivienda de dos plantas considerando las normas de construcción vigentes para que el cliente y su familia habiten de forma cómoda y segura.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar los diferentes elementos estructurales de hormigón armado considerando normas como el ACI 318S – 14 y la NEC – 15.
- Realizar el modelamiento de la vivienda mediante el software ETABS para su adecuado análisis estructural.
- Establecer las cimentaciones adecuadas que garanticen estabilidad y seguridad de la estructura, según su tipo de suelo.

1.6 Justificación

Existen aproximadamente mil millones de personas que no cuentan con una vivienda. El Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la Organización de las Naciones Unidas reconoce que las personas tienen derecho a acceder a una vivienda adecuada. Entre los puntos claves que abarca este objetivo están el derecho a ser libre de injerencias arbitrarias en el hogar, la privacidad y la familia; y el derecho al acceso no discriminatorio y en igualdad de condiciones a una vivienda adecuada. (ONU Habitat, 2010)

Según el último censo que registra el INEC, el 70,1% de los habitantes de la provincia del Guayas cuenta con una vivienda propia y pagada o en proceso de pago

(INEC, 2010). Sin duda, el contar con un lugar para vivir representa una necesidad para las personas.

La vivienda debe ofrecer seguridad y comodidad para quienes habiten en ella, motivo por el cual el diseño debe estar acorde a las normas de construcción, tales como la NEC – 15. Debido a la posición socioeconómica de cada persona, se puede invertir en comodidades adicionales que suplan los intereses propios y los de su familia, como es el caso del cliente en cuestión.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Metodología

Se inicia el proyecto revisando los planos arquitectónicos para modelar la estructura en el software ETABS. Se establecen las cargas de diseño viva, muerta (instalaciones, paredes, baldosas, peso propio de la estructura) y sismo utilizando la normativa NEC-SE-CG para cargas gravitacionales y la NEC-SE-DS para las sísmicas. Se selecciona el método LRFD para trabajar con estas cargas y se realiza un pre-dimensionamiento de los elementos estructurales (vigas, columnas y losas).

Luego se ingresan y asignan los materiales y las dimensiones de los elementos estructurales al ETABS. Se colocan vigas secundarias como apoyo para reducir la separación entre apoyos de las losas con placa colaborante. Se insertan las losas y sus diafragmas y sobre estas se aplican las cargas. Como siguiente paso, se procede a verificar las derivas y a descartar efectos de segundo orden para garantizar que la estructura cumpla con un diseño sismo resistente. Una vez obtenida dicha verificación, se procede con el diseño de las vigas, columnas y losas empleando el Código ACI 318S – 14 y NEC – 15, y se comprueba nuevamente las derivas y el efecto P – Delta.

En cuanto a la cimentación, al tener 2 sondeos de la estratigrafía del suelo, se procede a realizar un perfil geotécnico idealizado que es una combinación de ambos perfiles. Se calcula la capacidad de carga y los asentamientos y se identifica por cual de estos parámetros falla. Finalmente, se diseñan las zapatas corridas en dos direcciones.

2.2 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete

Se realizó una visita de campo hasta el lugar donde se construirá la vivienda de dos plantas. En el terreno se encontraron ciertos escombros de madera y escasa vegetación. Esta visita contribuyó a la comprensión de distribución de los espacios proporcionados en el plano arquitectónico.



Ilustración 2.1 Terreno proyectado para la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]

2.3 Análisis de alternativas

Tabla 2.1 Evaluación de criterios de alternativas. [González-Rodrigo, 2007; Medina, 2008; Aguirre & Figueroa, 2008; Herrera Marcano et al., 2009; Chirico, 2012]

Criterio	Estructura de Hormigón Armado	Estructura de acero estructural	Estructura de Bambú	Estructura de Madera
Reutilización	No se puede reutilizar.	Se pueden desmontar sus elementos y reutilizarlos.	Baja vida útil, no reutilizable.	Es reutilizable.
Tiempo	La preparación de la mezcla de hormigón, manejo, encofrado, secado y curado de los elementos estructurales conlleva más tiempo.	Los elementos se pueden prefabricar y su montaje es rápido.	Corto tiempo de ejecución por su facilidad de construcción.	Corto tiempo por su facilidad y rapidez en la ejecución.

Peso	Su peso específico varía entre 2200 y 2400 kg/m ³ . Sus elementos aportan gran peso.	Su peso específico está alrededor de 7860 kg/m ³ . Elementos menos pesados.	Su peso específico oscila 700 y 800 kg/ m ³ .	Su peso específico oscila 400 y 710 kg/ m ³ , según el tipo de madera.
Mano de obra	No requiere de personal certificado.	Para las conexiones (apernadas o soldadura), requieren de personal calificado.	Requiere carpinteros especializados en bambú.	Requiere de mano de obra calificada dentro de la industria maderera.
Costo mano de obra	Al tomar más tiempo, la mano de obra se prolonga y el costo aumenta.	El costo de la mano de obra se reduce gracias a que los tiempos son menores.	Bajo costo de mano de obra por el ahorro de tiempo que genera su construcción.	Bajo costo de mano de obra por el ahorro de tiempo que genera su construcción.
Costos materiales	Precio de materiales inferior con respecto al acero.	El precio de los materiales de acero es alto.	Bajo costo de construcción, recurso natural.	Bajo costo de construcción, recurso natural.
Disponibilidad	Construcción común, altamente disponible.	Material no escaso, pero, con frecuencia necesita ser importado.	Recurso abundante en la provincia de Manabí.	Material altamente disponible.
Sismo-Resistencia	Estructura altamente resistente frente a eventos sísmicos.	Mayormente resistente a la acción sísmica debido a su flexibilidad.	Resiste mayormente a los terremotos que el hormigón armado.	Se caracteriza por tener altos niveles de resistencia.
Relación con el medio ambiente	Impacto ambiental alto.	Impacto ambiental alto.	Impacto ambiental mínimo.	Impacto ambiental mínimo.
Mantenimiento	Requiere mantenimiento de menor costo frente al acero.	Requiere mantenimiento y supervisión constante.	Se debe proteger constantemente de factores ambientales.	Es constante y necesario en el exterior de la vivienda.

2.3.1 Ponderación de Parámetros

Para la correspondiente selección de alternativas, se procederá a evaluar cada criterio con los valores de: 0, 50 y 100. La calificación estimada será conforme al beneficio que presente el criterio, siendo este bajo, medio o alto según los objetivos del presente proyecto. En el Capítulo 4 se analizará el criterio Ambiental más a detalle.

Tabla 2.2 Matriz de elección de alternativas. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Criterio	Estructura de Hormigón Armado	Estructura de Acero Estructural	Estructura de Bambú	Estructura de Madera
Reutilización	0	50	0	100
Tiempo	50	100	100	50
Peso	50	0	100	100
Mano de obra	100	0	0	0
Costo mano de obra	50	100	50	100
Costos materiales	100	0	100	50
Disponibilidad	100	50	50	100
Sismo-Resistencia	100	100	100	50
Ambiental	50	50	100	100
Mantenimiento	100	0	0	0
Total	700	450	600	650

Según la matriz de alternativa, el criterio que posee mayor puntaje de beneficio según los objetivos del proyecto es el hormigón armado. Por lo tanto, esta será la alternativa seleccionada para diseñar la vivienda de dos plantas.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño Arquitectónico

Se realizó el modelado arquitectónico en Revit en base a los planos proporcionados por el cliente.



Ilustración 3.1 Vista 3D del lateral izquierdo de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]



Ilustración 3.2 Vista 3D del lateral derecho de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]

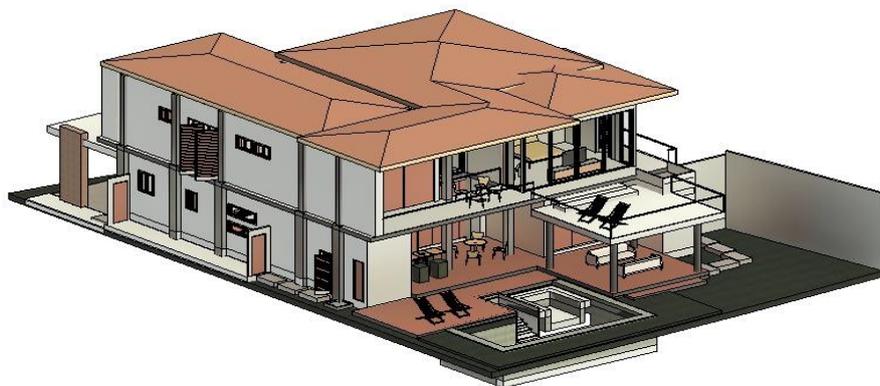


Ilustración 3.3 Vista 3D de la parte trasera de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]

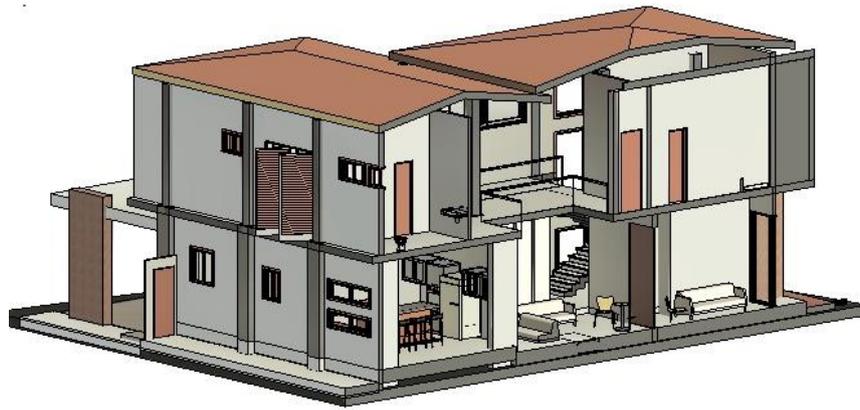


Ilustración 3.4 Vista 3D de un corte de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.2 Estudio Geotécnico

3.2.1 Caracterización Geotécnica

Como se menciona en el Capítulo 1, se cuenta con 2 sondeos del perfil del suelo en el que se construirá la vivienda, para poder realizar el análisis geotécnico y el diseño de la cimentación, se establece un perfil geotécnico idealizado, donde se combinan ambos sondeos, como se muestra en Ilustración 3.5.

Tipo de estrato	h	Descripción del estrato	h estrato	SUCS	w	Pasante (%)		Límites de Atterberg			γ	qu	e	SPT	
	m		m		%	#4	#200	LL	LP	IP	T/m2	T/m2	%	N	N60
ESTRATO FUERTE	1	Grava arcillosa con arena, de compacidad media y color café amarillito verdoso	0,5 a 1,0	GC	14,5	60,5	20,5	29,5	15	14,5				28	21,5
	2	Grava arcillosa con arena, de compacidad media y color café amarillento	1,5 a 2,0	GC	21,5	59,5	20,5	31,5	15	15				16	12,5
ESTRATO DÉBIL	3	Arcilla de alta plasticidad, de consistencia rígida y color gris verdoso oscuro	2,5 a 3,0	CH	68	100	95	66	24	42				11	8
	4	Limo de baja plasticidad arenoso, de consistencia muy blanda y color gris verdoso oscuro	3,5 a 4	ML	63,5	100	58	31	27	4	1,65	2,95	7,75		
	5	Limo de baja plasticidad arenoso, de consistencia muy blanda y color gris oscuro	4,5 a 5,0	ML	44	100	53	NP	NP	NP	1,93	3,6	9,4		
	6	Arena limosa de compacidad suelta y color gris verdoso oscuro	5,5 a 6,0	SM	43,5	100	33,5	NP	NP	NP				5	4,5
	7	Arena limosa de compacidad suelta y color gris verdoso oscuro	6,5 a 7,0	SM	40,5	100	29	NP	NP	NP				12	10
	8	Arena mal graduada con limo, de compacidad media y color gris oscuro	7,5 a 8,0	SPSM	28	99,5	11	NP	NP	NP				10,5	10,5
	9	Arena limosa de compacidad suelta y color gris oscuro	8,5 a 9,0	SM	32	100	14	NP	NP	NP				7	7

Ilustración 3.5 Perfil idealizado del suelo. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Para calcular el ángulo de fricción interna se emplea el método de Peck (1974), que requiere del número de golpes N_{60} obtenido en el ensayo SPT.

$$\varphi = 27.1 + 0.30 \cdot N_{60} - 0.00054 \cdot N_{60}^2$$

Ec. 3.1

La resistencia al corte no drenado S_u se obtiene mediante la Ec. 3.2 de Hettiarachchi y Brown (2009) para las muestras que se extrajeron por medio del muestreador estándar tipo cuchara partida.

$$S_u = 4.1 \cdot N_{60} [kPa]$$

Ec. 3.2

Y para aquellas muestras inalteradas y extraídas a través de un tubo Shelby, la resistencia al corte no drenado S_u es la mitad del resultado del ensayo a compresión no confinada q_u .

$$S_u = \frac{q_u}{2}$$

Ec. 3.3

Tabla 3.1 Ángulo de fricción y resistencia al corte no drenado. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Estrato	Profundidad	φ (°)	S_u (T/m ²)
Fuerte	0,5 – 1,0	35,08	
	1,5 – 2,0	31,76	
Débil	2,5 – 3,0	30,33	3,34
	3,5 – 4,0	0,00	1,475
	4,5 – 5,0	0,00	1,8
	5,5 – 6,0	28,59	1,88
	6,5 – 7,0	30,62	4,18
	7,5 – 8,0	30,19	4,39
	8,5 – 9,0	29,17	2,93

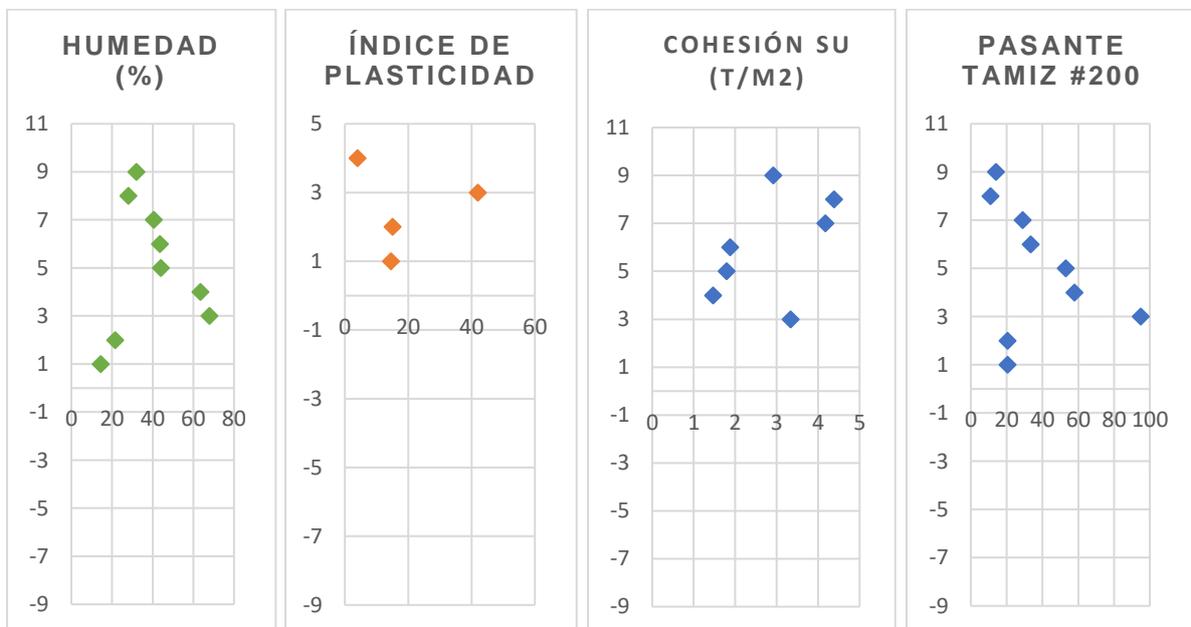


Ilustración 3.6 Cuadros de caracterización geotécnica. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.2.2 Consideraciones sísmicas

3.2.2.1 Zonificación

Según la norma NEC-SE-DS de Cargas Sísmicas para el Diseño Sismo Resistente (2015), Ecuador está dividido en 6 zonas sísmica como se aprecia en la Ilustración 3.7, el cantón Samborondón presenta un factor de zona de 0,35.

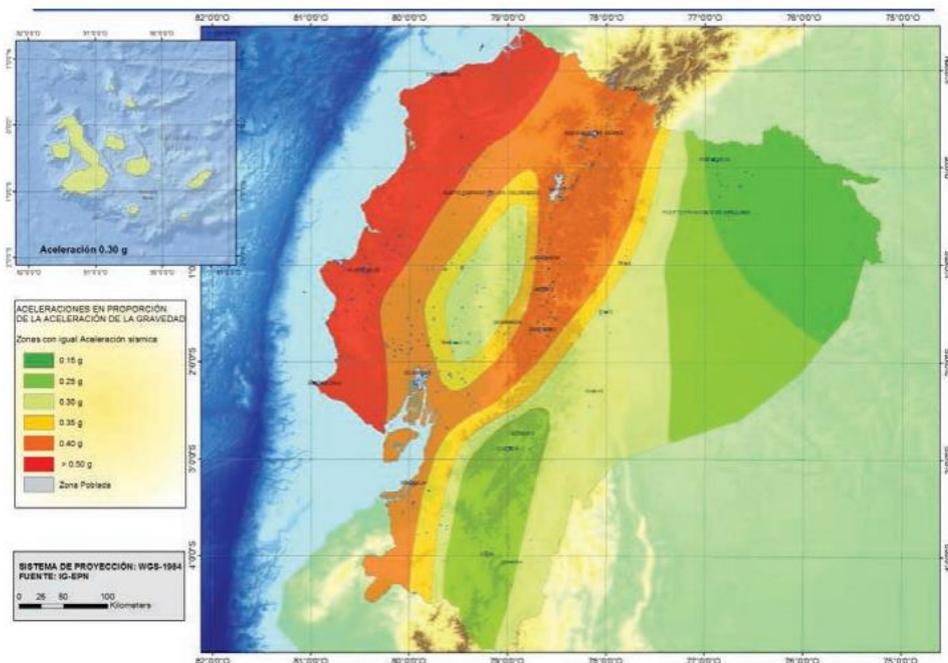


Ilustración 3.7 Zonas sísmicas del Ecuador y su factor de zona Z. [NEC, 2015]

3.2.2.2 Análisis de Licuación

La licuación es un fenómeno que consiste en que el suelo pierde parte de su resistencia al esfuerzo cortante al incrementarse la presión de poros bajo condiciones no drenadas y disminuyendo su presión intergranular. [Geocimientos, 2019]

En los sondeos proporcionados, se evidencian estratos de arena ubicados de 5 a 12 m de profundidad, en el sondeo 1, y de 3 a 9 m, en el sondeo 2, lo que indica que el suelo podría ser susceptible al fenómeno de licuación, porque no presentan plasticidad, tienen de 9% a 48% de suelos finos y N_{60} entre 3 y 22 golpes. [Geocimientos, 2019]

Según el informe geotécnico proporcionado, este suelo presenta una alta probabilidad de ocurrencia del fenómeno en mención, causando asentamientos diferenciales considerables e incluso generar fallas en la estructura de la vivienda. El especialista geotécnico recomienda realizar zapatas continuas en dos direcciones para

incrementar la rigidez de la estructura, disminuir la probabilidad de ocurrencia de licuación del suelo y evitar asentamientos considerables.

3.2.2.3 Tipo de Perfil de Suelo`

Acorde a la norma NEC-SE-DS de Cargas Sísmicas para el Diseño Sismo Resistente (2015), el suelo se clasifica en tipo A, B, C, D, E y F. Siendo A el más favorable y F el de peores condiciones.

Tomando como referencia el informe geotécnico proporcionado, el tipo de suelo sería F1 correspondiente a suelos que requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero especializado en Geotecnia. Para este tipo de suelos la norma indica que se deben tomar en cuenta otras consideraciones con el fin de analizar la respuesta dinámica y el potencial de licuación del suelo. Además de realizar investigaciones geotécnicas particulares en el suelo.

Tabla 3.2 Clasificación del suelo. [NEC, 2015]

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	

F3—Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con índice de Plasticidad $IP > 75$)
F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 30$ m)
F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.

3.2.3 Análisis de cimentaciones

3.2.3.1 Capacidad de Carga

Se analizará la capacidad de carga mediante el Modelo Bicapa de Meyerhoff y Hanna (1978) para diferentes dimensiones de zapatas y se determinará en base a la magnitud de los resultados una dimensión adecuada para calcular los asentamientos.

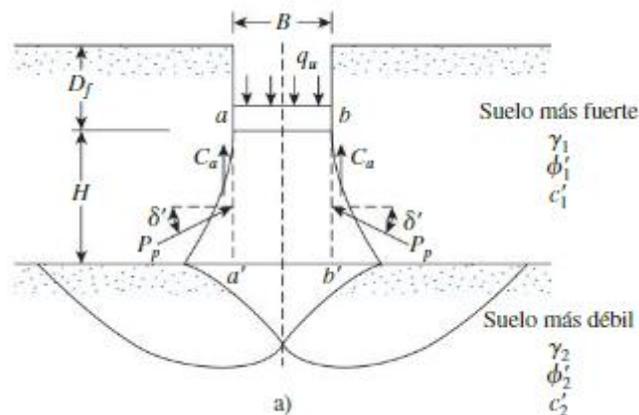


Ilustración 3.8 Capacidad de carga de una cimentación continua sobre un suelo estratificado. [Das, 2012]

Tabla 3.3 Parámetros iniciales del estrato superior (fuerte). [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor	
Peso específico, γ_1	18,5 kN/m ³	
Ángulo de fricción, ϕ'_1	30°	
Cohesión o resistencia no drenada, c_1	0 kN/m ²	
Factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción del suelo	$N_{c(1)}$	30,14
	$N_{q(1)}$	18,4
	$N_{\gamma(1)}$	22,4

Tabla 3.4 Parámetros iniciales del estrato inferior (débil). [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor	
Peso específico, γ_1	16,5 kN/m ³	
Ángulo de fricción, ϕ'_1	0°	
Cohesión o resistencia no drenada, c_1	14,75 kN/m ²	
Factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción del suelo	$N_{c(1)}$	30,14
	$N_{q(1)}$	18,4
	$N_{\gamma(1)}$	22,4

Relación $\frac{q_2}{q_1}$:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{c_2 \cdot N_{c(2)}}{\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma(1)}}$$

Ec. 3.4

$$\frac{q_2}{q_1} = 0,46$$

Coefficiente de corte por punzonamiento:

$$K_s = 3,4$$

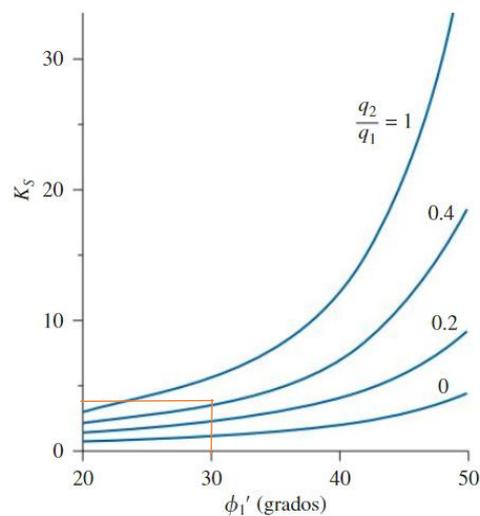


Ilustración 3.9 Coeficientes K_s según Meyerhoff y Hanna. [Das, 2012]

Factores de forma de la cimentación en función del estrato superior:

$$F_{qs(1)} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi'_1$$

Ec. 3.5

$$F_{qs(1)} = 1,10$$

$$F_{\gamma s(1)} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right)$$

Ec. 3.6

$$F_{\gamma s(1)} = 0,93$$

Se calcula la capacidad de carga:

$$q_b = \left(1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot 5,14 \cdot c_2 + \gamma_1 \cdot H^2 \cdot \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(1 + \frac{2 \cdot D_f}{H} \right) \cdot \frac{K_s \cdot \tan \phi'_1}{B} + \gamma_1 \cdot D_f$$

Ec. 3.7

$$q_t = \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_{q(1)} \cdot F_{q(1)} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma(1)} \cdot F_{\gamma s(1)}$$

Ec. 3.8

$$q_{ult} = q_b \leq q_t$$

Ec. 3.9

Tabla 3.5 Resumen capacidad de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Base (B) m	Largo (L) m	(Df) m	H m	q _b kN/m ²	q _t kN/m ²	q _u kN/m ²	q _{adm} kN/m ²	q _u T/m ²	q _{adm} T/m ²
0,6	5,5	0,75	0,75	204,62	397,38	204,62	68,21	20,87	6,96
0,6	10			198,86	397,38	198,86	66,29	20,28	6,76
0,6	25			194,64	397,38	194,64	64,88	19,85	6,62
0,7	5,5			190,31	416,59	190,31	63,44	19,41	6,47
0,7	10			184,43	416,59	184,43	61,48	18,81	6,27
0,7	25			180,11	416,59	180,11	60,04	18,37	6,12
0,8	5,5			179,64	435,80	179,64	59,88	18,32	6,11
0,8	10			173,63	435,80	173,63	57,88	17,71	5,90
0,8	25			169,23	435,80	169,23	56,41	17,26	5,75
0,9	5,5			171,40	455,02	171,40	57,13	17,48	5,83
0,9	10			165,27	455,02	165,27	55,09	16,86	5,62
0,9	25			160,78	455,02	160,78	53,59	16,40	5,47
1	5,5			164,87	474,23	164,87	54,96	16,82	5,61
1	10			158,62	474,23	158,62	52,87	16,18	5,39
1	25	154,03	474,23	154,03	51,34	15,71	5,24		

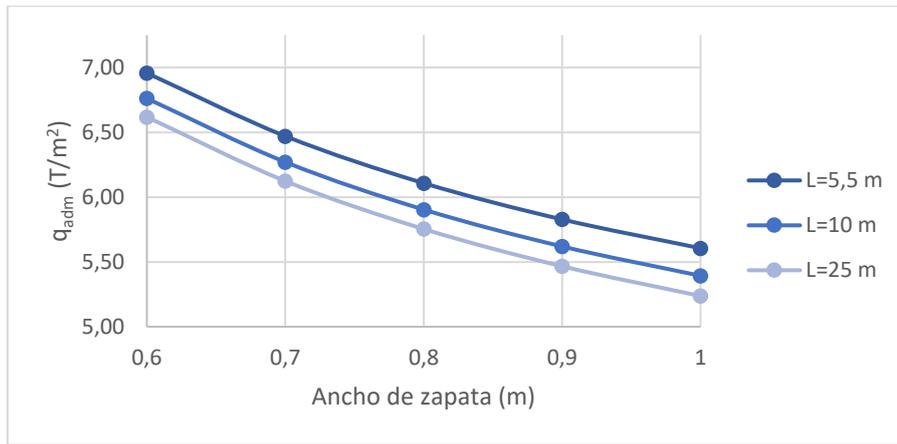


Ilustración 3.10 Capacidad de carga admisible para cimentación. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Finalmente, se selecciona una zapata continua con:

Ancho:

$$B = 1 \text{ m}$$

Longitud:

$$L = 5,5 \text{ m}$$

Profundidad de desplante:

$$D_f = 0,75 \text{ m}$$

Carga admisible:

$$q_{adm} = 5 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

3.2.3.2 Asentamientos

3.2.3.2.1 Asentamiento estrato fuerte

Para el estrato fuerte se analiza mediante el Método Elástico de Bowles (1987).

Módulo de elasticidad del suelo:

$$E_s = 6000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Relación de Poisson:

$$\mu = 0,25$$

Factor de profundidad:

Como la relación longitud/ancho es de 5,5 y se va a analizar en el centro de la zapata,

$$I = 1,6$$

Asentamiento:

$$S = q \cdot B \cdot \frac{(1 - \mu^2)}{E_s} \cdot I$$

Ec. 3.10

$$S = 0,13 \text{ cm}$$

3.2.3.2.2 Asentamiento estrato débil

Para el estrato débil se analiza el asentamiento por Consolidación Primaria.

Tabla 3.6 Parámetros iniciales asentamiento estrato débil. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Porcentaje de humedad, %w	45,64
Porcentaje de vacío, e_0	8,58
Límite líquido, LL	52
Altura del estrato compresible	3 m
Índice de compresión, C_c	0,378
Índice de re-compresión, C_r	0,022
Índice de expansión, C_s	0,076
Relación $\frac{B}{z}$	0,29
Relación $\frac{L}{z}$	1,57
Factor de influencia	0,08709
Incremento de esfuerzo vertical, $\Delta\sigma'_v$	17,09 kN/m ²
Esfuerzo de preconsolidación, $\Delta\sigma'_c$	125 kN/m ²
Esfuerzo efectivo vertical inicial, σ'_{v0}	84,5 kN/m ²
Esfuerzo final vertical, σ'_{vf}	101,59 kN/m ²

Como $\Delta\sigma'_{v0} < \Delta\sigma'_c < \Delta\sigma'_{vf}$, él $OCR > 1$, es decir, se trata de un Sobre consolidado (SC-1) por lo que se emplea la siguiente ecuación:

$$S = \frac{C_s}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_{vf}}{\sigma'_{v0}}\right)$$

Ec. 3.11

$$S = 3,87 \text{ cm}$$

Los asentamientos obtenidos son aceptables para las dimensiones seleccionadas de la zapata corrida y la capacidad de carga admisible empleada.

3.3 Diseño Estructural

3.3.1 Especificaciones técnicas de los materiales

Tabla 3.7 Especificaciones técnicas del hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Resistencia a la compresión $f'c$	210 kgf/cm ²
Módulo de Elasticidad E	218819,789 kgf/cm ²
Peso específico γ	2400 kgf/m ³

Tabla 3.8 Especificaciones técnicas del acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Resistencia a la fluencia f_y	4200 kgf/cm ²
Módulo de Elasticidad E	2100000 kgf/cm ²

3.3.2 Estimación de cargas

3.3.2.1 Carga Muerta

Tabla 3.9 Carga muerta primera planta. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Carga	Valor de carga (tnf/m ²)
Paredes	0,18
Baldosas	0,01
Enlucido	0,04
Instalaciones	0,01

Tabla 3.10 Carga muerta segunda planta. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Carga	Valor de carga (tnf/m ²)
Cubierta	0,063

3.3.2.2 Carga Viva

Tabla 3.11 Carga viva primera planta. [NEC, 2015]

Carga	Valor de carga (tnf/m ²)
Viva	0,20

Tabla 3.12 Carga viva segunda planta. [NEC, 2015]

Carga	Valor de carga (tnf/m ²)
Viva	0,07

3.3.2.3 Carga Sísmica

Para determinar la carga sísmica se deben establecer ciertos parámetros sísmicos dependiendo del tipo de la estructura y la ubicación de esta.

3.3.3 Análisis sísmico

Tabla 3.13 Parámetros sísmicos. [NEC, 2015]

Parámetro	Valor
Tipo de suelo	E
Factor de zona sísmica, z	0,35
Factor empleado en espectro de diseño elástico, r	1,5
Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto, Fa	1,10
Coeficiente de desplazamiento de diseño en roca, Fd	1,65
Coeficiente de desplazamientos para diseños en roca, Fs	1,80
Coeficiente de reducción de respuesta estructural, R	7
Relación de Amplificación Espectral, η	1,80
Categoría de la estructura	Otras
Coeficiente de importancia, I	1
Coeficiente de configuración estructural en planta, Φp	1
Coeficiente de configuración estructural en elevación, Φe	1
Tipo de edificación	Sin arriostamiento
Coeficiente Ct (dependiente del tipo de edificación)	0,055
Coeficiente α (dependiente del tipo de edificación)	0,90
Altura Hn	7,69 m

3.3.3.1 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

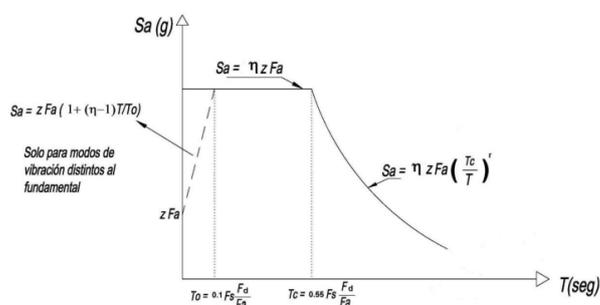


Ilustración 3.11 Espectro elástico de diseño. [NEC, 2015]

Se determinan los periodos de control:

Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño, T_0 :

$$T_0 = 0,10 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

Ec. 3.12

$$T_0 = 0,10 \cdot 1,80 \cdot \frac{1,65}{1,10}$$

$$T_0 = 0,270$$

Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño, T_c :

$$T_c = 0,55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

Ec. 3.13

$$T_c = 0,55 \cdot 1,80 \cdot \frac{1,65}{1,10}$$

$$T_c = 1,485$$

Para $0 \leq T \leq T_c$:

$$S_a = \eta \cdot z \cdot F_a$$

Ec. 3.14

Para $T > T_c$:

$$S_a = \eta \cdot z \cdot F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

Ec. 3.15

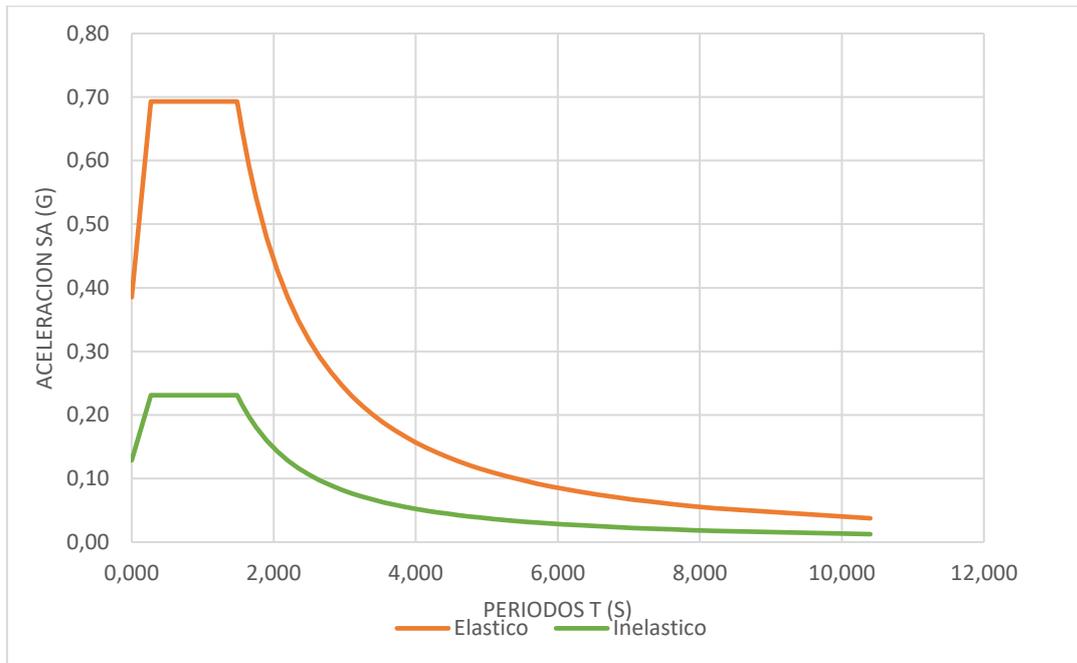


Ilustración 3.12 Espectro de diseño de la vivienda. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.4 Combinación de carga

Tabla 3.14 Combinación de carga. [NEC, 2015]

Número de combinación	Combinación
1	1,4D
2	1,2D + 1,6L
3	1,2D + 1,0E + L
4	0,9D + 1,0E

$$P_{u1} = 1,4 \cdot D$$

$$P_{u1} = 257,822 \text{ kgf}$$

$$P_{u2} = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot D$$

$$P_{u2} = 2014,536 \text{ kgf}$$

Se tomará la combinación de carga máxima:

$$P_s = \text{máx}(P_{u1}, P_{u2})$$

$$P_s = 2014,536 \text{ kgf}$$

3.3.5 Pre-dimensionamiento

3.3.5.1 Losa

Se empleará una losa con placa colaborante Metalroof Acesco Grado 40 con un espesor de lámina de 0,90 mm de calibre 20, peso propio de placa de 8,55 kgf/m², espesor de placa de 42 mm y se selecciona un espesor de hormigón de 50 mm. Finalmente, la losa tendrá un espesor total de 92 mm.

Se modela en AutoCAD la losa con 92 mm de espesor y longitud de 1 m como referencia y se obtiene que el área del hormigón es de 0,057 m², por tanto, el volumen de hormigón por m² es de:

$$Volumen_{hormigón} = 0,057 \frac{m^3}{m^2}$$

Peso propio del hormigón:

$$Peso_{hormigón} = Volumen_{hormigón} \cdot \gamma_{hormigón}$$

Ec. 3.16

$$Peso_{hormigón} = 0,057 \frac{m^3}{m^2} \cdot 2400 \frac{kgf}{m^3}$$

$$Peso_{hormigón} = 137,34 \frac{kgf}{m^2}$$

Peso propio de la placa Metalroof:

$$Peso_{placa} = 8,55 \frac{kgf}{m^2}$$

Peso propio total:

$$Peso_{propio_{losa}} = Peso_{hormigón} + Peso_{placa}$$

Ec. 3.17

$$Peso_{propio_{losa}} = 145,89 \frac{kgf}{m^2}$$

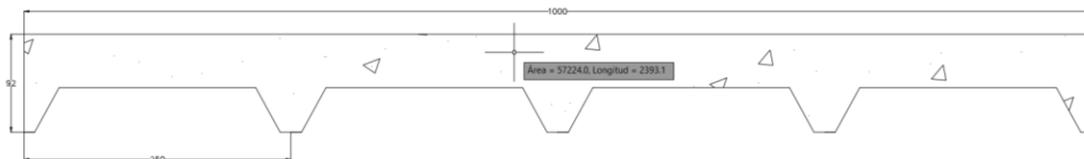


Ilustración 3.13 Área de losa Metalroof + Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

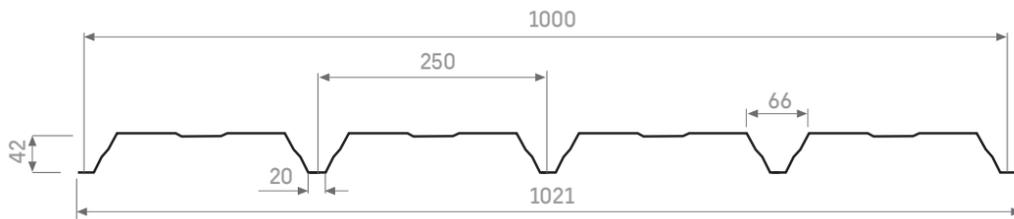


Ilustración 3.14 Posición del Metalroof en la instalación en obra. [Acesco, 2020]

3.3.5.2 *Viga principal*

Tabla 3.15 Altura mínima de vigas no presforzadas. [ACI-318, 2014]

Condición de apoyo	Altura mínima, h
Simplemente apoyada	$l/16$
Con un extremo continuo	$l/18,5$
Ambos extremos continuos	$l/21$
En voladizo	$l/8$

Cap. 9.3.1.1 del ACI 318 – 14

Altura de la viga principal:

$$h = \frac{ln}{16}$$

Ec. 3.18

$$h = \frac{5,57 \text{ m}}{16}$$

Se adopta una altura:

$$h = 40 \text{ cm}$$

Base de la viga principal:

$$b = \frac{h}{2}$$

Ec. 3.19

Se adopta una base:

$$b = 20 \text{ cm}$$

3.3.5.3 *Vigas secundarias*

En el proyecto se tienen vigas simplemente apoyadas, con un extremo y ambos extremos continuos conforme a la Tabla 3.15, se selecciona la condición más desfavorable para predimensionar la viga.

Luz libre:

$$l_n = 388 \text{ cm}$$

La altura de la viga secundaria:

$$h = \frac{l_n}{21}$$

Ec. 3.20

$$h = 18,48 \text{ cm}$$

Se adopta una altura:

$$h = 30 \text{ cm}$$

Para la base de la viga se emplea la Ec.3.19:

$$b = 15 \text{ cm}$$

3.3.5.4 Columnas

Carga de diseño:

$$P_s = 2014,536 \text{ kgf}$$

Área de columna:

$$A_c = \frac{P_s}{0,25 \cdot f'_c}$$

Ec. 3.21

$$A_c = 38,372 \text{ cm}^2$$

Base de la columna:

$$b = \sqrt{A_c}$$

Ec. 3.22

$$b = 6,195 \text{ cm}$$

Según la NEC (2015) el área de una columna no puede ser menor a $0,09 \text{ m}^2$, por lo que se considerará una columna cuadrada de $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$.

$$b = 30 \text{ cm}$$

La altura de la columna:

$$h = 30 \text{ cm}$$

3.3.6 Modelación y análisis en ETABS

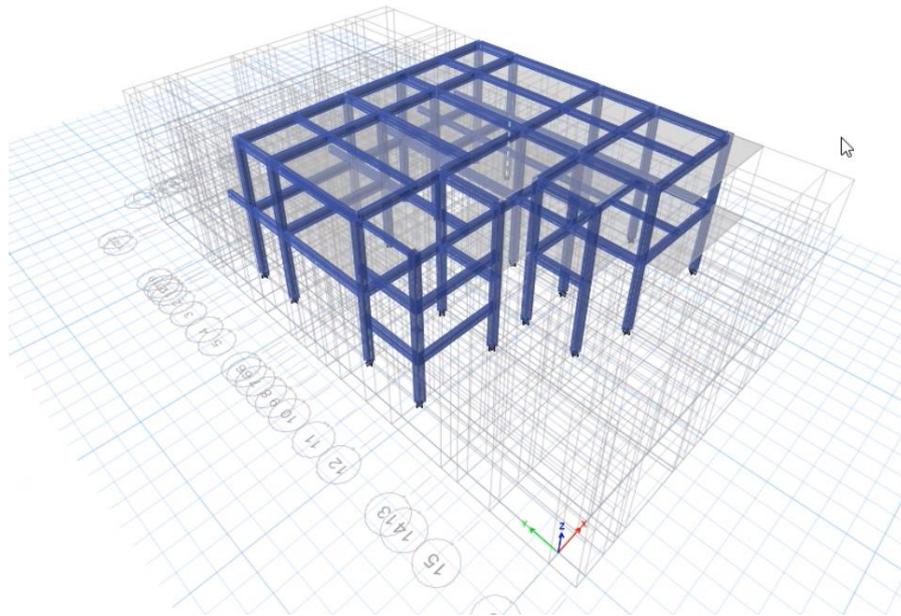


Ilustración 3.15 Vista en 3D de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

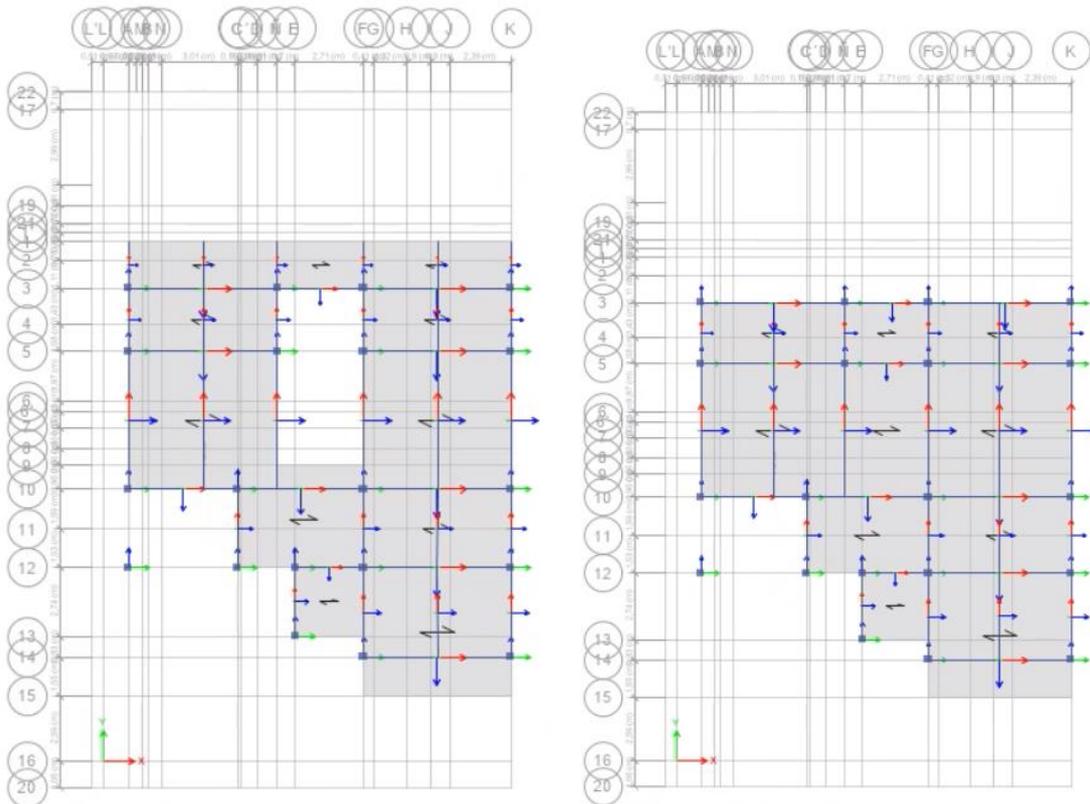


Ilustración 3.16 Vista en planta de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

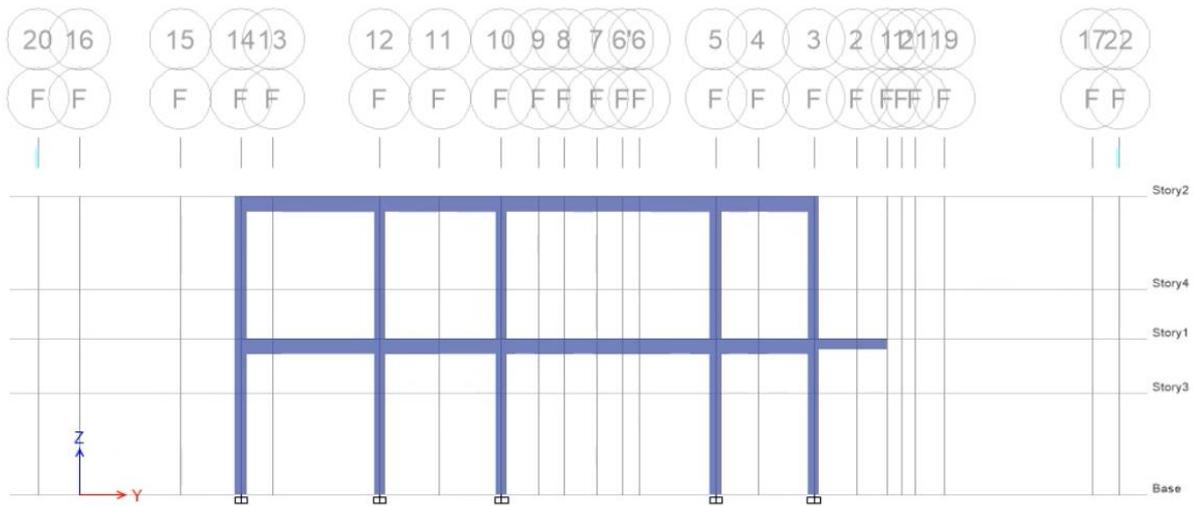


Ilustración 3.17 Elevación del eje F. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se crea el hormigón a ser empleado en la estructura, cuya resistencia a la compresión es de $f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$.

Ilustración 3.18 Definición del f'c. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se crea el acero a ser utilizado en las varillas y estribos, cuya resistencia a la fluencia es de $f_y = 2400 \frac{kg}{cm^2}$.

E Material Property Data

General Data

Material Name: fy 4200

Material Type: Steel

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7,8 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0,795379 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000117 1/C

Shear Modulus, G: 7692307,69 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

Ilustración 3.19 Definición del fy. [Pinzón & Villarruel, 2021]

La estructura cuenta con un tipo de columna de 30 cm x 30 cm, con recubrimiento de 4 cm, estribo de 10 mm y 4 varillas de 18 mm.

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: Columna proyecto

Material: Fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 30 cm

Width: 30 cm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

E Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column) M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: A615Gr60

Confinement Bars (Ties): A615Gr60

Reinforcement Configuration

Rectangular Circular

Confinement Bars

Ties Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 4 cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 2

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 1

Longitudinal Bar Size and Area: bar d18mm 2,54 cm²

Corner Bar Size and Area: bar d18mm 2,54 cm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: User 0,8 cm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 10 cm

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK Cancel

Ilustración 3.20 Creación de columna. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Según NEC (2015) la inercia de las secciones agrietadas para las estructuras de hormigón para calcular la rigidez y derivas máximas se deben tomar para vigas $0,5 \cdot I_g$ y para columnas $0,8 \cdot I_g$.

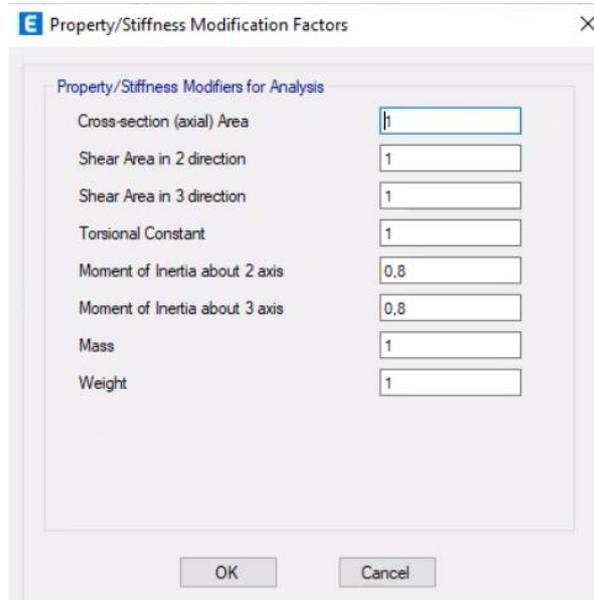


Ilustración 3.21 Inercia de sección agrietada en la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021]

La estructura cuenta con un tipo de viga principal de 20 cm x 40 cm, recubrimiento de 4 cm, estribo de 10 mm y 7 varillas de 14 mm.

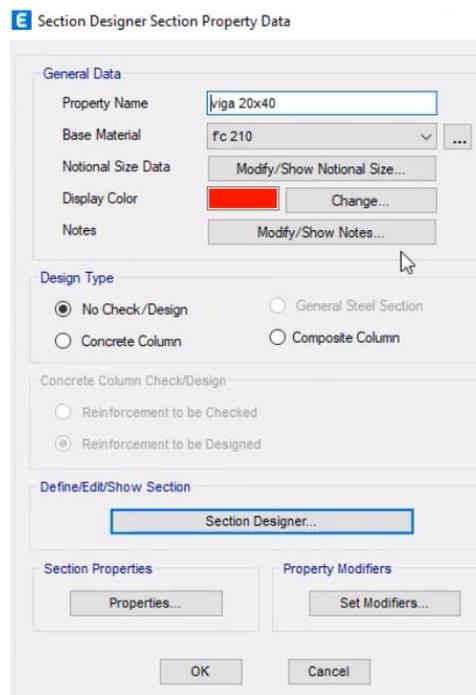


Ilustración 3.22 Creación de viga principal (1). [Pinzón & Villarruel, 2021]

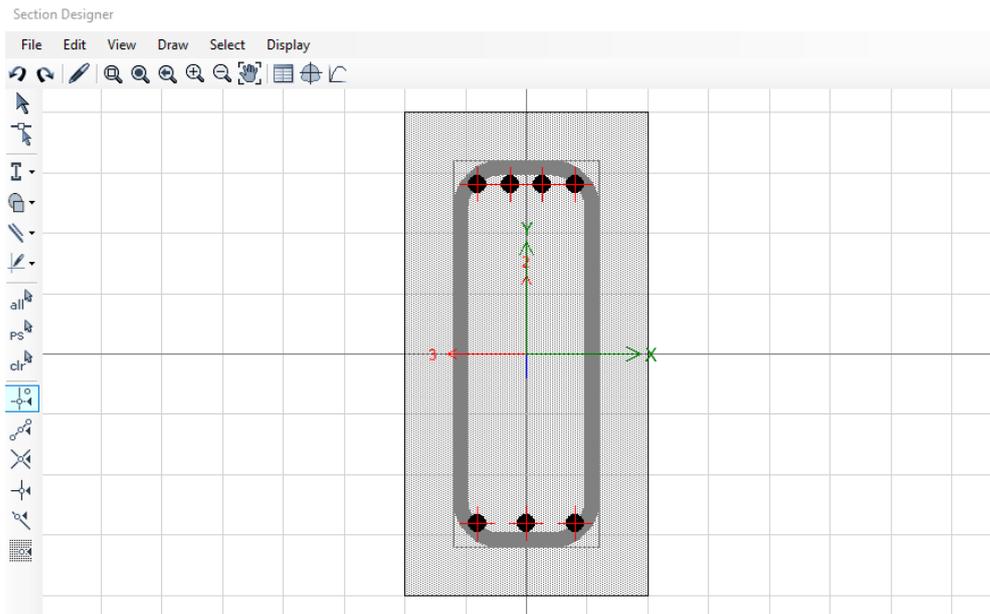


Ilustración 3.23 Creación de viga principal (2). [Pinzón & Villarruel, 2021]

La estructura cuenta con un tipo de viga secundaria de 15 cm x 30 cm, recubrimiento de 4 cm, estribo de 10 mm y 4 varillas de 14 mm.

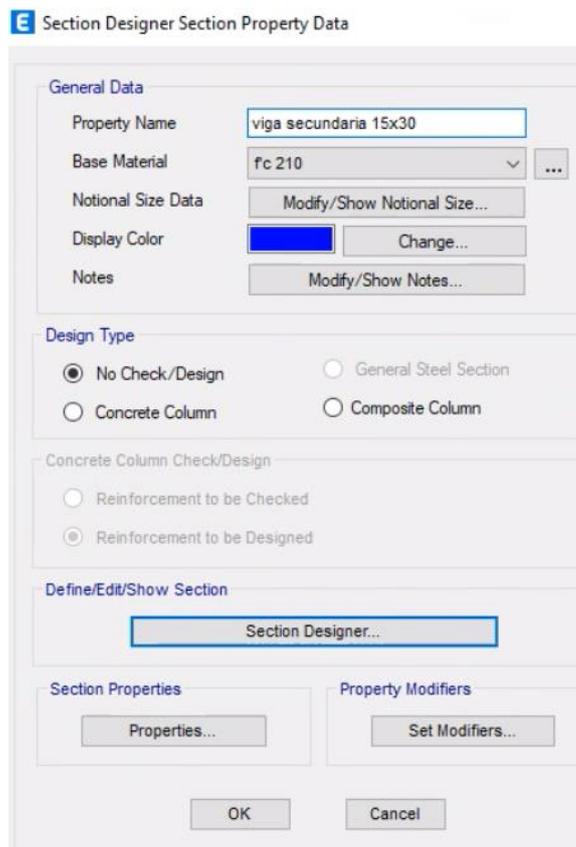


Ilustración 3.24 Creación de viga secundaria (1). [Pinzón & Villarruel, 2021]

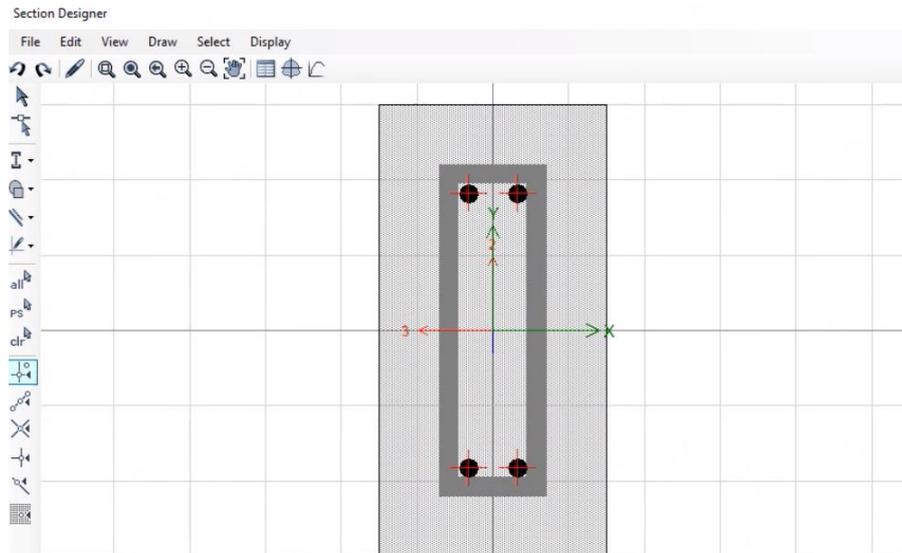


Ilustración 3.25 Creación de viga secundaria (2). [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se crea la losa con placa colaborante la cual estará rellena de hormigón, a diferencia de la cubierta que no se rellenará.

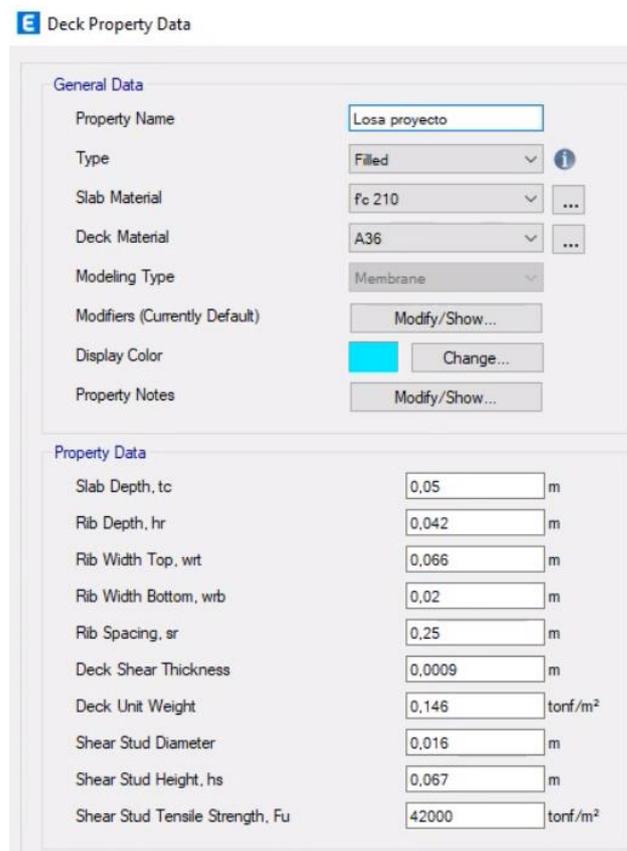


Ilustración 3.26 Creación de la losa con placa colaborante. [Pinzón & Villarruel, 2021]

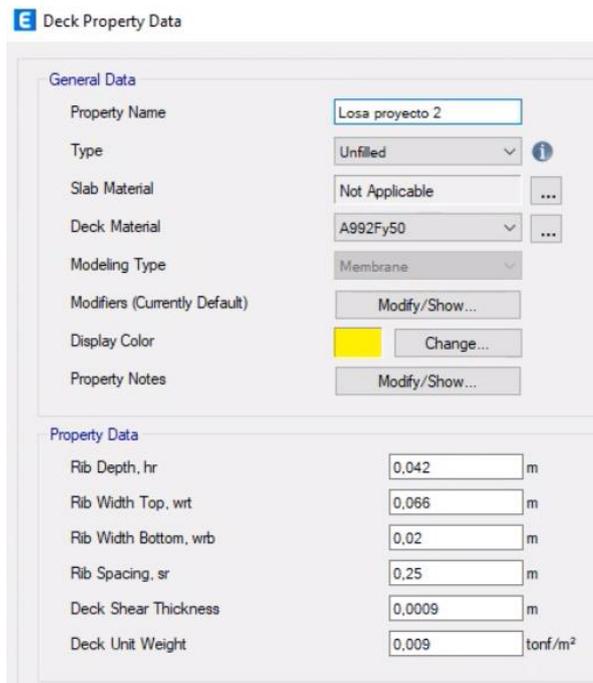


Ilustración 3.27 Creación de cubierta con placa colaborante. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se crean ambos diafragmas para la losa del nivel 1 y del nivel 2, se emplea diafragma rígido.

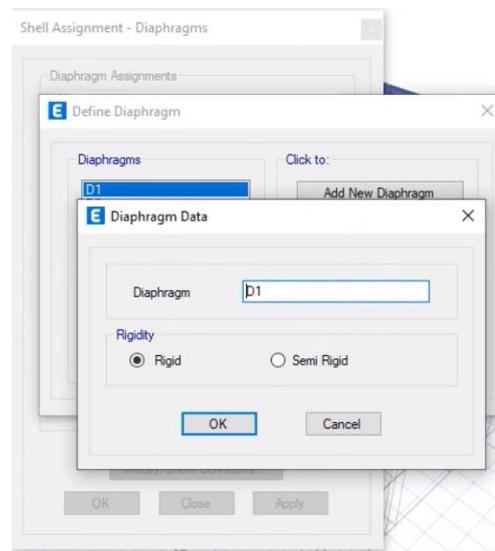


Ilustración 3.28 Diafragma para losa nivel 1. [Pinzón & Villarruel, 2021]

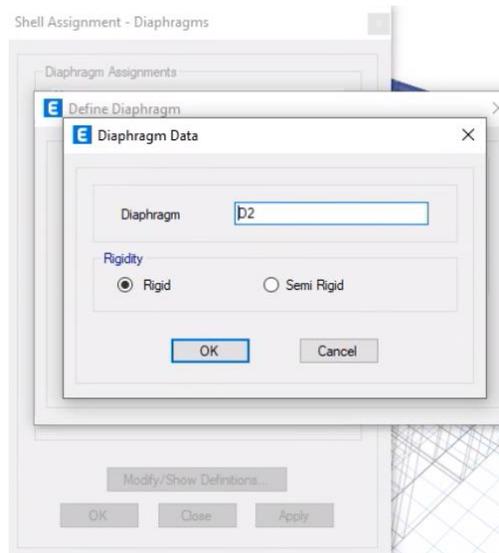


Ilustración 3.29 Diafragma para la losa nivel 2. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.1 Asignación de cargas

Se realiza el ingreso de las cargas vivas y muertas en la losa del nivel 1 y la del nivel 2 cuyos valores varían entre ambos niveles.

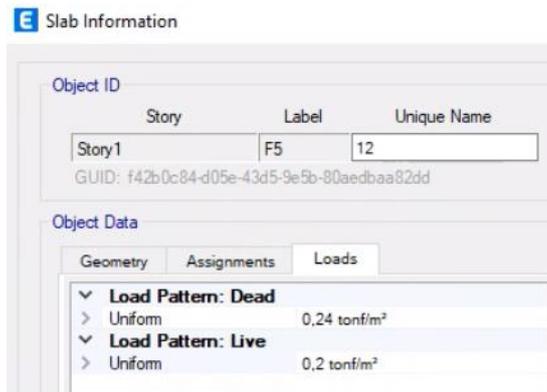


Ilustración 3.30 Ingreso de carga viva y muerta en la losa nivel 1. [Pinzón & Villarruel, 2021]

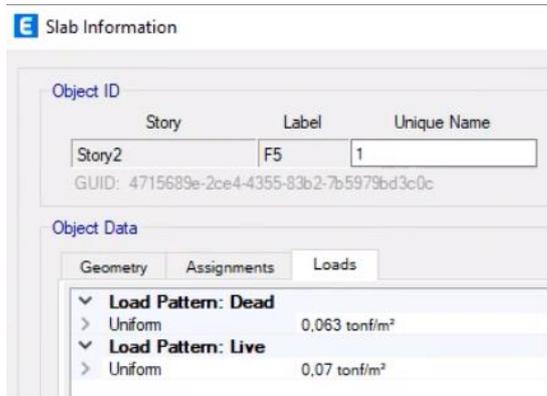


Ilustración 3.31 Ingreso de carga viva y muerta en la losa nivel 2. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.2 Coeficiente sísmico

En la parte de Load Patterns se ingresa la carga viva (Live), muerta (Dead), sismo en X (Sx) y sismo en Y (Sy). El valor de 1 de la carga muerta es para que el programa considere el peso propio de la estructura.

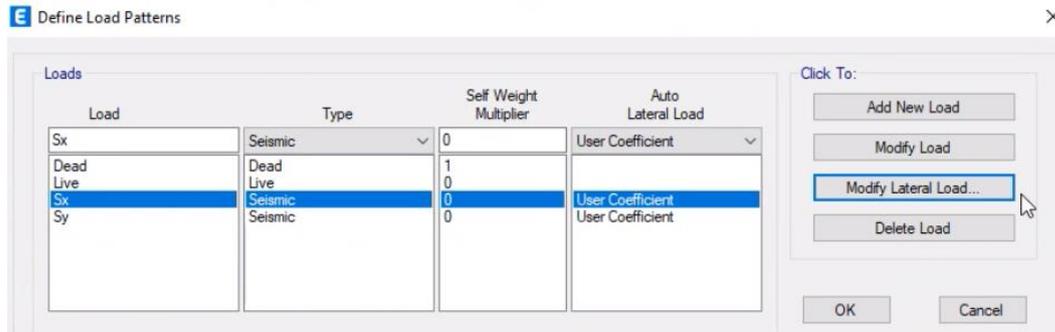


Ilustración 3.32 Patrones de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Para el caso de la carga sísmica tanto en X como en Y, se debe agregar el coeficiente sísmico C obtenido previamente.



Ilustración 3.33 Patrón de carga sísmica en X. [Pinzón & Villarruel, 2021]



Ilustración 3.34 Patrón de carga sísmica en Y. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.3 Espectro de respuesta

Se ingresan los parámetros sísmicos de la Tabla 3.13.

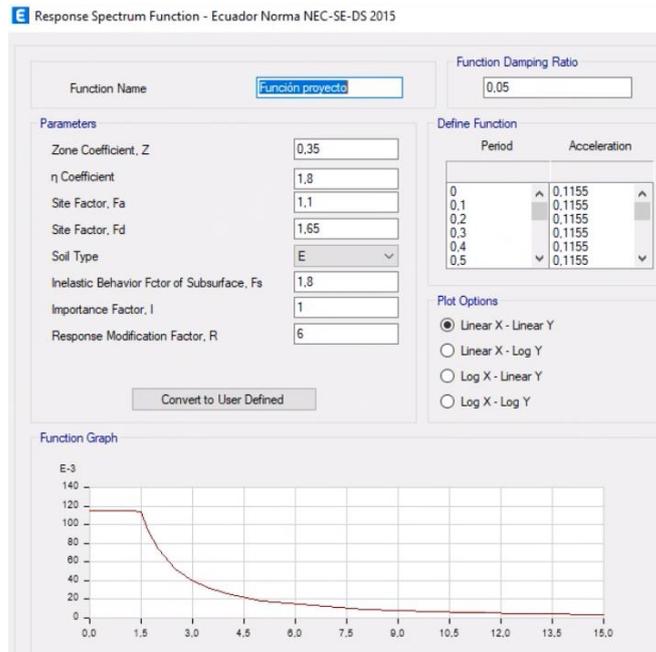


Ilustración 3.35 Espectro de respuesta sísmica. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se crean un caso de carga con el tipo de espectro de respuesta para X y Y.

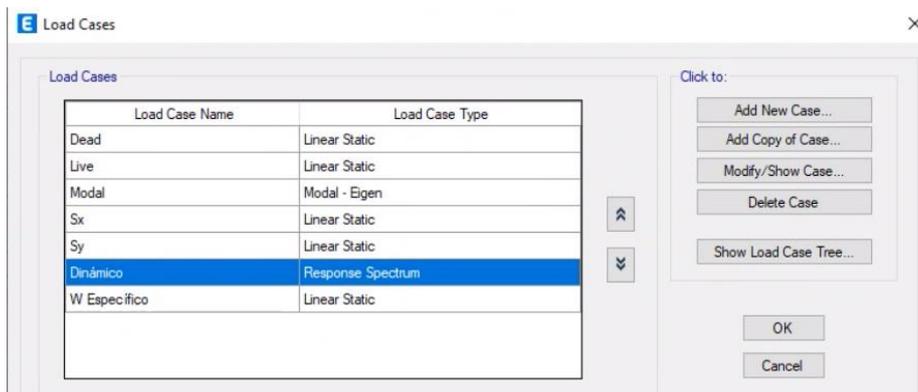


Ilustración 3.36 Casos de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]

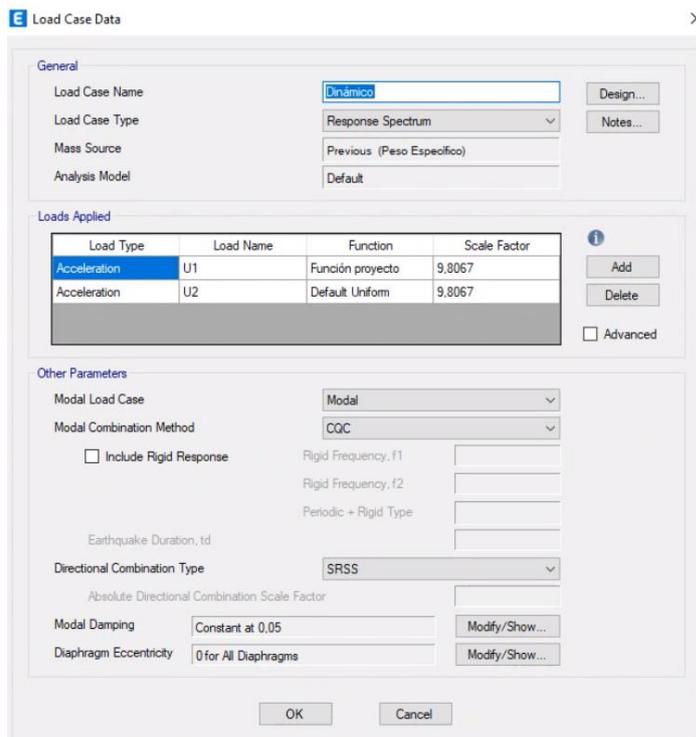


Ilustración 3.37 Caso de Carga según el Espectro de Respuesta. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.4 Combinación de carga

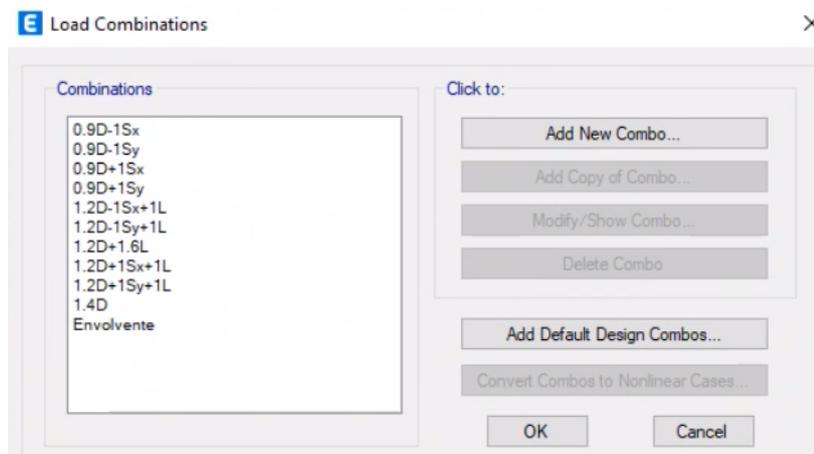


Ilustración 3.38 Combinaciones de carga. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.5 Análisis modal

3.3.6.5.1 Masa sísmica

Se agrega la masa sísmica de la estructura considerando la carga permanente de la estructura.

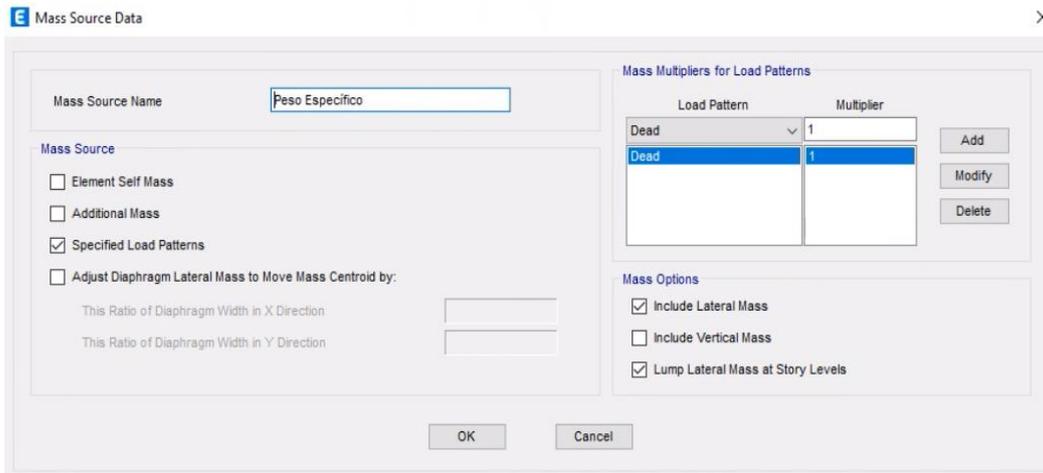


Ilustración 3.39 Masa sísmica de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.5.2 Número de modos

Para determinar el número de modos, se debe considerar el número de grados de libertad que son 3 (X, Y, Z) y el número de pisos de la estructura que son 2 (planta baja y planta alta). Por tanto, se tienen 6 modos como mínimo.

Según NEC (2015) “todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas” deben tomarse en cuenta para el análisis.

Se consideran 12 modos:

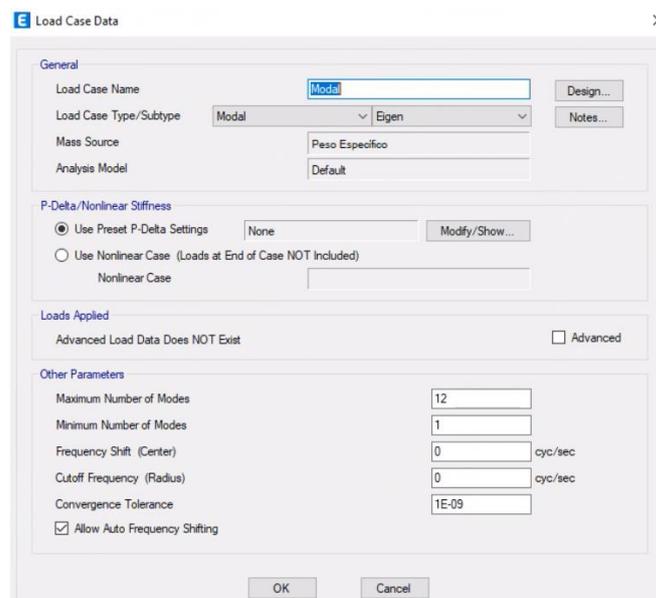


Ilustración 3.40 Número de modos de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0,509	0,651	0,1452	0	0,651	0,1452	0	0,0115	0,0621	0,1806
Modal	2	0,477	0,2828	0,5562	0	0,9338	0,7013	0	0,0461	0,0362	0,1317
Modal	3	0,405	0,0288	0,2747	0	0,9626	0,9761	0	0,0248	0,0085	0,6577
Modal	4	0,181	0,0334	0,0003	0	0,996	0,9763	0	0,0104	0,8422	1,045E-05
Modal	5	0,172	0,0017	0,0153	0	0,9977	0,9917	0	0,6564	0,0255	0,0065
Modal	6	0,156	0,0007	0,0071	0	0,9984	0,9988	0	0,2311	0,0053	0,0213
Modal	7	0,099	0,0005	0	0	0,9989	0,9988	0	3,235E-05	0,0127	0,0002
Modal	8	0,095	4,434E-06	0,0003	0	0,9989	0,9991	0	0,0121	0,0001	0,0005
Modal	9	0,04	0,0001	5,666E-07	0	0,999	0,9991	0	3,024E-06	0,0001	3,222E-05
Modal	10	0,037	0	0,0002	0	0,999	0,9993	0	0,001	0	0,0003
Modal	11	0,034	0,0008	0	0	0,9998	0,9993	0	0	0,0058	0,0004
Modal	12	0,03	0	0,0005	0	0,9998	0,9998	0	0,0047	1,395E-06	0,0006

Ilustración 3.41 Participación de masas de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.5.3 Periodo fundamental de la estructura

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0,509	1,963	12,3326	152,0922
Modal	2	0,477	2,095	13,1611	173,2154
Modal	3	0,405	2,469	15,514	240,6849
Modal	4	0,181	5,53	34,7487	1207,4704
Modal	5	0,172	5,811	36,5132	1333,2107
Modal	6	0,156	6,409	40,2668	1621,412
Modal	7	0,099	10,082	63,3494	4013,1485
Modal	8	0,095	10,494	65,9345	4347,3552
Modal	9	0,04	24,91	156,5136	24496,4958
Modal	10	0,037	26,801	168,3978	28357,829
Modal	11	0,034	29,572	185,8075	34524,4308
Modal	12	0,03	33,717	211,8533	44881,8197

Ilustración 3.42 Periodo fundamental de la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.6.5.4 Cortante Basal

El cortante basal de diseño se determina con Ec. 3.23:

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} W$$

Ec. 3.23

Se obtiene el espectro de diseño en aceleración $S_a(T_a)$, según la NED-SE-DS Capítulo 3.3.1 según la Ec. 3.14.

$$S_a(T_a) = 1,1 \cdot 1,8 \cdot 0,35$$

$$S_a(T_a) = 0,693$$

Considerando los valores especificados en la Tabla 3.13:

$$V = \frac{1 \cdot 0,693}{7 \cdot 1 \cdot 1} W$$

$$V = 0,099 \cdot W$$

3.3.6.5.5 Derivas

Para el correspondiente control de deformaciones, se realiza el control de derivas máximas por piso de la estructura, las cuales incluyen deflexiones y efectos de segundo orden. De esta manera, se puede obtener el índice de estabilidad de la estructura.

Primer Piso

Se obtienen las derivas correspondientes en “X” y en “Y”.



Ilustración 3.43 Desplazamiento máximo en el eje X del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

El desplazamiento máximo S_x del primer piso es de 0.00666 m, mientras que la altura del primer piso es de 4,02 m.

La deriva es:

$$dx = 0,002$$

La deriva máxima del piso, considerando un $R = 7$ es:

$$\Delta_M = 0,75 \cdot \Delta_E$$

Ec. 3.24

$$\Delta_M = 0,75 \cdot R \cdot dx$$

Ec. 3.25

$$\Delta_M = 0,75 \cdot 7 \cdot 0,002$$

$$\Delta_M = 0,009$$

Adicionalmente, se obtiene el cortante sísmico en el eje X del primer piso.

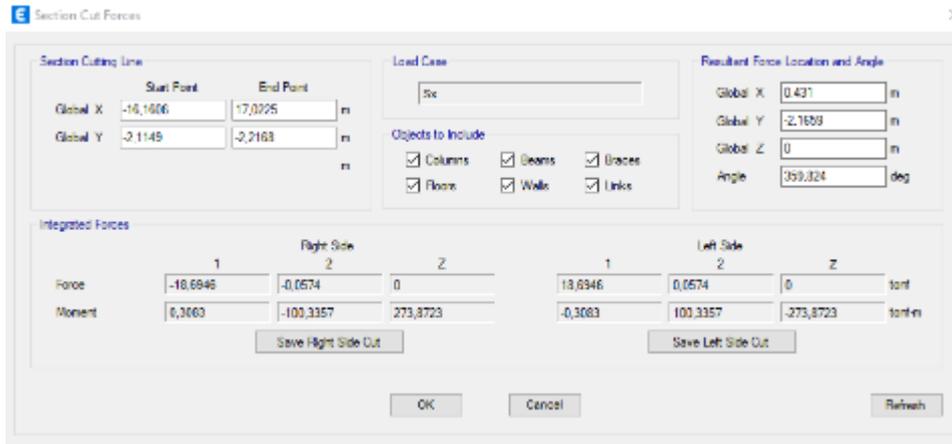


Ilustración 3.44 Cortante sísmico en el eje X del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$V_x = 18,6946 \text{ tnf}$$

Para el eje Y, la deriva correspondiente es:

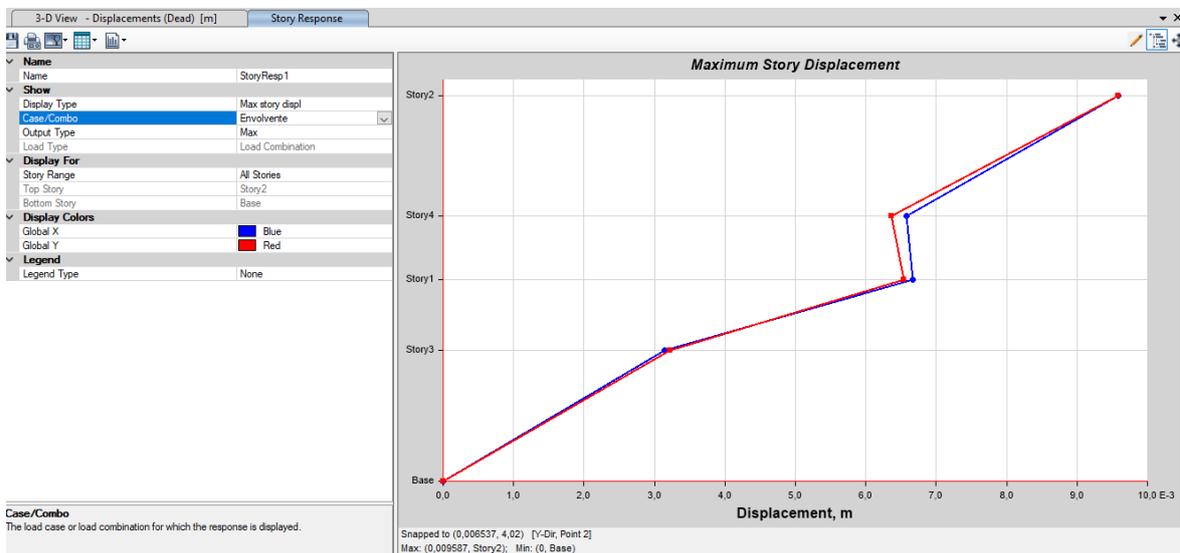


Ilustración 3.45 Desplazamiento máximo Y del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

El desplazamiento máximo S_y del primer piso es de 0,006537 m.

La deriva es:

$$dx = 0,002$$

La deriva máxima del piso, considerando un $R = 7$ según la Ec. 3.25:

$$\Delta_M = 0,009$$

De acuerdo con el Capítulo 4.2.2 de la NEC-SE-DS la deriva máxima para cualquier piso de hormigón armado es: 0,02. Por lo tanto, las derivas en los ejes X y Y del primer piso están dentro de los límites permisibles. Además, se verifica que la deriva obtenida de 0,002 es menor que la deriva máxima inelástica de 0,009.

Adicionalmente, se obtiene el cortante sísmico en el eje Y del primer piso.

The screenshot shows the 'Section Cut Forces' dialog box with the following data:

Section Cutting Line				Load Case		Resultant Force Location and Angle			
Global X	Start Point	End Point	Global Y	By	Global X	Global Y	Global Z	Angle	
-15,498		13,1486	-2,3188		-1,1747	2,4872	0	550,200	
				Objects to Include					
				<input checked="" type="checkbox"/> Columns <input checked="" type="checkbox"/> Beams <input checked="" type="checkbox"/> Braces <input checked="" type="checkbox"/> Floors <input checked="" type="checkbox"/> Walls <input checked="" type="checkbox"/> Links					
Integrated Forces									
	Right Side			Left Side					
	1	2	Z	1	2	Z			
Force	8,2328	-18,6932	0	-0,9508	18,6932	0	tonf		
Moment	100,3284	1,2486	-197,4982	100,3284	-1,2486	197,4982	tonf-m		

Ilustración 3.46 Cortante sísmico en el eje Y del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$V_y = 18,6932 \text{ tnf}$$

Finalmente, se obtiene la carga vertical total del primer nivel de la estructura.

The screenshot shows the 'Section Cut Forces' dialog box with the following data:

Section Cutting Line				Load Case		Resultant Force Location and Angle			
Global X	Start Point	End Point	Global Y	D=L	Global X	Global Y	Global Z	Angle	
-12,2867		17,1754	-2,6246		2,4444	-2,4972	0	0,496	
				Objects to Include					
				<input checked="" type="checkbox"/> Columns <input checked="" type="checkbox"/> Beams <input checked="" type="checkbox"/> Braces <input checked="" type="checkbox"/> Floors <input checked="" type="checkbox"/> Walls <input checked="" type="checkbox"/> Links					
Integrated Forces									
	Right Side			Left Side					
	1	2	Z	1	2	Z			
Force	0	0	250,1694	0	0	-250,7291	tonf		
Moment	3742,4324	-1775,1141	0	-3505,6222	1663,3942	0	tonf-m		

Ilustración 3.47 Carga vertical total del primer piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$P_i = 250,1694 \text{ tnf}$$

Según la NEC-SE-DS capítulo 6.3.8, el índice de estabilidad se obtiene por medio de la ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \cdot \Delta_i}{V_i \cdot h_i}$$

Ec. 3.26

El índice de estabilidad en el eje X del primer piso:

$$Q_x = \frac{250,1694 \cdot 0,002}{18,6946 \cdot 4,02}$$

$$Q_x = 0,029$$

El índice de estabilidad en el eje Y del primer piso:

$$Q_y = \frac{250,1694 \cdot 0,002}{18,6932 \cdot 4,02}$$

$$Q_y = 0,028$$

Segundo Piso

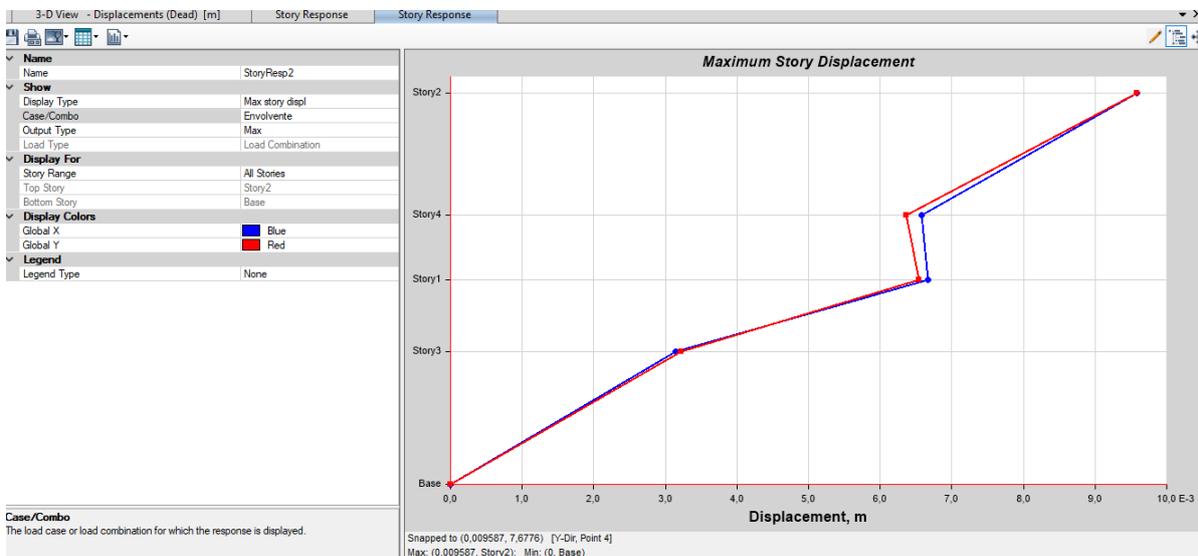


Ilustración 3.48 Desplazamiento máximo eje X del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

El desplazamiento máximo S_x del segundo piso es de 0,009587 m, mientras que la altura del segundo piso es de 3,658 m.

La deriva es:

$$dx = \frac{0,009587m}{3,658m}$$

$$dx = 0,003$$

La deriva máxima del piso, considerando un $R = 7$ según la Ec. 3.25:

$$\Delta_M = 0,014$$

Adicionalmente, se obtiene el cortante sísmico en el eje X del segundo piso.

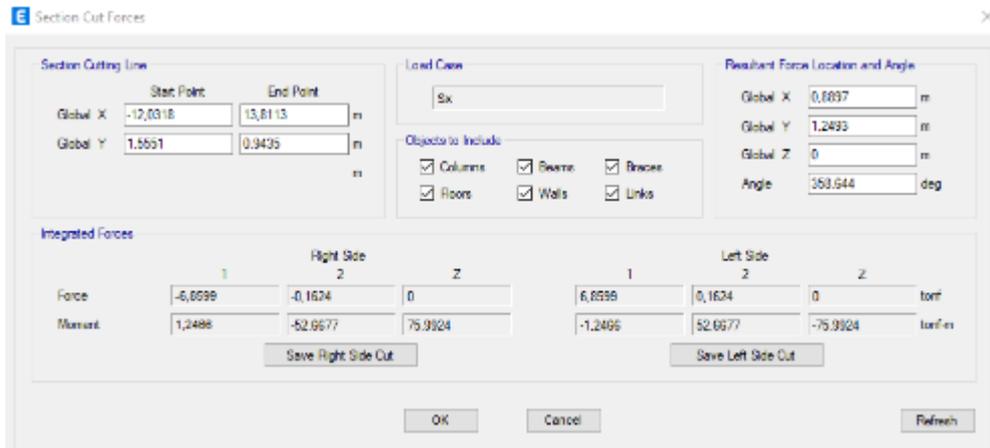


Ilustración 3.49 Cortante sísmico en el eje X del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$V_x = 6,8599 \text{ tnf}$$

Para el eje Y, se obtuvo la deriva correspondiente.

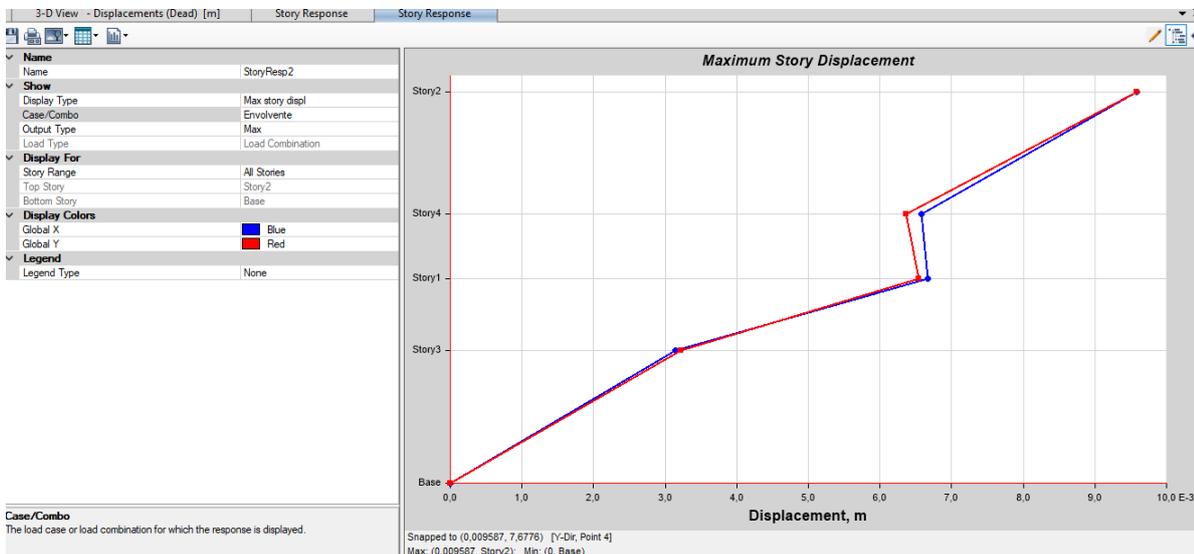


Ilustración 3.50 Desplazamiento máximo eje Y del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

El desplazamiento máximo S_y del segundo piso es de 0,009587 m.

La deriva es:

$$dx = \frac{0,009587m}{3,658m}$$

$$dx = 0,003$$

La deriva máxima del piso, considerando un $R = 7$ según la Ec. 3.25

$$\Delta_M = 0,014$$

De acuerdo con el Capítulo 4.2.2 de la NEC-SE-DS la deriva máxima para cualquier piso de hormigón armado es: 0,02. Por lo tanto, las derivas en los ejes X y Y del segundo piso están dentro de los límites permisibles. Además, se verifica que la deriva obtenida de 0,003 es menor que la deriva máxima inelástica de 0,014.

Se obtiene el cortante sísmico en el eje Y del segundo piso.

Section Cutting Line		Start Point		End Point	
Global X	-12,3493	10,6			m
Global Y	2,1158	1,81			m

Load Case	
Load Case	S1

Objects to Include	
<input checked="" type="checkbox"/> Columns	<input checked="" type="checkbox"/> Beams
<input checked="" type="checkbox"/> Floors	<input checked="" type="checkbox"/> Walls
<input checked="" type="checkbox"/> Braces	<input checked="" type="checkbox"/> Links

Resultant Force Location and Angle	
Global X	-1,1747 m
Global Y	1,9523 m
Global Z	0 m
Angle	355,755 deg

Integrated Forces	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	0,0091	-6,8613	0	-0,0091	6,8613	0
Moment	62,670	0,6841	-72,7806	52,678	0,6841	-72,7806

Ilustración 3.51 Cortante sísmico en el eje Y del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$V_y = 6,8313 \text{ tnf}$$

Finalmente, se obtiene la carga vertical total del segundo nivel de la estructura.

Section Cutting Line		Start Point		End Point	
Global X	-12,1847	18,2459			m
Global Y	1,6571	1,4322			m

Load Case	
Load Case	D+L

Objects to Include	
<input checked="" type="checkbox"/> Columns	<input checked="" type="checkbox"/> Beams
<input checked="" type="checkbox"/> Floors	<input checked="" type="checkbox"/> Walls
<input checked="" type="checkbox"/> Braces	<input checked="" type="checkbox"/> Links

Resultant Force Location and Angle	
Global X	3,0306 m
Global Y	1,5296 m
Global Z	0 m
Angle	359,52 deg

Integrated Forces	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	0	0	64,4852	0	0	49,5009
Moment	696,1238	-410,3204	0	538,1403	320,6352	0

Ilustración 3.52 Carga vertical total del segundo piso. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$P_i = 64,4852 T$$

El índice de estabilidad en el eje X del segundo piso según la Ec. 3.26:

$$Q_x = \frac{64,4852 \cdot 0,003}{6,8599 \cdot 3,658}$$
$$Q_x = 0,035$$

El índice de estabilidad en el eje Y del segundo piso según la Ec. 3.26:

$$Q_y = \frac{64,4852 \cdot 0,003}{6,8313 \cdot 3,658}$$
$$Q_y = 0,036$$

3.3.6.5.6 Irregularidad torsional

Con la finalidad de garantizar la estabilidad de la estructura, se verifica si se presenta irregularidad torsional mediante el uso de la ecuación propuesta por la NEC-SE-DS, Capítulo 5.3.3:

$$\Delta_{max} \leq 1,2 \cdot \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$$

Ec. 3.27

Para el primer piso, el nivel 4,02 m, se toma los desplazamientos de cada uno de sus ejes. Debido a la irregularidad de la planta, se tomaron tres datos por eje.

Para el desplazamiento en el eje X:

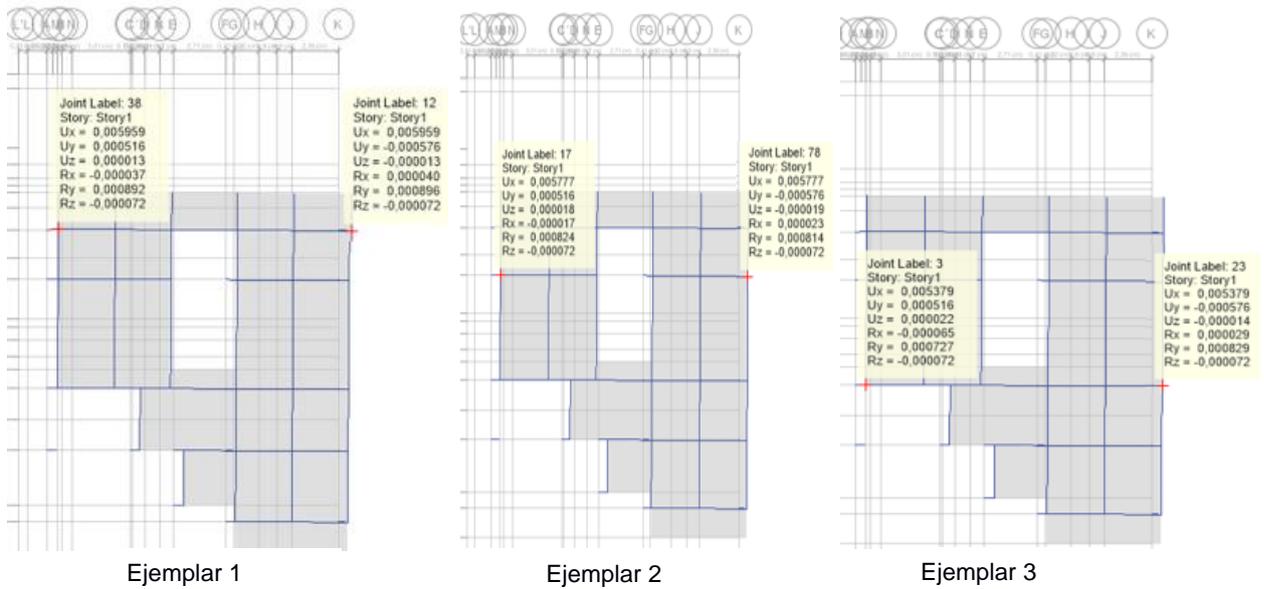


Ilustración 3.53 Desplazamiento en el eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Para el desplazamiento en el eje Y:

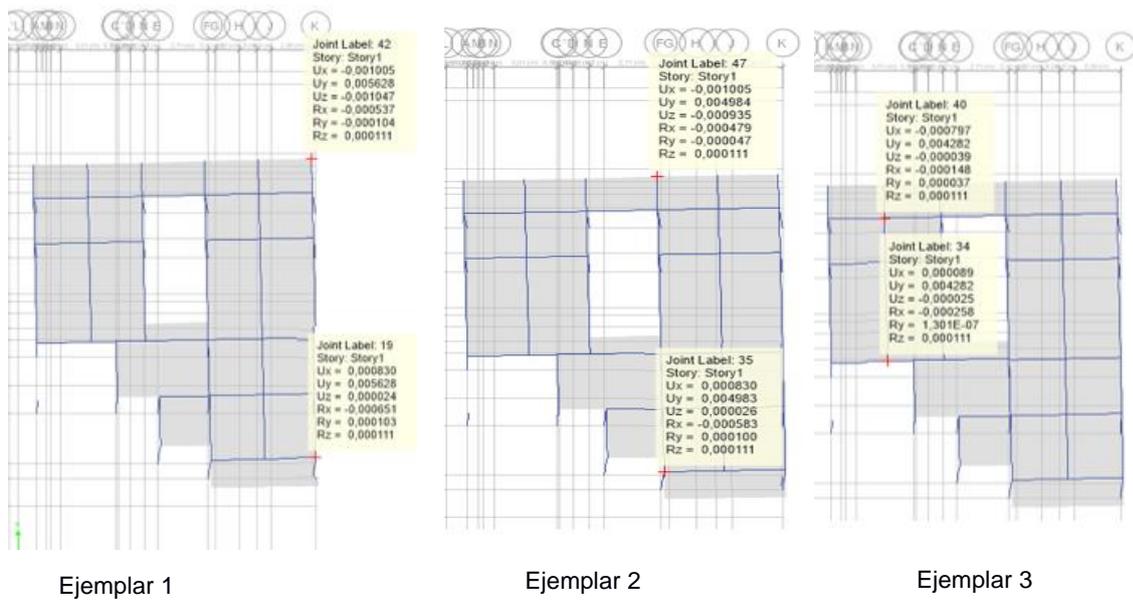


Ilustración 3.54 Desplazamiento en el eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Finalmente, se obtiene el desplazamiento máximo del piso.

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story1	42	90	Sx	LinStatic	Step By Step	2	0,00671

Ilustración 3.55 Desplazamiento máximo en X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m	Uy m
Story1	12	27	Sy	LinStatic	Step By Step	1	-0,000798	0,005628

Ilustración 3.56 Desplazamiento máximo en Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

De acuerdo con la revisión por torsión, se obtiene:

Tabla 3.16 Revisión por torsión del eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Ejemplar	Desplazamiento máximo, Δ_{max}	Desplazamiento, Δ_1	Desplazamiento, Δ_2	$1,2 \cdot \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$
1	0,005628	0,005959	0,005959	0,0071508
2		0,005777	0,005777	0,0069324
3		0,005379	0,005379	0,0064548
Promedio		0,005705	0,005705	0,006846

Tabla 3.17 Revisión por torsión del eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Ejemplar	Desplazamiento máximo, Δ_{max}	Desplazamiento, Δ_1	Desplazamiento, Δ_2	$1,2 \cdot \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$
1	0,006131	0,005628	0,005628	0,0067536
2		0,004984	0,004984	0,0059808
3		0,004282	0,004282	0,0051384
Promedio		0,004856	0,004856	0,0059576

Debido a que el desplazamiento máximo en cada eje es menor a 1,2 veces el promedio de las derivas de los extremos de la estructura, se verifica que en la primera planta no existe irregularidad por torsión.

De la misma manera, para el segundo nivel de 7,68 m, se toma los desplazamientos de cada uno de sus ejes. Debido a la irregularidad de la planta, se tomaron tres datos por eje.

Para el desplazamiento en el eje X:

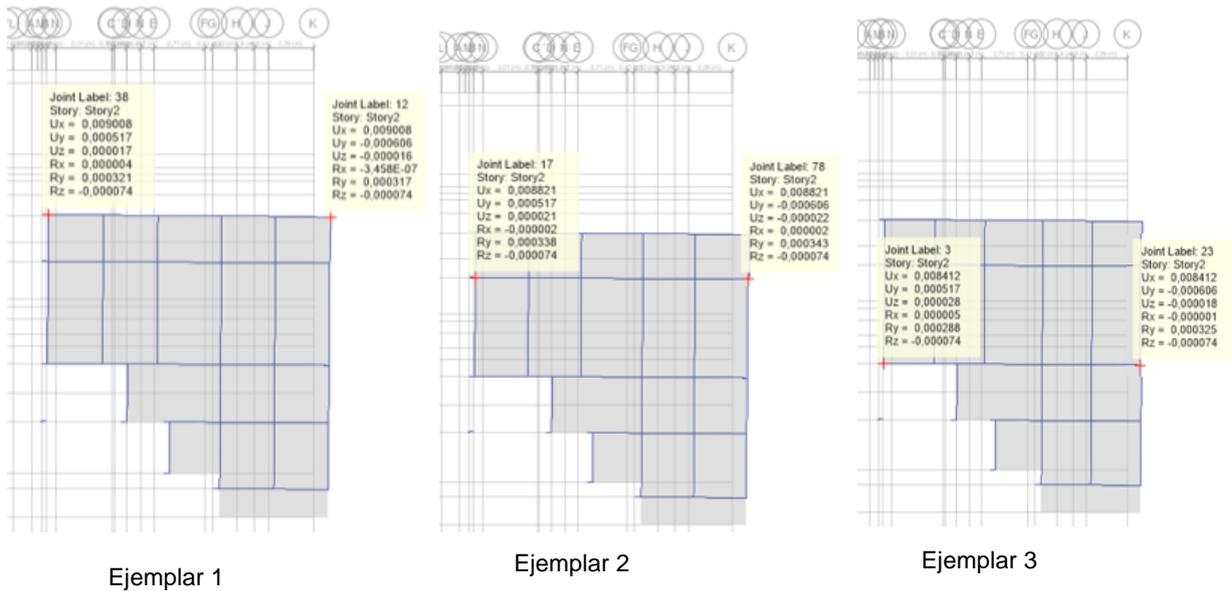


Ilustración 3.57 Desplazamiento en el eje X del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Para el desplazamiento en el eje Y:

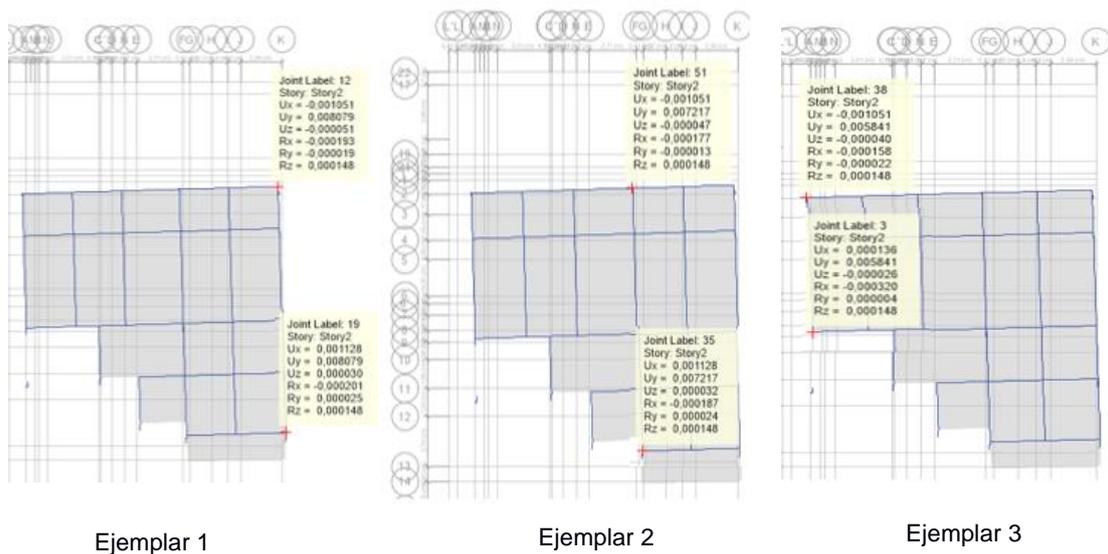


Ilustración 3.58 Desplazamiento en el eje Y del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Finalmente, se obtiene el desplazamiento máximo del piso.

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story2	12	28	Sx	LinStatic	Step By Step	2	0,009731

Ilustración 3.59 Desplazamiento máximo en X del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m	Uy m
Story2	19	17	Sy	LinStatic	Step By Step	2	0,001876	0,00883

Ilustración 3.60 Desplazamiento máximo en Y del segundo nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

De acuerdo con la revisión por torsión, se obtiene:

Tabla 3.18 Revisión por torsión del eje X del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Ejemplar	Desplazamiento máximo, Δ_{max}	Desplazamiento, Δ_1	Desplazamiento, Δ_2	$1,2 \cdot \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$
1	0,009731	0,009008	0,009008	0,0108096
2		0,008821	0,00821	0,0105852
3		0,008412	0,008412	0,0100944
Promedio		0,008747	0,008747	0,0129252

Tabla 3.19 Revisión por torsión del eje Y del primer nivel. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Ejemplar	Desplazamiento máximo, Δ_{max}	Desplazamiento, Δ_1	Desplazamiento, Δ_2	$1,2 \cdot \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$
1	0,0083	0,008079	0,008079	0,009648
2		0,007217	0,007217	0,0086604
3		0,005841	0,005841	0,0070092
Promedio		0,0070456	0,0070456	0,0084392

Debido a que el desplazamiento máximo en cada eje es menor a 1,2 veces el promedio de las derivas de los extremos de la estructura, se verifica que en la segunda planta no existe irregularidad por torsión.

3.3.7 Memoria de cálculo

3.3.7.1 Losa

Carga Muerta:

$$CM_{losa} = 145.89 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$CM_{piso} = 150 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$CM_{total} = CM_{losa} + CM_{piso}$$

Ec. 3.28

$$CM_{total} = 295.89 \frac{kgf}{cm^2}$$

Carga Viva:

$$CV = 200 \frac{kgf}{cm^2}$$

Carga última:

$$Cu = 1,2 \cdot CM_{total} + 1,6 \cdot CV$$

Ec. 3.29

$$Cu = 635.07 \frac{kgf}{cm^2}$$

El análisis para 1 metro de ancho:

$$Cu = 635.07 \frac{kgf}{cm^2} \cdot 1m$$

$$Cu = 635.07 \frac{kgf}{cm}$$

Para calcular el momento se emplea el método de los coeficientes del ACI.

Tabla 3.20 Longitudes de apoyo losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Apoyo	Longitud entre apoyos (m)
A	2,935
B	2,935
C	3,41
D	2,91
E	2,91

$$M = \frac{1}{\beta} \cdot Cu \cdot L^2$$

Ec. 3.30

Momentos negativos:

Tabla 3.21 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Promedio longitud entre apoyos, L (m)	Momento negativo, M (kgf-m)
24	2,935	$M_A^{(-)} = 227,941$
10	0,5 (2,935+2,935)	$M_B^{(-)} = 547,059$
11	0,5 (2,935+3,41)	$M_C^{(-)} = 581,071$
10	0,5 (3,41+2,91)	$M_D^{(-)} = 634,151$
11	0,5 (2,91+2,91)	$M_E^{(-)} = 488,890$
24	2,91	$M_F^{(-)} = 224,075$

Momentos positivos:

Tabla 3.22 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Promedio longitud entre apoyos, L (m)	Momento positivo, M (kgf-m)
11	2,935	$M_{A-B}^{(+)} = 497,327$
16	2,935	$M_{B-C}^{(+)} = 341,912$
16	3,41	$M_{C-D}^{(+)} = 461,538$
16	2,91	$M_{D-E}^{(+)} = 336,112$
11	2,91	$M_{E-F}^{(+)} = 488,890$

Momento máximo:

$$M_{m\acute{a}x} = 634,151 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Diseño de refuerzo negativo de la placa

A partir de una sección geométrica equivalente a la sección de la placa, se realiza el diseño como una losa aligerada.

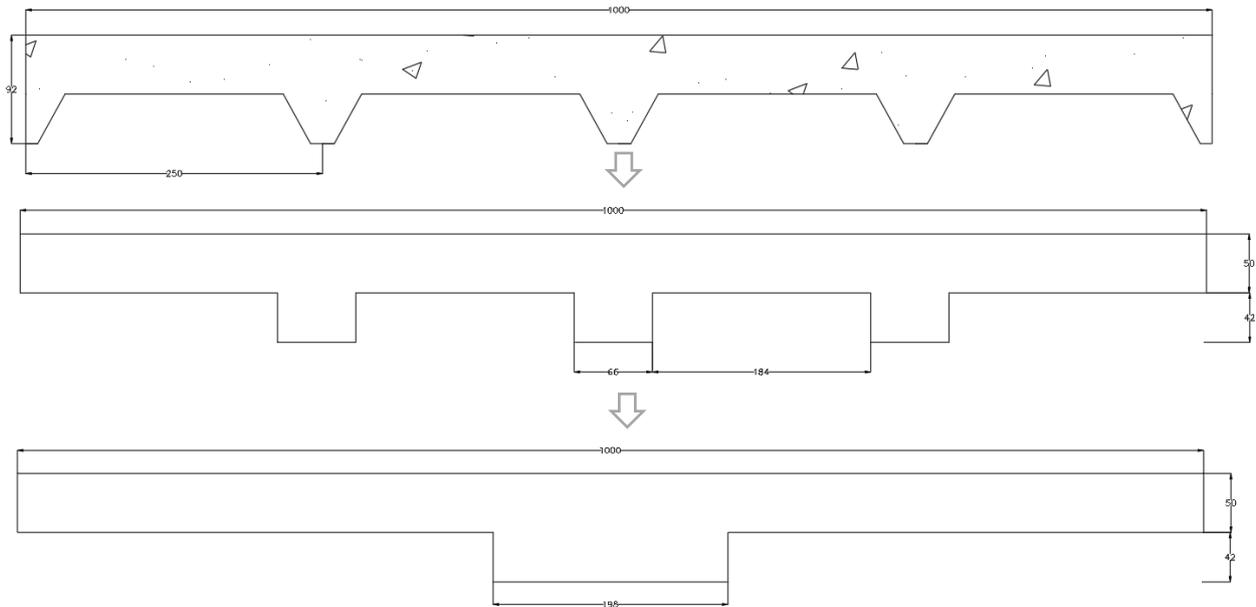


Ilustración 3.61 Sección equivalente de la losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Tabla 3.23 Parámetros para cálculo de losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Espesor lámina acero, e	0.9 mm
Espesor losa, d	92 mm
Distancias hasta A_{S2} , d'	20 mm
Ancho sección equivalente, b	198 mm
Resistencia a la compresión, f_c	210 kgf/cm ²
Resistencia a la fluencia losa, f_y	40 ksi

Cálculo de A_{S2} :

$$A_{S2} = b \cdot e$$

Ec. 3.31

$$A_{S2} = 1,782 \text{ cm}^2$$

Cálculo de Momento M_2 :

$$M_2 = A_{S2} \cdot f_y \cdot (d - d')$$

Ec. 3.32

$$M_2 = 360,83 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Como $M_2 > M_{m\acute{a}x}$ quiere decir que la placa colaborante está fluyendo y se requiere acero adicional A_{S1} .

Se emplea la teoría de vigas doblemente reforzadas, el acero para $M_{m\acute{a}x}$ es el A_S total y se asume el doble de acero.

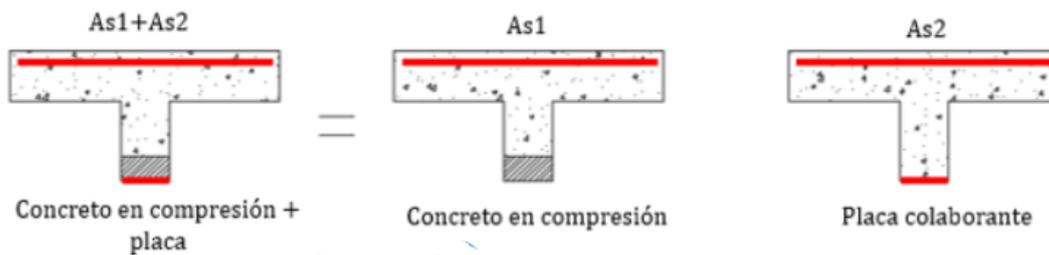


Ilustración 3.62 Viga doblemente reforzada. [FerNAN Civil, 2021]

$$A_S = 2 \cdot A_{S2}$$

Ec. 3.33

$$A_{S2} = 3,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{S1} = A_S - A_{S2}$$

Ec. 3.34

$$A_{S1} = 1,78 \text{ cm}^2$$

Cálculo de la posición c :

$$c = \frac{A_{S1}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

Ec. 3.35

$$c = 0,493 \text{ cm}$$

Cálculo de la posición a :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ porque se trata de un } f'_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}.$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

Ec. 3.36

$$a = 0,419 \text{ cm}$$

Cálculo de Momento M_1 :

$$M_1 = A_{S1} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Ec. 3.37

$$M_1 = 672,87 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Cálculo del momento total M :

$$M = M_1 + M_2$$

$$M = 1033,70 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Se selecciona un diámetro de varilla $d_b = 12\text{mm}$ con un área $A_v = 1,131\text{cm}^2$

$$\#var = \frac{A_s}{A_v}$$

Ec. 3.38

$$\#var = 3,15$$

$$\#var = 4$$

Separación entre varillas:

$$s = \frac{1\text{m}}{\#var}$$

Ec. 3.39

$$s = 25\text{cm}$$

Como $M > M_{m\acute{a}x}$, el A_s asumido es correcto.

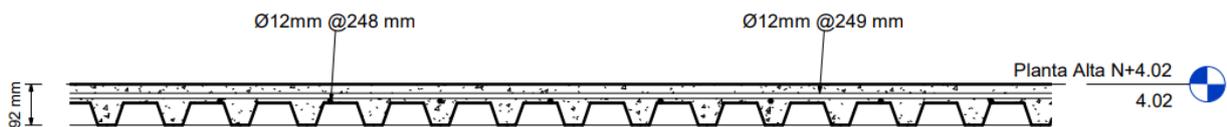


Ilustración 3.63 Sección transversal de losa. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.7.2 Viga Principal

Análisis por flexión

Carga muerta:

$$U_D = 798 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Carga viva:

$$U_L = 665 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Carga de diseño según la Ec. 3.29:

$$U = 1,2 \cdot U_D + 1,4 \cdot U_L$$

$$U = 2021,6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Se obtienen los momentos a través de los coeficientes del ACI.

La luz libre de la viga crítica que se está analizando es $l_n = 5,57\text{ m}$

Según la Ec. 3.30:

$$M = \frac{1}{\beta} \cdot Cu \cdot l_n^2$$

Momentos negativos:

Tabla 3.24 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Momento negativo, M (kgf-m)
16	$M_{\text{ext}}^{(-)} = 3919,996$
11	$M_{\text{int}}^{(-)} = 5701,813$

Momentos positivos:

Tabla 3.25 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Momento positivo, M (kgf-m)
14	$M_{\text{ext}}^{(+)} = 4479,996$
16	$M_{\text{int}}^{(+)} = 3919,996$

Momento máximo negativo:

$$M_{m\acute{a}x(-)} = 5701,813 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Momento máximo positivo:

$$M_{m\acute{a}x(+)} = 4479,996 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Diseño a flexión momento negativo

Tabla 3.26 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Momento de diseño, M_u	5,702 tonf-m
Altura de viga, h	40 cm
Base de viga, b	20 cm
Diámetro de varilla, db	14 mm
Diámetro de estribo, $dest$	10 mm
Recubrimiento, rec	4 cm

Se calcula el peralte efectivo:

$$d = h - rec - dest$$

Ec. 3.40

$$d = 34,3 \text{ cm}$$

Cuantía de acero:

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\left(\frac{2 \cdot M_u}{\varphi \cdot b \cdot d^2} \right)}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

Ec. 3.41

$$\rho = 0.006$$

Área de acero:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Ec. 3.42

$$A_s = 4,791 \text{ cm}^2$$

Área de varilla:

$$A_v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

Ec. 3.43

$$A_v = 1,539 \text{ cm}^2$$

Número de varillas según Ec. 3.38:

$$\#var = 3,113$$

$$\#var \approx 4$$

Comprobación de requerimientos de acero:

Cuantía de acero mínima:

$$\rho_{\min} = \max \left(\frac{14}{f_y}, \frac{0,80 \sqrt{f'_c}}{f_y} \right)$$

Ec. 3.44

$$\rho_{\min} = 0,0033$$

Área de acero mínima:

$$A_{s-\min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

Ec. 3.45

$$A_{s-\min} = 2,287 \text{ cm}^2$$

Como $A_s > A_{s-\min}$ cumple

Separación de varillas:

$$d_{\text{máx-agregado}} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$s_{\text{mín}} = \text{máx} \left(25 \text{ mm}, d_b, \frac{4}{3} \cdot d_{\text{máx-agregado}} \right)$$

Ec. 3.46

$$s_{\text{mín}} = 2,54 \text{ cm}$$

Peralte efectivo:

$$d = h - \text{rec} - d_{\text{est}} - \frac{d_b}{2}$$

Ec. 3.47

$$d = 34,3 \text{ cm}$$

Deformaciones:

$$\beta_1 = 0,85$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Ec. 3.48

$$a = 7,244 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

Ec. 3.49

$$c = 8,523 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \varepsilon_c$$

Ec. 3.50

$$\varepsilon_s = 0,0131$$

Resistencia de diseño según Ec. 3.37:

$$\phi = 0,90$$

$$\phi M_n = 6371,161 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Como $\phi M_n \geq M_u$, el diseño cumple.

Diseño a flexión momento positivo

Se aplican las mismas ecuaciones del diseño a flexión correspondiente al momento negativo, dando como resultado 4 varillas de 14 mm con un $\phi M_n =$

5513,388 $kgf \cdot m$ que al ser mayor al $M_u = 4479,996 kgf \cdot m$ se evidencia que el diseño cumple con la demanda.

Separación mínima de varilla según la $d_{m\acute{a}x-agregado} = \frac{3}{4}in$

$$s_{m\acute{i}n} = m\acute{a}x \left(25 mm, d_b, \frac{4}{3} \cdot d_{m\acute{a}x-agregado} \right)$$

Ec. 3.46:

Según 9.7.2.1 y 25.2.1 del ACI 318 – 14

$$s_{m\acute{i}n} = 2,54 cm$$

Separación máxima de varillas:

Según 9.7.2.2 del ACI 318 – 14

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot E_s \cdot 0,002 = 2800 \frac{kg}{cm^2}$$

$$s_{m\acute{a}x} = m\acute{i}n \left(\frac{38 \cdot 2800 \frac{kg}{cm^2}}{f_s} - 2,5 \cdot C_c, \frac{30 \cdot 2800 \frac{kg}{cm^2}}{f_s} \right)$$

Ec. 3.51

$$s_{m\acute{a}x} = 24,5 cm$$

Separación de varillas para refuerzo superior:

$$\#var = 4$$

$$s = \frac{b - 2 \cdot rec - 2 \cdot d_{est} - d_b}{\#var - 1}$$

Ec. 3.52

$$s = 2,867 cm$$

Separación de varillas para refuerzo inferior:

$$\#var = 3$$

$$s = 2,867 cm$$

Longitudes de desarrollo:

Para refuerzo superior:

$$\psi_t = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_e = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_s = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$C_b = m\acute{i}n \left[\left(rec + d_{est} + \frac{d_b}{2} \right), \frac{s}{4} \right]$$

Ec. 3.53

$$C_b = 1,433 cm$$

Se adopta un índice de refuerzo transversal, $k_{tr} = 0$

$$l_d = \frac{f_y}{3,5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left(\frac{C_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \cdot d_b$$

Ec. 3.54

25.4.2.3a del ACI 318 – 14

$$l_d = 117,764 \text{ cm}$$

Para refuerzo inferior:

$$C_b = 2,15 \text{ cm}$$

$$l_d = 78,51 \text{ cm}$$

Desarrollo de gancho estándar 90° en tensión:

Según Tabla 25.3.1 del ACI 318 – 14

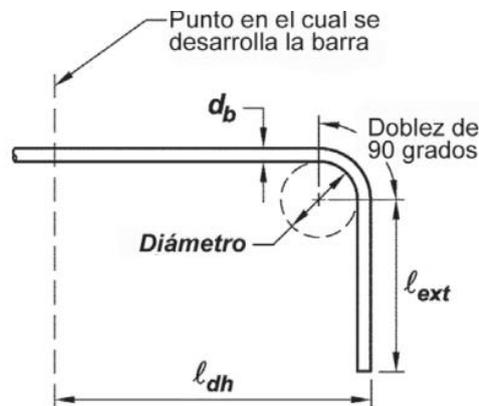


Ilustración 3.64 Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción. [ACI 318 – 14]

$$\psi_r = 0,8 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_c = 1 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_e = 1 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$l_{dh1} = \frac{0,075 \cdot f_y \cdot \psi_c \cdot \psi_e \cdot \psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot d_b$$

Ec. 3.55

$$l_{dh1} = 24,346 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = \text{máx}(l_{dh1}, 8 \cdot d_b, 15 \text{ cm})$$

Ec. 3.56

$$l_{dh} = 24,346 \text{ cm}$$

Extensión de la recta:

$$l_{ext} = 12 \cdot d_b$$

Ec. 3.57

$$l_{ext} = 16,8 \text{ cm}$$

Diámetro interior mínimo de doblado:

$$d_{dob} = 6 \cdot d_b$$

Ec. 3.58

$$d_{dob} = 8,4 \text{ cm}$$

Desarrollo de gancho estándar 90° en compresión:

$$l_{dc1} = \frac{0,075 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}}$$

Ec. 3.59

$$l_{dc1} = 21,737 \text{ cm}$$

$$l_{dc} = \text{máx}(l_{dc1}, 25 \text{ cm}, 0,0044 \cdot f_y \cdot d_b)$$

Ec. 3.60

$$l_{dc} = 25,872 \text{ cm}$$

Traspale de varillas a tensión:

Con respecto al refuerzo inferior:

Tabla 3.27 Longitud de empalme por traslapo de barras y alambres corrugados a tracción. [ACI 318 – 14]

As, colocado / As, colocado en la longitud del empalme	Porcentaje máximo de As empalmado dentro de la longitud de traslapo requerida	Tipo de empalme	l_{st}	
$\geq 2,0$	50	Clase A	Mayor de:	$1,0 \cdot l_d$ y
	100	Clase B		300 mm
$< 2,0$	Todos los casos	Clase C	Mayor de:	$1,3 \cdot l_d$ y 300 mm

Tabla 25.5.2 del ACI 318 – 14

$$l_{st} = \text{máx}(1,3 \cdot l_d, 300 \text{ mm})$$

Ec. 3.61

$$l_{st} = 102,062 \text{ cm}$$

Traslape de varillas a compresión:

Con respecto al refuerzo superior:

$$l_{sc} = 0,0073 \cdot d_b \cdot f_y$$

Ec. 3.62

$$l_{sc} = 42,924 \text{ cm}$$

Diseño por cortante

Longitud de la viga más larga:

$$L_1 = 5,82 \text{ m}$$

Con los datos de la Tabla 3.26 se calcula la altura efectiva según la Ec. 3.47:

$$d = 40 - 4 - 1 - \frac{1,4}{2}$$

$$d = 34,3 \text{ cm}$$

Factor de reducción de resistencia:

$$\phi = 0,75$$

Factor para peso normal del hormigón:

$$\lambda = 1$$

Ramales de estribo:

$$n = 1$$

Área de la varilla:

$$A_v = \pi \cdot \frac{d_{est}^2}{4} \cdot n$$

Ec. 3.63

$$A_v = 0,785 \text{ cm}^2$$

Carga viva:

$$U_L = 0,639 \text{ tnf/m}$$

Carga muerta:

$$U_D = 1,701 \text{ tnf/m}$$

Carga última según la Ec. 3.29:

$$q_u = 1,2 \cdot 1,701 + 1,6 \cdot 0,639$$

$$q_u = 3,064 \text{ tnf/m}$$

Reacción en el apoyo B:

$$R_B = \frac{q_u \cdot L_1}{2}$$

Ec. 3.64

$$R_B = \frac{3,064 \cdot 5,82}{2}$$

$$R_B = 8,915 \text{ tnf}$$

Reacción en el apoyo A:

$$R_A = q_u \cdot L_1 - R_B$$

Ec. 3.65

$$R_A = 3,064 \cdot 5,82 - 8,915$$

$$R_A = 8,915 \text{ tnf}$$

Capacidad a corte del hormigón:

$$V_c = 0,53 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Ec. 3.66

$$V_c = 5,269 \text{ tnf}$$

Ecuación de cortante:

$$V(x) = R_A - q_u \cdot x$$

Ec. 3.67

Según ACI 318 – 14, 22.5.10 se puede determinar el refuerzo a corte de las vigas si:

$$V(x) \geq \phi V_c, \text{ se necesita refuerzo a corte}$$

$$\phi V_c \geq V(x) \geq \frac{\phi V_c}{2}, \text{ se coloca refuerzo mínimo a corte}$$

$$V(x) < \frac{\phi V_c}{2}, \text{ no se requiere refuerzo a corte}$$

Mediante la Ec. 3.67, se procede a verificar en varios puntos hasta la mitad de la viga, tomando en cuenta que:

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 5,269 = 3,952 \text{ tnf}$$

$$\frac{\phi V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 5,269}{2} = 1,975 \text{ tnf}$$

Punto $x=0,5$ m

$$V(0,5) = 8,915 - 3,064 \cdot 0,5$$

$$V(0,5) = 7,383 \text{ tnf}$$

$$7,383 \geq 3,952, \text{ se necesita refuerzo a corte}$$

Punto $x=1$ m

$$V(1) = 8,915 - 3,064 \cdot 1$$

$$V(1) = 5,851 \text{ tnf}$$

$5,851 \geq 3,952$, se necesita refuerzo a corte

Punto $x=1,5$ m

$$V(1,5) = 8,915 - 3,064 \cdot 1,5$$

$$V(1,5) = 4,32 \text{ tnf}$$

$4,32 \geq 3,952$, se necesita refuerzo a corte

Punto $x=2$ m

$$V(2) = 8,915 - 3,064 \cdot 2$$

$$V(2) = 2,788 \text{ tnf}$$

$2,788 \geq 3,952$, se necesita refuerzo a corte

Punto $x=2,5$ m

$$V(2,5) = 8,915 - 3,064 \cdot 2,5$$

$$V(2,5) = 1,256 \text{ tnf}$$

$1,256 < 1,975$, no se necesita refuerzo a corte

Punto $x=L/2$, $x= 2,91$ m

$$V(2,91) = 8,915 - 3,064 \cdot 2,91$$

$$V(2,91) = 0 \text{ tnf}$$

$0 < 1,975$, no se necesita refuerzo a corte

Adicionalmente, según ACI 318 – 14, 22.5.1.2 sugiere que para verificar las dimensiones de la viga se debe cumplir que:

$$V(x) \leq \phi \cdot \left(V_c + 8 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \right)$$

Ec. 3.68

$$V(x) \leq 0,75 \cdot (5,269 + 8 \cdot \sqrt{210} \cdot 20 \cdot 34,3)$$

$$V(x) \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto $x=0,5$ m

$$V(0,5) \leq 63,598 \text{ tnf}$$

$$7,383 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto $x=1$ m

$$V(1) \leq 63,598 \text{ tnf}$$

$$5,851 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto x=1,5 m

$$V(1,5) \leq 63,598 \text{ tnf}$$
$$4,32 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto x=2 m

$$V(2) \leq 63,598 \text{ tnf}$$
$$2,788 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto x=2,5 m

$$V(2,5) \leq 63,598 \text{ tnf}$$
$$1,256 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Punto x=2,91 m

$$V(2,91) \leq 63,598 \text{ tnf}$$
$$0 \leq 63,598 \text{ tnf}$$

Por lo tanto, no se deben modificar las dimensiones de la viga.

Según ACI 318-14, 22.5.10 el espaciamiento requerido se puede determinar mediante:

$$S_{req} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{\frac{V(X)}{\phi} - V_c}$$

Ec. 3.69

Punto x=0,5 m

$$S_{req} = 24,728 \text{ cm}$$

Punto x=1 m

$$S_{req} = 44,665 \text{ cm}$$

Punto x=1,5 m

$$S_{req} = 230,534 \text{ cm}$$

Punto x=2 m

$$S_{req} = -72,921 \text{ cm}$$

Punto x=2,5 m

$$S_{req} = -31,481 \text{ cm}$$

Punto x=2,91 m

$$S_{req} = -21,475 \text{ cm}$$

También, el ACI 318-14 en la Tabla 9.6.3.3 recomienda la verificación de un área mínima de refuerzo

$$\frac{A_{min}}{s} = \max\left(0,20 \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}; 3,5 \cdot \frac{b}{f_y}\right)$$

Ec. 3.70

$$\frac{A_{min}}{s} = 0,0167 \text{ cm}$$

De esta manera, la separación de diseño para acero mínimo es:

$$S_{min} = \frac{A_v}{A_{min}}$$

Ec. 3.71

$$S_{min} = 47,154 \text{ cm}$$

Asimismo, ACI 318-14 9.7.6.2.2 propone las siguientes ecuaciones para obtener la separación máxima del refuerzo a corte:

Si $V(X) \leq V_{max}$

$$S_{m\acute{a}x} = \min\left(\frac{d}{2}, 60 \text{ cm}\right)$$

Ec. 3.72

Caso contrario

$$S_{m\acute{a}x} = \min\left(\frac{d}{4}, 30 \text{ cm}\right)$$

Ec. 3.73

En donde

$$V_{max} = 1,1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Ec. 3.74

$$V_{max} = 10,935 \text{ tnf}$$

Punto $x=0,5 \text{ m}$

$$V(0,5) \leq V_{max}$$

$$7,383 \leq 10,935$$

Según la Ec. 3.73:

$$S_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ cm}$$

Punto x=1 m

$$V(1) \leq V_{max}$$
$$5,851 \leq 10,935$$
$$S_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ cm}$$

Punto x=1,5 m

$$V(1,5) \leq V_{max}$$
$$4,32 \leq 10,935$$
$$S_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ cm}$$

Punto x=2 m

$$V(2) \leq V_{max}$$
$$2,788 \leq 10,935$$
$$S_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ cm}$$

Punto x=2,5 m

$$V(2,5) \leq V_{max}$$
$$1,256 \leq 10,935$$
$$S_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ cm}$$

Punto x=2,91 m

$$V(2,91) \leq V_{max}$$
$$0 \leq 10,935$$
$$S_{max} = 17,5 \text{ cm}$$

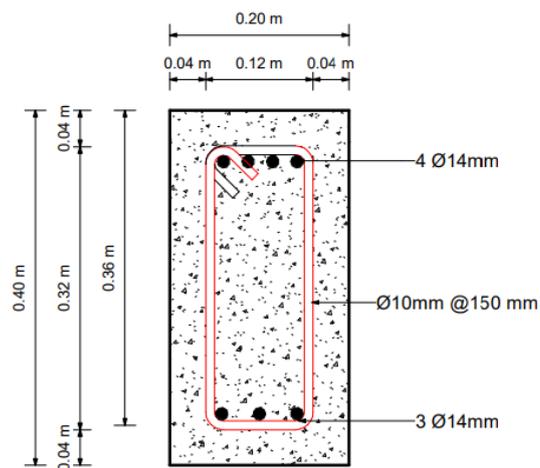


Ilustración 3.65 Sección transversal de viga principal. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.7.3 Viga secundaria

Se aplica el mismo procedimiento que la viga principal.

Análisis por flexión

Carga de diseño:

$$U = 2021,6 \frac{kgf}{cm}$$

Se obtienen los momentos a través de los coeficientes del ACI.

La luz libre de la viga crítica que se está analizando es $l_n = 2,489 m$

Se emplea la Ec. 3.30:

Momentos negativos:

Tabla 3.28 Momentos negativos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Momento negativo, M (kgf-m)
16	$M_{ext}^{(-)} = 782,754$
11	$M_{int}^{(-)} = 1138,551$

Momentos positivos:

Tabla 3.29 Momentos positivos según coeficiente del ACI. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Coeficiente ACI, β	Momento positivo, M (kgf-m)
14	$M_{ext}^{(+)} = 894,575$
16	$M_{int}^{(+)} = 782,754$

Momento máximo negativo:

$$M_{m\acute{a}x(-)} = 1138,551 \text{ kgf} \cdot m$$

Momento máximo positivo:

$$M_{m\acute{a}x(+)} = 894,575 \text{ kgf} \cdot m$$

Diseño a flexión momento negativo

Tabla 3.30 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Altura de viga, h	30 cm
Base de viga, b	15 cm
Diámetro de varilla, db	12 mm

Diámetro de estribo, dest	10 mm
Recubrimiento, rec	4 cm

Distancia efectiva, Ec. 3.40:

$$d = 24,4 \text{ cm}$$

Cuantía de acero, Ec. 3.41:

$$\rho = 0.0035$$

Área de acero Ec. 3.42:

$$A_s = 1,288 \text{ cm}^2$$

Área de varilla Ec. 3.43:

$$A_v = 1,131 \text{ cm}^2$$

Número de varillas Ec. 3.44:

$$\#var = 1,139$$

$$\#var \approx 2$$

Comprobación de requerimientos de acero:

Cuantía de acero mínima, Ec. 3.45:

$$\rho_{\text{mín}} = 0,0033$$

Área de acero mínima, Ec. 3.46:

$$A_{s-\text{mín}} = 1,22 \text{ cm}^2$$

Como $A_s > A_{s-\text{mín}}$ cumple

Separación de varillas, Ec. 3.47:

$$S_{\text{mín}} = 2,54 \text{ cm}$$

Deformaciones:

$$\beta_1 = 0,85$$

$$a = 3,548 \text{ cm} \text{ según Ec. 3.48}$$

$$c = 4,174 \text{ cm} \text{ según Ec. 3.49}$$

$$\varepsilon_s = 0,0145 \text{ según Ec. 3.50}$$

Resistencia de diseño según Ec. 3.37:

$$\phi = 0,90$$

$$\phi M_n = 1934,552 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Como $\phi M_n \geq M_u$, el diseño cumple.

Diseño a flexión momento positivo

Se aplican las mismas ecuaciones del diseño a flexión correspondiente al momento negativo, dando como resultado 2 varillas de 12 mm con un $\phi M_n = 1934,552 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ que al ser mayor al $M_u = 849,575 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ se evidencia que el diseño cumple con la demanda.

Separación mínima de varilla, según la $d_{\text{máx-agregado}} = \frac{3}{4} \text{ in}$

$$s_{\text{mín}} = \text{máx} \left(25 \text{ mm}, d_b, \frac{4}{3} \cdot d_{\text{máx-agregado}} \right)$$

Ec. 3.46:

Según 9.7.2.1 y 25.2.1 del ACI 318 – 14

$$s_{\text{mín}} = 2,54 \text{ cm}$$

Separación máxima de varillas, según la Ec. 3.51:

Según 9.7.2.2 del ACI 318 – 14

$$f_s = 2800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$s_{\text{máx}} = 25 \text{ cm}$$

Separación de varillas para refuerzo superior, según la Ec. 3.52:

$$\#var = 2$$

$$s = 3,8 \text{ cm}$$

Separación de varillas para refuerzo inferior:

$$\#var = 2$$

$$s = 3,8 \text{ cm}$$

Longitudes de desarrollo, según la Ec. 3.54:

Para refuerzo superior:

$$\psi_t = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_e = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_s = 1 \text{ Tabla 25.4.2.4 del ACI 318 – 14}$$

$$C_b = 1,9 \text{ cm según Ec. 3.53}$$

Se adopta un índice de refuerzo transversal, $k_{tr} = 0$

$$ld = 65,27 \text{ cm}$$

Para refuerzo inferior:

$$C_b = 1,9 \text{ cm según Ec. 3.53}$$

$$ld = 65,27 \text{ cm}$$

Desarrollo de gancho estándar 90° en tensión:

Según Tabla 25.3.1 del ACI 318 – 14

$$\psi_r = 0,8 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_c = 1 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$\psi_e = 1 \text{ Tabla 25.4.3.2 del ACI 318 – 14}$$

$$l_{dh} = 20,868 \text{ cm según Ec. 3.56}$$

Extensión de la recta, según Ec. 3.57:

$$l_{ext} = 14,4 \text{ cm}$$

Diámetro interior mínimo de doblado, según Ec. 3.58:

$$d_{dob} = 8,4 \text{ cm}$$

Desarrollo de gancho estándar 90° en compresión, según Ec. 3.60:

$$l_{dc} = 25 \text{ cm}$$

Traspale de varillas a tensión:

Con respecto al refuerzo inferior, según Ec. 3.61:

$$l_{st} = 84,851 \text{ cm}$$

Traslape de varillas a compresión:

Con respecto al refuerzo superior, según Ec. 3.62:

$$l_{sc} = 36,792 \text{ cm}$$

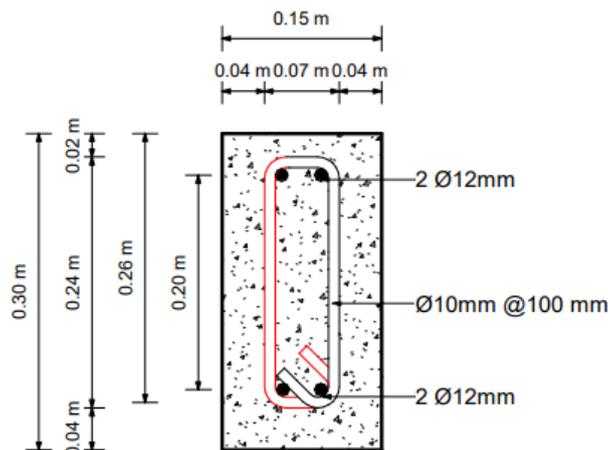


Ilustración 3.66 Sección transversal de viga secundaria. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.7.4 Columnas

Tabla 3.31 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Altura de columna, h	30 cm
Base de columna, b	30 cm
Longitud de columna, l	3,66 m
Diámetro de varilla, db	18 mm
Diámetro de estribo, dest	10 mm
Recubrimiento, rec	4 cm

Según la sección 3.3.6.5.5, se tienen los siguientes índices de estabilidad

Índice de estabilidad del primer piso en la dirección X:

$$Q_{1x} = 0.029$$

Índice de estabilidad del primer piso en la dirección Y:

$$Q_{1y} = 0.028$$

Índice de estabilidad del segundo piso en la dirección X:

$$Q_{2x} = 0.035$$

Índice de estabilidad del segundo piso en la dirección Y:

$$Q_{2y} = 0.036$$

Como el índice de estabilidad es menor que 0,05 se considera que la estructura es indesplazable.

El momento máximo de la columna crítica seleccionada para el análisis es $M_2 = 3471,5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ y el momento mínimo $M_1 = -125,7 \text{ kgf} \cdot \text{m}$.

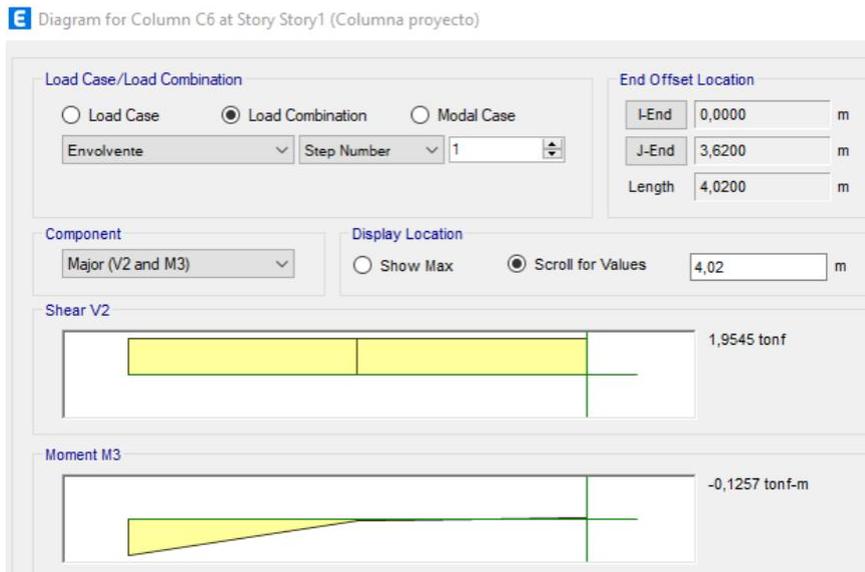


Ilustración 3.67 Momento 1 de la columna crítica. [Pinzón & Villarruel, 2021]

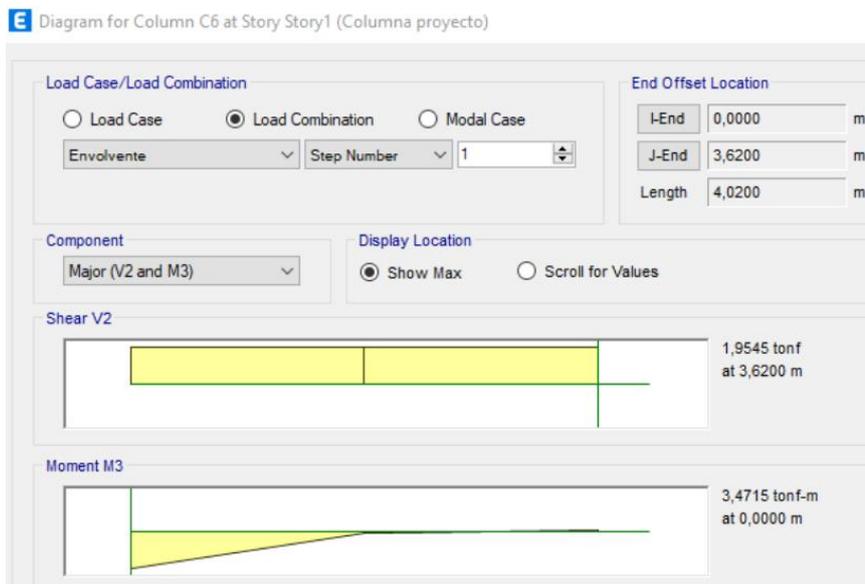


Ilustración 3.68 Momento 2 de la columna crítica. [Pinzón & Villarruel, 2021]

La relación M_1/M_2 es negativa, se deforma con curvatura doble.

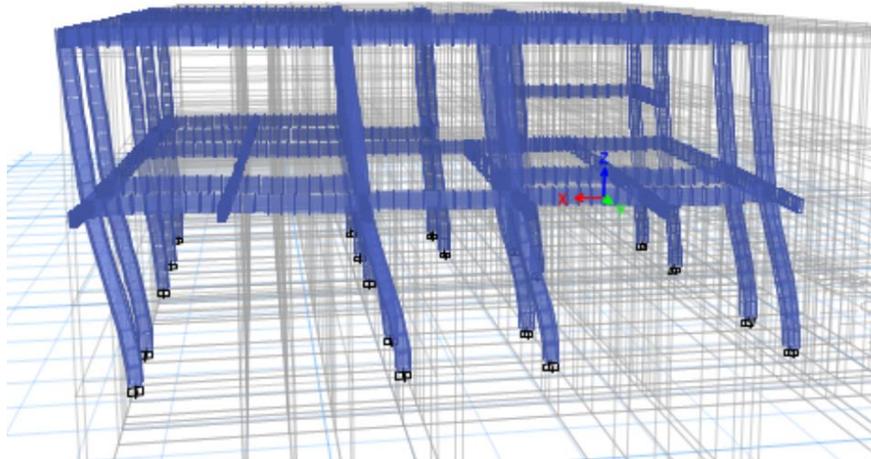


Ilustración 3.69 Curvatura doble en la estructura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

$$\frac{k \cdot lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

Ec. 3.75

Como se trata de un pórtico sin desplazamiento, $k = 1$

Longitud de columna:

$$lu = 4,02 \text{ m}$$

Inercia:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Ec. 3.76

$$I = 67500 \text{ cm}^4$$

Área de la columna:

$$A = b \cdot h$$

Ec. 3.77

$$A = 900 \text{ cm}^2$$

Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Ec. 3.78

$$r = 8,66 \text{ cm}$$

$$\frac{k \cdot lu}{r} = 46,419$$

$$34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 34,435 < 40, OK$$

Como

$$\frac{k \cdot lu}{r} > 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

No se desprecian los efectos de esbeltez

Se debe amplificar los momentos

Como

$$\frac{k \cdot lu}{r} < 100$$

No se consideran efecto de segundo orden

Para amplificar los momentos:

Factor de sensibilidad al primer modo de pandeo del elemento de compresión:

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

Ec. 3.79

$$C_m = 0,614$$

Como $C_m > 0,4$, no hay cargas transversales entre los apoyos del elemento.

Según ACI 318 – 14 Capítulo 6.6.4.4.4 se puede suponer $\beta_{dns} = 0,6$ para amplificar.

$$EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I}{1 + \beta_{dns}}$$

Ec. 3.80

$$EI = 367021,029 \text{ kgf} \cdot \text{m}^2$$

Carga crítica:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(k \cdot lu)^2}$$

Ec. 3.81

$$P_c = 224149,92 \text{ kgf}$$

Carga última:

$$P_u = 8439,3 \text{ kgf}$$

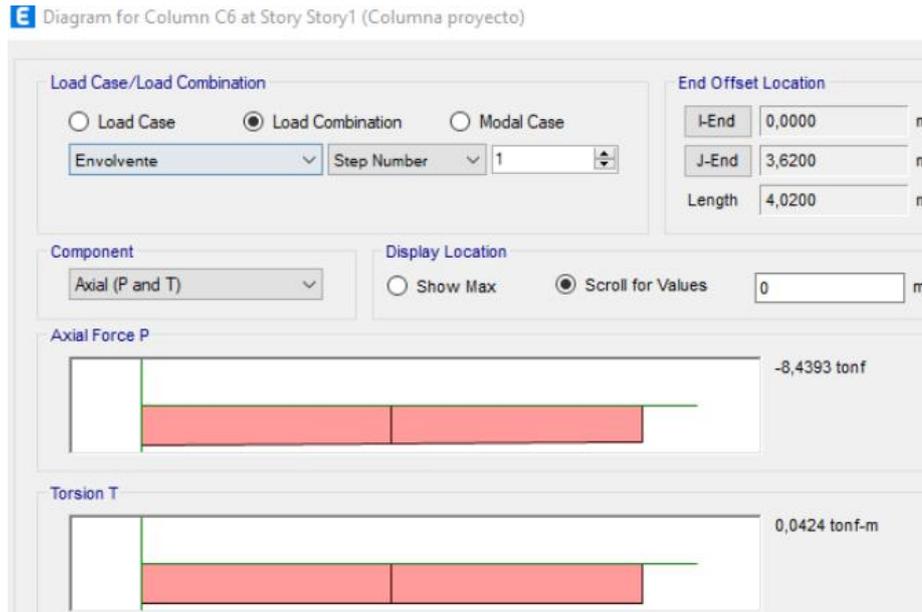


Ilustración 3.70 Carga P_u . [Pinzón & Villarruel, 2021]

Factor de magnificación:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \cdot P_c}} \geq 1,0$$

Ec. 3.82

$$\delta = 0,64$$

Momento $M_{2,mín}$

$$M_{2,mín} = P_u(1,5 + 0,03 \cdot h)$$

Ec. 3.83

$$M_{2,mín} = 202,543 \text{ kgf}$$

Como $M_{2,mín}$ no excede a M_2 :

El momento mayorado M_c :

$$M_c = \delta \cdot M_2$$

Ec. 3.84

$$M_c = 2245,926 \text{ kgf} \cdot m$$

Área gruesa de la columna

$$A_g = A$$

$$A_g = 900 \text{ cm}^2$$

Área de acero

$$A_s = \frac{1}{f_y - 0,85 \cdot f'_c} \cdot \left(\frac{P_u}{0,75 \cdot 0,85} - 0,85 \cdot f'_c \cdot A_g \right)$$

Ec. 3.85

$$A_s = -36,6560 \text{ cm}^2$$

Esto quiere decir que no requiere refuerzo, sin embargo, el código ACI 318 – 14 exige un área mínima de acero.

$$A_{s\text{-mín}} = 0,01 \cdot A_g$$

Ec. 3.86

$$A_{s\text{-mín}} = 9 \text{ cm}^2$$

Área de varillas, Ec. 3.43:

$$A_v = 2,545 \text{ cm}^2$$

Número de varillas, Ec. 3.44:

$$\#var = 3,537$$

$$\#var \approx 4$$

Separación de varillas, Ec. 3.52:

$$s = 18,2 \text{ cm}$$

Cuantía de acero:

$$\rho = 0,01$$

Según 10.6.1.1 del ACI 318 – 14 la cuantía debe estar dentro del rango $0,01 \leq \rho \leq 0,08$, por tanto, cumple.

Se genera el diagrama de interacción de la columna:

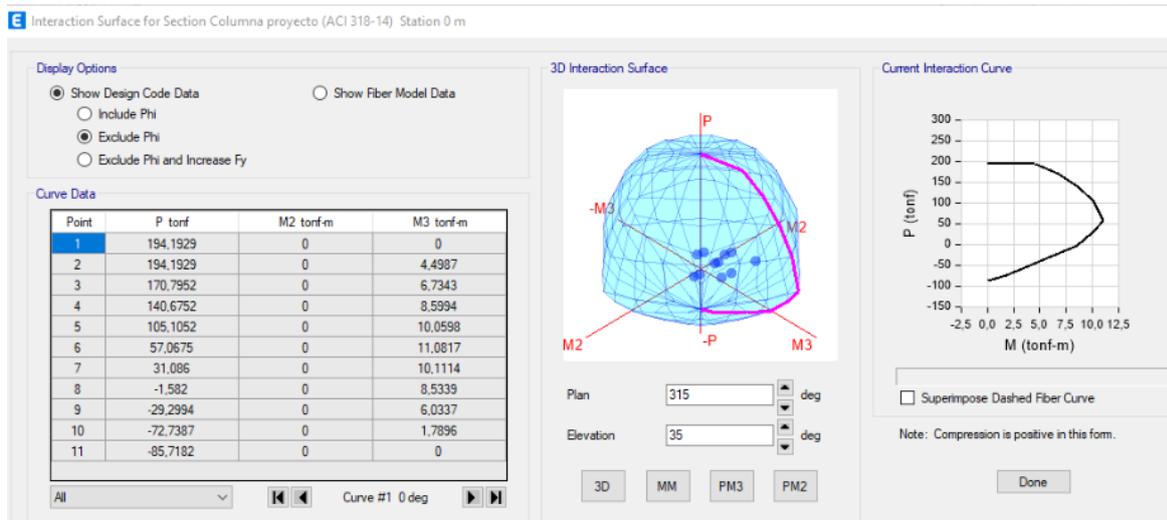


Ilustración 3.71 Diagrama de interacción de la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Como el $P_u = 8,439 \text{ ton}$ y el $M_u = 2,246 \text{ ton} \cdot \text{m}$ están dentro del diagrama de interacción de la columna, se concluye que el diseño satisface la demanda.

Diseño por cortante

Longitud de confinamiento:

$$L_0 = \text{máx} \left(b, \frac{l}{6}, 45 \text{ cm} \right)$$

Ec. 3.87

$$L_0 = 61 \text{ cm}$$

Separación mínima de varilla, según la Ec. 3.46:

$$s_{\text{mín}} = 2,54 \text{ cm}$$

Separación máxima de varilla, según la Ec. 3.51:

$$s_{\text{máx}} = 23,5 \text{ cm}$$

Separación del refuerzo transversal:

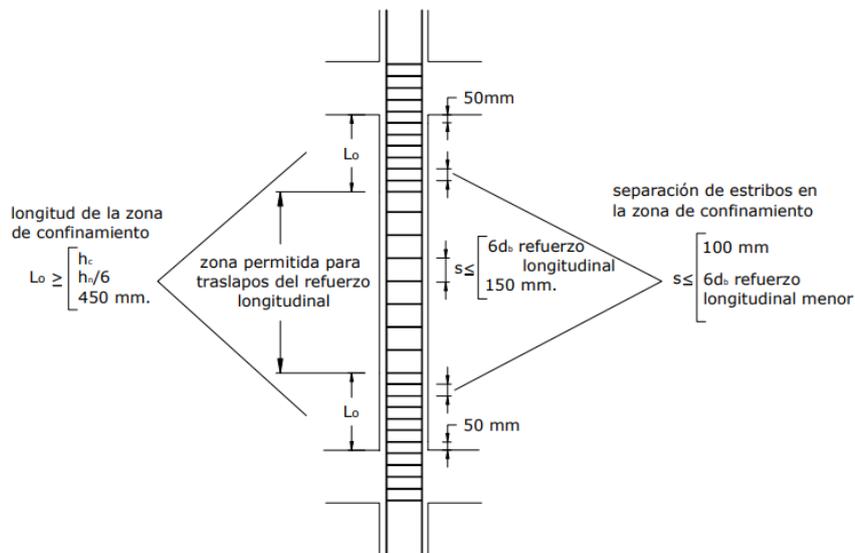


Ilustración 3.72 Separación de estribos. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Espaciamiento centro a centro del refuerzo transversal dentro de una longitud L_0 :

$$s_0 = 10 \text{ cm} + \left(\frac{35 \text{ cm} - 194 \text{ mm}}{3} \right)$$

$$s_0 = 15,2 \text{ cm}$$

$$s_0 \approx 15 \text{ cm}$$

Separación en los extremos (zona de confinamiento):

$$s_r = \min \left(\frac{b}{4}, 6 \cdot d_b, s_0 \right)$$

Ec. 3.88

$$s_r = 7,5 \text{ cm}$$

$$s_r = 10 \text{ cm}$$

Separación en la mitad (zona de no confinamiento):

$$s_c = \max (6 \cdot d_b, 150 \text{ mm})$$

Ec. 3.89

$$s_c = 15 \text{ cm}$$

Diseño por confinamiento

Se emplea 18.7.5.4 del ACI 318 – 14, pero primero se verifica:

$$P_u \leq 0,3 \cdot A_g \cdot f'_c$$

Ec. 3.90

$$0,3 \cdot A_g \cdot f'_c = 56,7 \text{ ton}$$

Cumple, se continua con el diseño por confinamiento

Área interior confinada:

$$A_{ch} = (b - 2 \cdot rec)^2$$

Ec. 3.91

$$A_{ch} = 484 \text{ cm}^2$$

Área total del refuerzo transversal:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \frac{s \cdot b \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

Ec. 3.92

$$A_{sh1} = 2,836 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s \cdot b \cdot f'_c}{f_y}$$

Ec. 3.93

$$A_{sh2} = 0,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = \max(A_{sh1}, A_{sh2})$$

$$A_{sh} = 2,836 \text{ cm}^2$$

Finalmente,

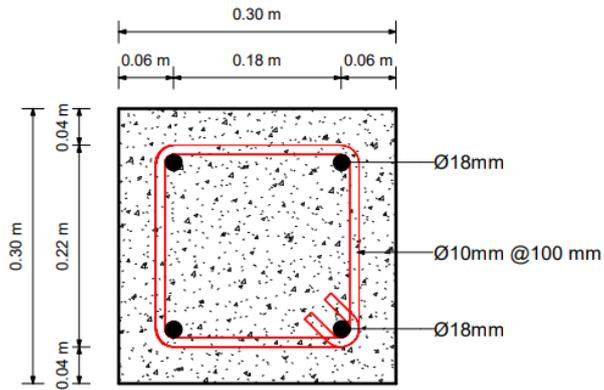


Ilustración 3.73 Sección transversal de la columna. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.3.7.5 Criterio Columna Fuerte – Viga Débil



Ilustración 3.74 Relación de capacidad columna - viga. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Según el ACI 318S – 14 en la sección 18.7.3.2, la relación columna – viga debe ser mayor o igual a 1,20. Teniendo una relación de 1,303 se concluye que cumple con este requisito.

Adicionalmente, se analizan las vigas que rodean a la columna más crítica del proyecto en los ejes vertical y horizontal.



Ilustración 3.75 Cuantías de acero en vigas. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Tabla 3.32 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Altura de viga, h	40 cm
Base de viga, b	20 cm
Recubrimiento, rec	4 cm

Para el eje X:

Vigas Refuerzo Superior

Acero:

$$A_s = 5,81 \text{ cm}^2$$

Según el ACI 318 – 14 en la sección 18.6.5, los momentos en los extremos se deben multiplicar por un valor de 1,25.

$$\alpha = 1,25$$

Altura efectiva:

$$d = h - rec$$

Ec. 3.94

$$d = 36 \text{ cm}$$

Se calcula el momento probable superior

$$a = \frac{A_s \cdot \alpha \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Ec. 3.95

$$a = \frac{5,81 \cdot 1,25 \cdot 4200}{0,85 \cdot 210 \cdot 20}$$

$$a = 8,544 \text{ cm}$$

$$Mp_{sup} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}{\alpha}$$

Ec. 3.96

$$Mp_{sup} = \frac{1,25 \cdot 5,81 \cdot 4200 \cdot (36 - \frac{8,544}{2})}{1,25}$$

$$Mp_{sup} = 7,742 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

Vigas Refuerzo Inferior

Acero:

$$A_s = 2,74 \text{ cm}^2$$

Se calcula el momento probable superior con la Ec. 3.95

$$a = \frac{2,74 \cdot 1,25 \cdot 4200}{0,85 \cdot 210 \cdot 20}$$

$$a = 4,029 \text{ cm}$$

Con la Ec. 3.96:

$$Mp_{inf} = \frac{1,25 \cdot 2,74 \cdot 4200 \cdot (36 - \frac{4,029}{2})}{1,25}$$

$$Mp_{inf} = 3,129 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

De esta forma se obtiene, la sumatoria de los momentos probables:

$$\Sigma M_v = Mp_{sup} + Mp_{inf}$$

Ec. 3.97

$$\Sigma M_v = 7,742 + 3,129$$

$$\Sigma M_v = 10,871 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

Para el eje Y:

Vigas Refuerzo Superior

Acero:

$$A_s = 2,88 \text{ cm}^2$$

Altura efectiva:

$$d = h - rec$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

Se calcula el momento probable superior con la Ec. 3.95:

$$a = 4,235 \text{ cm}$$

Con la Ec. 3.96:

$$Mp_{sup} = 3,279 \text{ ton} \cdot m$$

Vigas Refuerzo Inferior

Acero:

$$As = 2,29 \text{ cm}^2$$

Se calcula el momento probable superior con la Ec. 3.95:

$$a = 3,368 \text{ cm}$$

Con la Ec. 3.96:

$$Mp_{inf} = 2,64 \text{ ton} \cdot m$$

Mediante la Ec. 3.97, la sumatoria de los momentos probables es:

$$\Sigma M_v = 5,919 \text{ ton} \cdot m$$

Columna superior

Base de la columna:

$$b = 30 \text{ cm}$$

Altura de la columna:

$$h = 30 \text{ cm}$$

Área de la columna:

$$A_g = 900 \text{ cm}^2$$

Área de acero:

$$A_s = 9 \text{ cm}^2$$

Capacidad axial nominal

$$P_n = 0,85 \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot A_g + (f_y - 0,85 \cdot f'_c) \cdot A_s)$$

Ec. 3.98

$$P_n = 0,85 \cdot (0,85 \cdot 210 \cdot 900 + (4200 - 0,85 \cdot 210) \cdot 9)$$

$$P_n = 167,317 \text{ ton}$$

Se obtiene el diagrama de interacción de la columna:

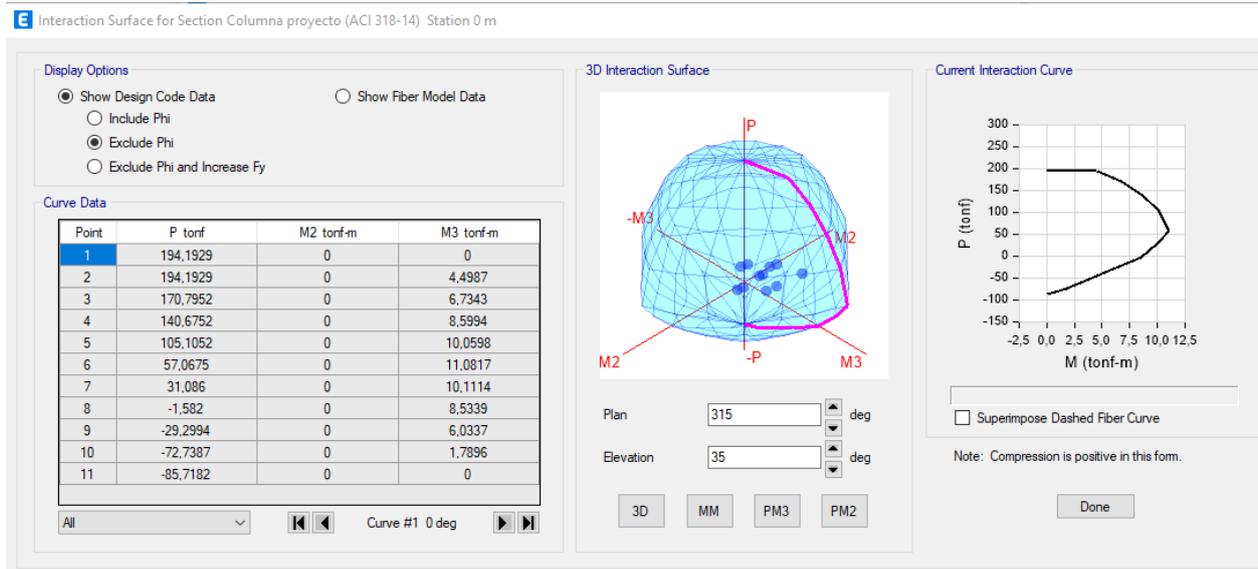


Ilustración 3.76 Diagrama de interacción de la columna crítica superior. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Se observa que, para una capacidad axial de 167.317 toneladas, se genera un momento de 6.7343 ton-m.

Columna inferior

Se genera la misma capacidad axial nominal y momento nominal, al poseer dimensiones iguales.

$$P_n = 167,317 \text{ ton}$$

$$M_n = 6.7343 \text{ ton} \cdot m$$

Momento nominal máximo:

$$Mn_{max} = Mn_{sup} + Mn_{inf}$$

Ec. 3.99

$$Mn_{max} = 6.7343 + 6.7343$$

$$Mn_{max} = 13.4686 \text{ ton} \cdot m$$

Según ACI 318S – 14 en la sección 18.6.5, se debe cumplir:

$$Mn_{max} \geq \frac{6}{5} \cdot \Sigma M_v$$

Ec. 3.100

Para el eje X:

$$13,4686 \geq \frac{6}{5} \cdot 10,871$$

$$13,4686 \geq 13,0452$$

Para el eje Y:

$$13,4686 \geq \frac{6}{5} \cdot 5,919$$

$$13,4686 \geq 7,1028$$

Se concluye que se cumple con el criterio columna fuerte – viga débil en ambos ejes.

3.3.7.6 Cimentación

Ancho tributario:

$$at = 2,935m$$

Número de pisos:

$$n = 2$$

Altura total:

$$h = 7,677 m$$

Espesor del muro:

$$e = 20 cm$$

Carga muerta:

$$CM = 5586,84 \frac{kgf}{m}$$

Carga viva:

$$CV = 792,45 \frac{kgf}{m}$$

Tabla 3.33 Parámetros iniciales. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Resistencia a la compresión, f'c	210 kgf/cm ²
Resistencia a la fluencia, fy	4200 kgf/cm ²

Diámetro de varilla, db	12 mm
Diámetro de estribo, dest	10 mm
Recubrimiento, rec	4 cm
Base de la zapata, b	1 m
Altura de la zapata, h	0,35 m
Longitud de la zapata, L	5,5 m

Carga amplificada:

$$P_u = 1,2 \cdot CM + 1,6 \cdot CV$$

$$P_u = 9889,884 \frac{kgf}{m}$$

Carga última del suelo:

$$q_u = 5000 \frac{kgf}{m^2}$$

Verificación por corte a flexión

El esfuerzo cortante actúa a una distancia del peralte efectivo desde la cara del muro, en este caso.

Tabla 3.34 Localización de la sección crítica para M_u . [ACI 318, 2014]

Localización de la sección crítica	Miembro soportado
Cara de la columna o pedestal	Columna o pedestal
En el punto medio entre la cara de la columna y el borde de la placa base de acero	Columna con placa base de acero
Cara del muro	Muro de concreto
En el punto medio entre el eje y la cara del muro de albañilería	Muro de albañilería

Tabla 13.2.7.1 – ACI – 318.

Peralte efectivo:

$$d = h - rec - db$$

Ec. 3.101

$$d = 0,263 m$$

Longitud L_v :

$$L_v = \frac{1}{2}(b - e)$$

Ec. 3.102

$$L_v = 0,4 m$$

Esfuerzo cortante actuante:

$$V_u = q_u(L_v - d)$$

Ec. 3.103

$$V_u = 685 \text{ kgf}$$

Esfuerzo cortante admisible según Ec. 3.66:

Se toma un valor referencial $b_o = 1 \text{ m}$

$\lambda = 1$ según Tabla 19.2.4.2 del ACI

$$V_c = 20199,53 \text{ kgf}$$

$\phi = 0,75$ según Tabla 21.2.1 del ACI

$$\phi V_c = 15149,648 \text{ kgf}$$

Como $V_u \leq \phi V_c$ cumple.

Diseño del acero de refuerzo

En la dirección X

Para un ancho de 1 m:

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot 1 \text{ m}$$

Ec. 3.104

$$M_u = 400 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Área de acero:

$$\phi = 0,90$$

$$A_s = 0,85 \cdot \frac{f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} - \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{0,85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Ec. 3.105

$$A_s = 0,403 \text{ cm}^2$$

Verificación del acero mínimo, Ec. 3.42:

$$\rho = 0,0018$$

$$A_{s-\text{mín}} = 4,734 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \text{máx}(A_s, A_{s-\text{mín}})$$

$$A_s = 4,734 \text{ cm}^2$$

Área de varilla, Ec. 3.43:

$$A_v = 1,131 \text{ cm}^2$$

Número de varillas, Ec. 3.44:

$$\#var = 4,186$$

$$\#var \approx 5$$

Separación entre varillas, Ec. 3.39:

$$s = 20 \text{ cm}$$

5 varillas cada 20 cm

En la dirección Y, se asume una longitud de 1 m

Acero por temperatura, Ec. 3.42:

Verificación del acero mínimo

$$\rho = 0,0018$$

$$A_{s-temp} = 4,827 \text{ cm}^2$$

Área de varilla, Ec. 3.43:

$$A_v = 1,539 \text{ cm}^2$$

Número de varillas, Ec. 3.44:

$$\#var = 3,075$$

$$\#var \approx 4$$

Separación entre varillas, Ec. 3.39:

$$s = 25 \text{ cm}$$

4 varillas cada 25 cm

Longitud de desarrollo:

$$x = \frac{1}{2}(b - e) - rec$$

Ec. 3.106

$$x = 32,5 \text{ cm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$ld = \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \lambda}{1,4 \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot db$$

Ec. 3.107

$$ld = 0,908 \text{ m}$$

Como $x < ld$ se necesita gancho en los extremos.

En la otra dirección

$$x = L - 2 \cdot rec$$

Ec. 3.108

$$x = 535 \text{ cm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$ld = 0,908 \text{ m según Ec. 3.107}$$

Como $x > ld$ no se necesita gancho en los extremos.

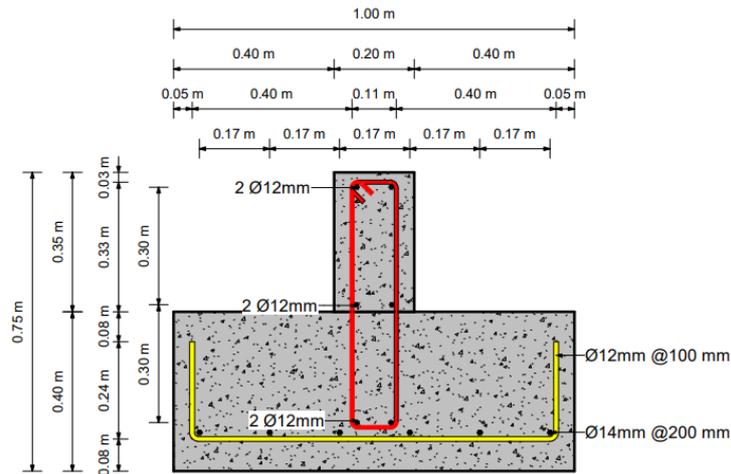


Ilustración 3.77 Sección transversal de la zapata corrida. [Pinzón & Villarruel, 2021]

3.4 Especificaciones técnicas

Ilustración 3.78 Especificaciones técnicas. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Parámetro	Valor
Resistencia a la compresión, f'_c en vigas, columnas, losa y zapatas	210 kg/cm ²
Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo, f_y	4200 kg/cm ²
Recubrimiento en vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento de losa	2 cm
Recubrimiento de zapata	7,5 cm
Recubrimiento de muro de cimentación	4 cm

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo General

Realizar un análisis de ciclo de vida simplificado de los sistemas estructurales considerados para la vivienda de 2 plantas según las alternativas propuestas para seleccionar la más idónea.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Descripción de los sistemas estructurales desde el punto de vista ambiental cubriendo todas las fases del ciclo de vida.
- Identificar y valorar los impactos ambientales de cada alternativa mediante una metodología cualitativa y comparar las alternativas con base en los índices obtenidos.
- Proponer posibles medidas de reducción o mitigación del impacto ambiental que presenten las alternativas propuestas.

4.2 Metodología

El ciclo de vida hace referencia a un proceso que tiene un inicio y un fin en la tierra y la biósfera, lugar en el que se parte para obtener la materia prima y en el que se finaliza una vez se obtiene el producto y sus residuos. (López, 2013)

Según (Romero, 2003) el análisis de ciclo de vida es una metodología cuyo objetivo es cuantificar los impactos ambientales, tomando en cuenta que, los recursos energéticos y materias primas tienen un fin. Por tal motivo, se debe minimizar los impactos generados por el sistema de manejo en la mayor medida posible.

Adicionalmente, se conoce que, para lograr un análisis de ciclo de vida exitoso se debe pasar por sus etapas. Cada una de ellas cuenta con inputs y outputs, en donde los inputs se refieren al consumo de energía y materias primas, y los outputs engloban a las emisiones que causa el mencionado consumo. (Haya, 2016)

El presente proyecto, presenta cuatro alternativas de estructuras de construcción: Hormigón, Acero, Madera y Bambú.

Con la finalidad de obtener un valor que represente a la alternativa con menor impacto ambiental, se procederá a realizar una valoración cualitativa según la fórmula propuesta de Tito (2020):

$$Imp = We \times E \times Wd \times D \times Wr \times R$$

Ec. 4.1

$$IA = \pm \sqrt{Imp \times |Mag|}$$

Ec. 4.2

Donde:

Imp = Valor de importancia de impacto ambiental

We = Peso de extensión

E = Valor de extensión

Wd = Peso de duración

R = Valor de reversibilidad

Wr = Peso de reversibilidad

Mag = Valor de magnitud (+) si es beneficioso, (-) si es perjudicial

IA = Valor de Impacto Ambiental

La escala cualitativa según Tito (2020):

Tabla 4.1 Escala de valoración cualitativa. [Tito, 2020]

Característica	Puntaje				
	1	2,5	5	7,5	10
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente reversible
Magnitud	Poca incidencia		Mediana Incidencia	Alta incidencia	

Finalmente, la calificación del impacto ambiental está dada por la siguiente tabla según Tito (2020):

Tabla 4.2 Calificación del Impacto Ambiental. [Tito, 2020]

Calificación del Impacto Ambiental	Valor del Índice de impacto Ambiental
Altamente significativo	$ IA \geq 6,5$
Significativo	$6,5 > IA \geq 4,5$
Despreciable	$ IA < 4,5$
Benéfico	$IA > 0$

4.3 Descripción de las alternativas según el plano ambiental

4.3.1 Hormigón

4.3.1.1 Extracción de la materia prima

El hormigón hace referencia a la combinación de cemento, arena, agua, gravas y diferentes tipos de aditivos según la necesidad constructiva. (Páez, 1986)

El cemento, cuenta con un alto porcentaje de participación en la elaboración del hormigón, en donde su elemento principal es el clínker, el cual se compone de óxidos como el calcio, silicio, aluminio y de hierro. El óxido de calcio, por ejemplo, es el resultado de la calcinación a temperaturas mayores a 900°C del carbonato de calcio, lo que representa un impacto en contra del medioambiente. (Medina, 2016)

Los agregados pueden ser de forma natural o artificial. Los provenientes de forma natural proceden de la descomposición de rocas, mientras que los provenientes de forma artificial se obtienen mediante el proceso industrial de ciertos materiales inorgánicos, generando un incremento de resistencia. (Durand, 2017)

4.3.1.2 Fabricación del material

Una vez realizada la correspondiente dosificación de la mezcla, se agrega agua al tambor. Adicionalmente, se agrega cemento, grava y arena. Se procede a mezclar y se vuelve a agregar agua previamente medida. Una vez obtenido un color y apariencia uniforme, se finaliza el mezclado. (Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto [ICCYC], 2006)

Cuando se obtiene el hormigón, posterior al mezclado, se realiza el vertido en el encofrado de forma vertical y a una corta distancia. Se compacta la mezcla y se procede

a realizar la vibración interna o externa para su consolidación. Finalmente, se realiza el curado, que consiste en humedecer el elemento de hormigón para que este alcance su resistencia esperada y así cumplir con las características del diseño y minimizar las fisuras. (ICCYC, 2006)

Según se ha descrito, el agua representa un elemento clave en la fabricación del hormigón, se utiliza para el curado, el lavado de los materiales y solo en su fabricación consta aproximadamente del 40% de la muestra. (Kosmatka et al., n.d.)

4.3.1.3 Aplicación o uso del material

El hormigón es utilizado en elementos constructivos tales como vigas, viguetas, bloques, prefabricados, placas, cimientos, escaleras, losas o columnas. Su uso es extenso debido a su facilidad de moldearse, puesto que toma la forma del encofrado o recipiente que lo contiene antes de su endurecimiento. Además, con el tiempo la resistencia del material aumenta, haciendo su uso común en el sector de la construcción. (SENA, 1986)

4.3.1.4 Disposición final

Cuando el hormigón culmina su ciclo de vida, se procede al reacondicionamiento o reparación de la estructura. En la medida posible, se recicla a partir de los desechos y se construyen estructuras nuevas de hormigón.

No obstante, existen límites de degradación sin daño, por lo que al sobrepasar dicho límite, se debe realizar una intervención para determinar en qué medida se puede reutilizar. (Amaya & Cornejo Martínez, 2016)

4.3.2 Acero

4.3.2.1 Extracción de la materia prima

El acero es un material que se obtiene a partir de la aleación de hierro y carbono. El porcentaje de carbono debe estar entre 0,15% y 1,7% para ser considerado como acero. (McCormac & Csernak, 2013)

Para obtener el mineral de hierro se debe recurrir a la explotación minera lo que acarrea severos impactos ambientales como la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, impactos contra la flora y fauna, desgaste del suelo, entre otros.

4.3.2.2 Fabricación del material

Para la fabricación del acero se debe fundir el mineral de hierro o chatarra. Para ello, se emplean hornos de tres diferentes tipos: hornos de hogar abierto, horno eléctrico de arco (fabrican acero partiendo de chatarra de hierro y gránulos de hierro) y el convertidor (fabrica acero a través de la inyección de aire u oxígeno en el hierro fundido). Debido al uso de estos hornos se generan polvos y vapores que perjudican al medio ambiente y a la salud humana. (Moffit, 2012)

Una vez fundido, se vierte el acero en unas máquinas de colada continua para obtener palanquillas, tochos o placas. Incluso se lo puede moldear en lingoteras. Para fabricar aceros especiales se deben incorporar otros elementos metálicos dependiendo del fin que se le quiera asignar, por ejemplo, para evitar oxidación se añade cromo y para mejorar su ductilidad y resistencia ante la corrosión se añade níquel.

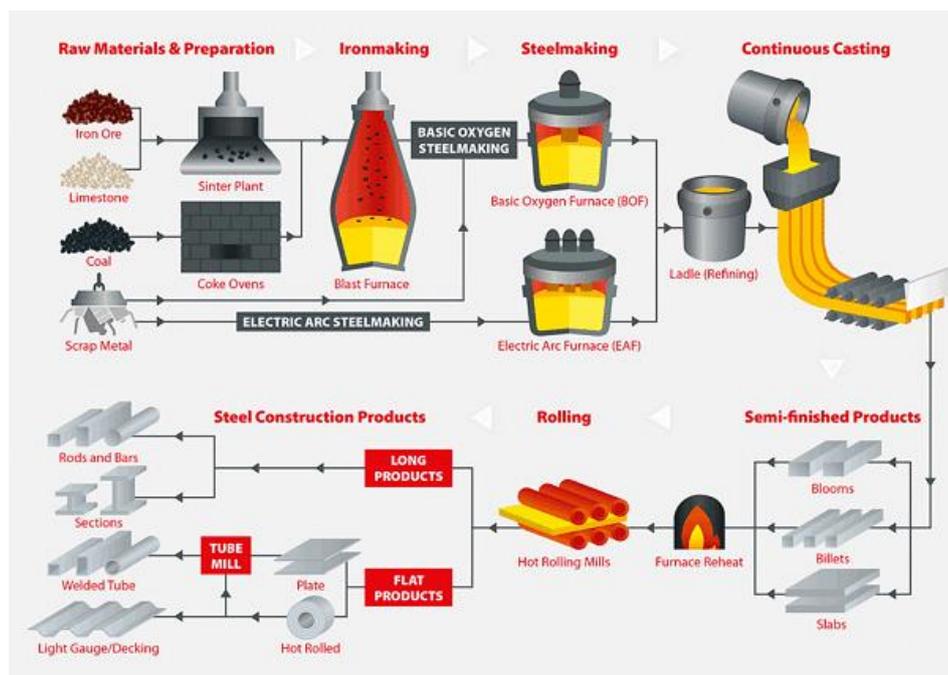


Ilustración 4.1 Fabricación del acero. [Nieto, 2019]

“La producción mundial de acero crudo ronda los 2.000 millones de toneladas métricas al año y por cada tonelada de metal se liberan a la atmósfera 20 – 2,2 toneladas de CO₂, lo que hace que la industria siderúrgica sea una de las mayores emisoras de ese gas”. (Katz, 2011, p.8)

4.3.2.3 Aplicación o uso del material

El uso del acero en la construcción tiene múltiples aplicaciones, entre las más comunes se encuentran: perfiles estructurales, barras de refuerzo, productos de chapa, aceros no estructurales y accesorios. Cuando se trata de una construcción rápida, su implementación presenta gran ventaja puesto que no se tiene que esperar para que gane resistencia. Adicionalmente, es una alternativa eficiente en el tema ambiental, debido a que su emisión de carbono es neutra o baja. (Madia, 2008) (R et al., 2019)

Además, el acero genera facilidad al momento de la construcción, no solamente por su peso ligero sino también porque posee varios tipos de construcción. Estos son: Apoyados en muros de carga, Combinado con hormigón, Reticulares y Estructuras de grandes claros; los cuales pueden ser utilizados simultáneamente en una misma construcción. (McCormac & Csernak, 2013)

4.3.2.4 Disposición final

Parte de los materiales y la energía utilizada terminan en residuos y efluentes gaseosos como los de efecto invernadero. Sin embargo, es considerado como un material reciclable por excelencia (R et al., 2019). Se ahorra aproximadamente 1,25 toneladas de mineral de hierro, 54 kg de caliza y 630 kg de carbón por cada tonelada de acero reciclado (Helena, 1997). Asimismo, cuando se recicla la energía consumida es inferior, emitiendo bajos niveles de partículas contaminantes.

4.3.3 Madera

4.3.3.1 Extracción de la materia prima

Los árboles deben ser talados cuando están en su crecimiento máximo, ni tan jóvenes ni al entrar en decrepitud. (Casinello Pérez, Fernando 1973)

La extracción consiste en cortar de forma transversal el árbol mediante herramientas como hachas o sierras hasta que este caiga. Al culminar con el apeo o tala del árbol, se continúa con el desramado o corte de las ramas para así obtener el tronco.

Para culminar con este proceso, se transporta la madera al aserradero, generalmente en camiones. (Mouriño, 2017) (Llorente Díaz, 2011)

La acción de talar árboles representa el uso de aceites para el funcionamiento de los equipos como la motosierra y en vehículos para el transporte.

4.3.3.2 Fabricación del material

Luego, se procede con el descortezado que consiste en retirar la corteza del tronco para conseguir el rollizo. Se extraen los sobrantes del tronco y de acuerdo con los espesores que se quieren obtener, se corta y se tienen las trozas. En la siguiente fase se realiza el despiece para conseguir tablas o tablones. (Mouriño, 2017) (Llorente Díaz, 2011)

Se debe cubrir a los paquetes de madera con un producto que la proteja del ataque de hongos. Finalmente, se realiza el secado de la madera lo que permite optimizar su resistencia mecánica, sus propiedades térmicas y aislantes, la reducción de su peso y permite un buen lijado. El secado puede ser natural (al aire libre), lo que representa una alternativa más amigable con el ambiente, en la cual la madera se coloca bajo un techo (no deben recibir directamente la radiación solar) y con las tablas apiladas. Otra forma es un secado en cámara u horno en el cual circula aire caliente de forma continua ya sea con ventiladores o por convención. (Santiago et al., 2013) (Guatibonza Amado, 2010)

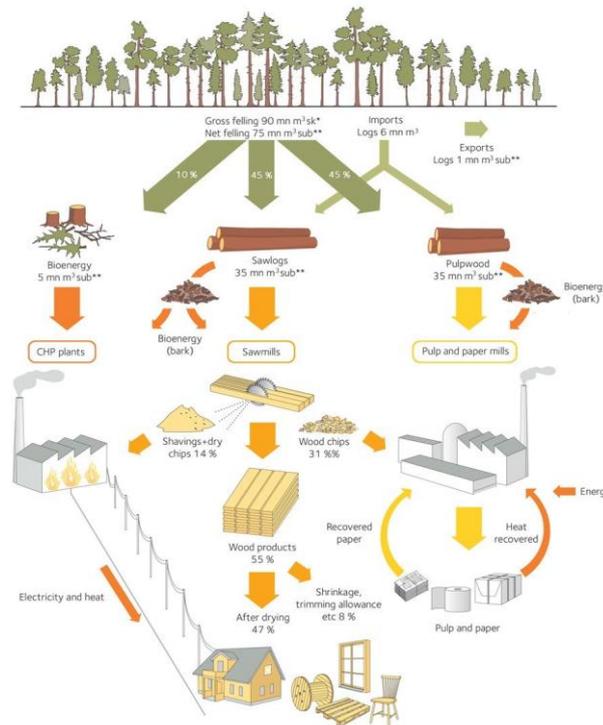


Ilustración 4.2 Fabricación de la madera. [Swedish Wood,s.f]

4.3.3.3 Aplicación o uso del material

La madera en la construcción puede ser de uso definitivo, es decir que la estructura es de este material y tiene el fin de cumplir con la vida útil para el que es

construida la edificación. Así como puede ser utilizada parcialmente, por ejemplo, en los encofrados.

Emplear madera contribuye al ahorro de energía a lo largo de la vida útil de una edificación, debido a que su estructura celular proporciona gran aislamiento térmico: 15 veces mejor que el hormigón, 400 veces mejor que el acero y 1770 veces mejor que el aluminio. Un tablero de madera de 2,5 cm. Tiene mejor resistencia térmica que una pared de ladrillo de 11,4 cm. (United plywood, 2018). Por otra parte, reemplazar 1 metro cúbico de concreto por 1 metro cúbico de madera, elimina aproximadamente 1 tonelada de CO₂ que se emite a la atmósfera. (Planet Ark, 2018)

4.3.3.4 Disposición final

La madera es un material renovable y reutilizable, no constituye un peligro ambiental luego de culminar con su función, se puede emplear como materia prima para elaborar tableros o vigas reconstruidas siempre y cuando esta esté en buenas condiciones, por ello es importante su mantenimiento mientras esté en uso. (Mouriño, 2017)

4.3.4 Bambú

4.3.4.1 Extracción de la materia prima

El bambú, se trata de un recurso fibroso que cuenta con una disposición de 30 millones de toneladas a nivel mundial. (Martin, 2009)

Para su extracción, la tala de bambú representa menor mecanización que la tala de bosques debido a su bajo peso. Sin embargo, se debe talar de forma controlada para favorecer su crecimiento (Rodríguez, 2006). Este proceso de apeo de la madera genera ruidos que causan molestias en las personas y en la fauna.

Se empieza retirando las ramas de forma cautelosa para proteger la parte externa. Posteriormente, se procede a cortar con machete para el incremento de putrefacción de la planta y así acelerar su crecimiento. Se recomienda quebrar el muñón en forma de cruz para facilitar el ingreso de agua. Finalmente, se colocan horizontalmente para su traslado, para así evitar el pandeo de estas. (Vidal, 2013)

4.3.4.2 Fabricación del material.

Luego del corte, el bambú debe pasar por un secado natural de 6 a 12 semanas; o reducir el tiempo de secado mediante el uso de brazas a 3 semanas. Posteriormente, se debe garantizar circulación necesaria de aire, mediante el uso de estantes superiores a 50 cm medidos desde la superficie del terreno. (Vidal, 2013)

Adicionalmente, para que desarrolle resistencias adecuadas, se debe proteger al bambú de los patógenos existentes, para esto se puede recurrir al uso de sustancias de preservación como las sales de boro para alargar su vida útil. (Cajigas et al., 2020)

Los productos químicos del pegamento como la urea formaldehido contribuyen principalmente a la huella de carbono, así como el transporte de las guaduas hasta la planta de fabricación. (Torres et al., 2019)



Ilustración 4.3 Fabricación de madera. [Bamboo Flooring Facts, 2020]

4.3.4.3 Aplicación o uso del material

El bambú es utilizado para la construcción de viviendas con excepción de chimeneas. Usualmente se lo combina con otros materiales de construcción como madera, acero, cemento, cal o arena dependiendo el proyecto.

Si los tallos de bambú no se encuentran en estado maduro o sazonado, no es recomendable su uso como material de refuerzo en elementos de concreto, sino únicamente en elementos secundarios y en losas de concreto. No obstante, si se quiere utilizar en elementos de concreto sometidos a flexión, los tallos de bambú deben estar impermeabilizados para cumplir con los requerimientos de diseño. (González, 2001)

4.3.4.4 Disposición final

Cuando el bambú es extraído, este a su vez se regenera sin llegar a producir una escasez del material (Castilla, 2016). Culminado su ciclo de vida de 30 años aproximadamente, el bambú se empieza a biodegradar, revitalizando el terreno constructivo. (Carmioli, 2009)

4.4 Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.3 Identificación de impactos ambientales del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Etapa	Actividades	Entorno	Factor	Impacto Ambiental
Extracción	Obtención y transporte de agregados	Natural	Atmósfera	Producción y concentración de polvo Producción de ruidos por el uso de la maquinaria Emisiones de CO ₂ por el empleo de Diesel y lubricante para la maquinaria y vehículos.
			Suelo	Desgaste del suelo por la maquinaria.
		Humano	Salud	Liberación de partículas que pueden producir irritación en ojos y sistema respiratorio.
		Obtención del cemento	Natural	Atmósfera
	Agua			Descargas de efluentes tratados en la fabricación. Requiere de grandes cantidades de agua.
	Suelo			Contaminación producto a los residuos de los compuestos.
	Humano		Salud	Exposición a polvos y gases que perjudican a los pulmones, piel y ojos. Exposición a ruidos.

Fabricación	Elaboración de concreto	Natural	Atmósfera	Gran producción de polvo al colocar los materiales del hormigón en la concreteira.
			Agua	Se emplean cantidades considerables en el lavado de los implementos utilizados para su elaboración.
			Suelo	En el área donde se realiza la mezcla quedan residuos.
		Humano	Salud	Exposición a polvos y gases que perjudican a los pulmones, piel y ojos. Exposición a ruidos.
Aplicación o uso	Encofrados	Natural	Suelo	Si el encofrado es de madera, esto implica el apeo de árboles, causando así un deterioro del suelo.
			Atmósfera	Producción de ruidos en la tala.
	Fundición y curado de elementos estructurales	Natural	Atmósfera	Producción de ruidos por el uso de la maquinaria y el equipo que bombea el hormigón.
			Agua	Se emplean cantidades considerables en el curado.
Disposición final	Demolición	Natural	Atmósfera	Producción y concentración de polvo. Producción de ruidos por el uso de la maquinaria. Emisión de óxidos de nitrógenos y de monóxido de carbono.

Tabla 4.4 Identificación de impactos ambientales del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Etapa	Actividades	Entorno	Factor	Impacto Ambiental
Extracción	Explotación minera	Natural	Atmósfera	Emisión de gases.
		Natural	Suelo	Desgaste del suelo. Cambio en su geomorfología. Residuos de metales que contaminan el suelo.
			Agua	Consumo de altas cantidades de agua para esta actividad. Contaminación de aguas superficiales e incluso acuíferos.
		Humano	Salud	Exposición a metales pesados, radiación y gases.
Fabricación	Uso de hornos Fabricación de lingotes	Natural	Atmósfera	Emisión de gases como el CO.
			Agua	Todo el proceso siderúrgico en sí consume grandes cantidades de agua.
		Humano	Salud	Exposición a la sílice en la colocación y reparación de revestimientos de los hornos. Exposición al cromo, plomo, manganeso y cadmio por los aditivos de aleación.

Aplicación o uso	Como elemento estructural (requiere soldadura)	Natural	Atmósfera	Emisión de gases.
			Suelo	Contaminación por los residuos al soldar.
		Humano	Salud	Se pueden producir lesiones en la piel o en ojos si no se cuenta con el EPP adecuado.
Disposición final	Reciclaje	Natural	Atmósfera	Emisión de gases por el uso de maquinarias como hornos.
			Suelo	La corrosión del material perjudica a este recurso.
			Agua	Se requiere de este recurso para el proceso que conlleva el reciclaje.
		Humano	Salud	Se pueden producir lesiones en la piel o en ojos en el proceso de reciclaje (así como en la producción).

Tabla 4.55 Identificación de impactos ambientales de la Madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Etapa	Actividades	Entorno	Factor	Impacto Ambiental
Extracción	Apeo Desrame Transporte al aserradero	Natural	Atmósfera	Emisiones de CO ₂ por el aceite para la motosierra y el combustible para el transporte.
			Suelo	Desgaste del suelo por la deforestación.
		Humano	Salud	Contaminación auditiva por el uso de equipo para la tala.
Fabricación	Descortezado Aserrado Secado	Natural	Atmósfera	Emisiones de CO ₂ por el uso de gasoil para los equipos. Emisiones de compuestos Orgánicos Volátiles por el empleo de colas de formaldehído y pinturas.
			Suelo	Vertidos de cenizas al suelo y residuos de madera al realizar el aserrado.
		Humano	Salud	Las sustancias químicas como las resinas y fungicidas pueden atender contra la salud. Enfermedades respiratorias y de la piel.
Aplicación o uso	Como elemento estructural (requiere barnizado)	Natural	Atmósfera	La fabricación de los aceites lubricantes genera sustancias peligrosas por la combustión. Producción de ruidos por herramientas como el taladro al unir las piezas.
		Humano	Salud	Exposición a sustancias químicas.
Disposición final	Reciclaje	Natural	Atmósfera	Emisiones de CO ₂ por los aceites que necesitan los equipos para realizar los procesos de reciclaje.

Tabla 4.6 Identificación de impactos ambientales del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Etapa	Actividades	Entorno	Factor	Impacto Ambiental
Extracción	Apeo Curado Desrame	Natural	Atmósfera	Emisiones de CO ₂ por el aceite para la motosierra y el combustible para el transporte. Consumo de energía.
	Transporte al aserradero	Humano	Salud	Contaminación auditiva por el sonido que genera la tala.
Fabricación	Secado al natural o por brazas	Natural	Atmósfera	Contaminación visual. Emisión de gases.
	Circulación de aire	Humano	Salud	Las sustancias químicas como las resinas y fungicidas pueden atender contra la salud.
Aplicación o uso	Uso de sustancias de preservación	Natural	Atmósfera	Emisión de sustancias química por los fungicidas y demás productos.
		Humano	Salud	Exposición a un nivel bajo de toxicidad.
Disposición final	Biodegradación	Natural	Atmósfera	Contaminación visual al desintegrarse poco a poco.

4.5 Valoración de impactos ambientales

Tabla 4.7 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción		Fabricación	Uso		Disposición final
		Agregados	Cemento	Elaboración del hormigón	Fundición de elementos	Encofrados	Demolición
Natural	Atmósfera	5 5,25	5 6,88	2,5 5	2,5 2,13	2,5 3,5	7,5 5,88
	Agua	- -	2,5 5,25	5 4,13	5 2,98	- -	- -
	Suelo	2,5 1,98	2,5 3,5	2,5 2,98	- -	2,5 2,98	- -
Humano	Salud	2,5 3,98	5 3,98	2,5 3,98	- -	- -	- -

Tabla 4.8 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final
		Explotación minera	Perfiles, lingotes	Construcción (Soldadura)	Reciclaje
Natural	Atmósfera	7,5 7,5	5 6,88	5 6,88	5 6,88
	Agua	7,5 6,63	5 6	- -	5 6
	Suelo	7,5 6,63	- -	5 5,88	2,5 3,5
Humano	Salud	5 4,5	5 3,98	5 3,98	5 3,98

Tabla 4.9 Valoración de magnitud e impacto ambiental de la Madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final
		Apeo Desrame Transporte	Descortezado Aserrado Secado	Construcción (barnizado)	Reciclaje
Natural	Atmósfera	7,5 4,5	5 6,88	5 2,98	5 3,5
	Agua	- -	- -	- -	- -
	Suelo	2,5 3,5	2,5 3,5	- -	- -
Humano	Salud	1 3,98	5 3,98	5 3,98	- -

Tabla 4.10 Valoración de magnitud e impacto ambiental del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final
		Apeo Desrame Transporte	Descortezado Aserrado Secado	Construcción (barnizado)	Reciclaje
Natural	Atmósfera	7,5 4,5	5 6,25	5 3,5	5 2,5
	Agua	- -	- -	- -	- -
	Suelo	- -	2,5 7,5	- -	- -
Humano	Salud	1 3,98	5 3,98	5 3,98	- -

Tabla 4.11 Resultados de la valoración de IA del Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción		Fabricación	Uso		Disposición final	TOTAL, IA
		Agregados	Cemento	Elaboración del hormigón	Fundición y curado	Encofrados	Demolición	
Natural	Atmósfera	5,12	5,86	3,54	2,30	2,96	6,64	26,42
	Agua	0,00	3,62	4,54	3,86	0,00	0,00	12,02
	Suelo	2,22	2,96	2,73	0,00	2,73	0,00	10,63
Humano	Salud	3,15	4,46	3,15	0,00	0,00	0,00	10,76
TOTAL, IA		10,50	16,90	13,96	6,16	5,69	6,64	59,84

Tabla 4.12 Resultados de la valoración del IA del Acero. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final	TOTAL, IA
		Explotación minera	Perfiles, lingotes	Soldadura	Reciclaje	
Natural	Atmósfera	7,50	5,86	5,86	5,86	25,09
	Agua	7,05	5,48	-	5,48	18,00
	Suelo	7,05	-	5,42	2,96	15,43
Humano	Salud	4,74	4,46	4,46	4,46	18,12
TOTAL, IA		26,34	15,80	15,74	18,76	76,64

Tabla 4.13 Resultados de la valoración del IA de la madera. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final	TOTAL, IA
		Apeo Desrame Transporte	Descortezado Aserrado Secado	Construcción (barnizado)	Reciclaje	
Natural	Atmósfera	5,81	5,86	3,86	4,18	19,71
	Agua	-	-	-	-	0,00
	Suelo	2,96	2,96	-	-	5,92
Humano	Salud	1,99	-	-	-	1,99
TOTAL, IA		10,76	8,82	3,86	4,18	27,62

Tabla 4.14 Resultados de la valoración del IA del Bambú. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Entorno	Elemento	Extracción	Fabricación	Uso	Disposición final	TOTAL, IA
		Apeo Desrame Transporte	Descortezado Aserrado Secado	Construcción (barnizado)	Reciclaje	
Natural	Atmósfera	5,81	5,59	4,18	3,54	19,12
	Agua	-	-	-	-	0,00
	Suelo	-	4,33	-	-	4,33
Humano	Salud	1,99	-	-	-	1,99
TOTAL, IA		7,80	9,92	4,18	3,54	25,44

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Hormigón

Según (Cagio et al., 2010) algunas alternativas de prevención/mitigación se muestran a continuación:

- Como agregados finos o grueso se pueden emplear materiales reciclados como los procedentes de las demoliciones, plásticos granulados, escorias de alto horno y ladrillos. De esta manera se reduce el impacto ambiental al reducir el proceso de extracción de estos agregados.
- Para reducir la cantidad de cemento y con ello las emisiones de CO₂ se puede optar por Materiales Cementantes Suplementarios (MCS) como las cenizas volantes, humo de sílice y metacaolín.
- Para reducir las emisiones de CO₂ en el proceso de producción del cemento se puede optimizar la eficiencia energética de los procesos que conllevan el uso de energía térmica, se puede recurrir a la implementación de precalcinadores, mecheros de bajo aire primario, entre otras opciones.

- Otra alternativa para sustituir el combustible fósil es a partir de la biomasa con un balance neutro del CO₂ o por residuos como neumáticos usados, plásticos no reciclables, lodos de plantas depuradoras, residuos de madera y aceites usados.

Otras opciones:

- Reemplazar el encofrado tradicional de madera por moldes metálicos, de plástico u otro material, así se puede reutilizar este elemento en próximas construcciones.
- En cuanto a la disposición final, se debe depositar estos desechos en vertederos autorizados y gestionar la reutilización de estos en la medida de lo posible, por ejemplo, en el uso de agregados, como se mencionó anteriormente.

Acero

Según (Grupo del Banco Mundial, 2007) algunas alternativas de prevención/mitigación se muestran a continuación:

- Para controlar las emisiones de CO₂ se puede optar por utilizar hornos de inducción, implementar inyecciones de oxígeno o quemadores de gasolina y así elevar la eficiencia térmica de los procesos.
- Para prevenir y controlar las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), se puede reducir el consumo de aglutinantes y resinas mediante la optimización y manejo de materiales. Otra opción es reemplazar los revestimientos alcohólicos por acuosos.
- Colocar campanas de extracción de gas en hornos de inducción, esto reducirá fuga de las emisiones.
- Aislar las áreas donde se realizan los procesos, así como los ductos de ventilación y los ventiladores.
- Adoptar sistemas de extracción de polvo en las áreas de trabajo como las áreas de fundición y moldeo, de esta manera se reduce la contaminación por polvo que amenaza al ambiente y a la salud de los trabajadores.
- Almacenar los residuos de los procesos de fabricación en un área apartada para prevenir que estos lleguen a los ríos y contaminen el agua. Además, optar por circuitos cerrados para el agua de refrigeración contribuye a la reducción del consumo y descarga del agua.

Madera y Bambú

Según (Asprilla, 2014) algunas alternativas de prevención/mitigación se muestran a continuación:

- Para la extracción de la materia prima se deben talar los árboles una forma de mitigar este impacto es cultivar cada vez que se tale, en el caso del bambú, la ventaja que presenta es que este crece rápidamente.
- Para el pintado y barnizado de la madera y el bambú se recomienda el uso de pistolas HVLP que disminuyen el consumo de pintura y a la vez reducen las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).
- El aislamiento de las áreas de trabajos del proceso y fabricación de los elementos de madera y bambú contribuirá a la reducción de ruido en la zona. También se sugiere la implementación de aislamientos vibratorios para mitigar el ruido.
- Para los residuos se sugiere un área en particular para estos y colocar una malla impermeable en el sitio para evitar derrames que puedan infiltrar el suelo.
- A partir de los residuos orgánicos como el aserrín se puede genera bioabono.

4.7 Conclusiones

- Una vez descritos los procesos de extracción, fabricación, uso y disposición final del hormigón, acero, madera y bambú, se evidencia que cada alternativa presenta un grado de impacto ambiental. Al valorar cualitativamente cada material según su repercusión contra la atmósfera, el agua, el suelo y la salud humana se concluye que el acero tiene el mayor índice, seguido del hormigón, madera y bambú.
- Se presentan distintas medidas de prevención y mitigación para cada material, muchas de ellas ya están siendo implementadas en estas industrias y se espera que cada vez vayan teniendo mayor acogida.
- A pesar de que la madera y el bambú son las opciones que generan menor impacto ambiental, hay otros parámetros que fueron discutidos en el Capítulo 1 que también forman parte de esta selección, por lo tanto, la alternativa de hormigón armado sigue primando para la vivienda de dos plantas en Samborondón.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura de Desglose del Trabajo EDT

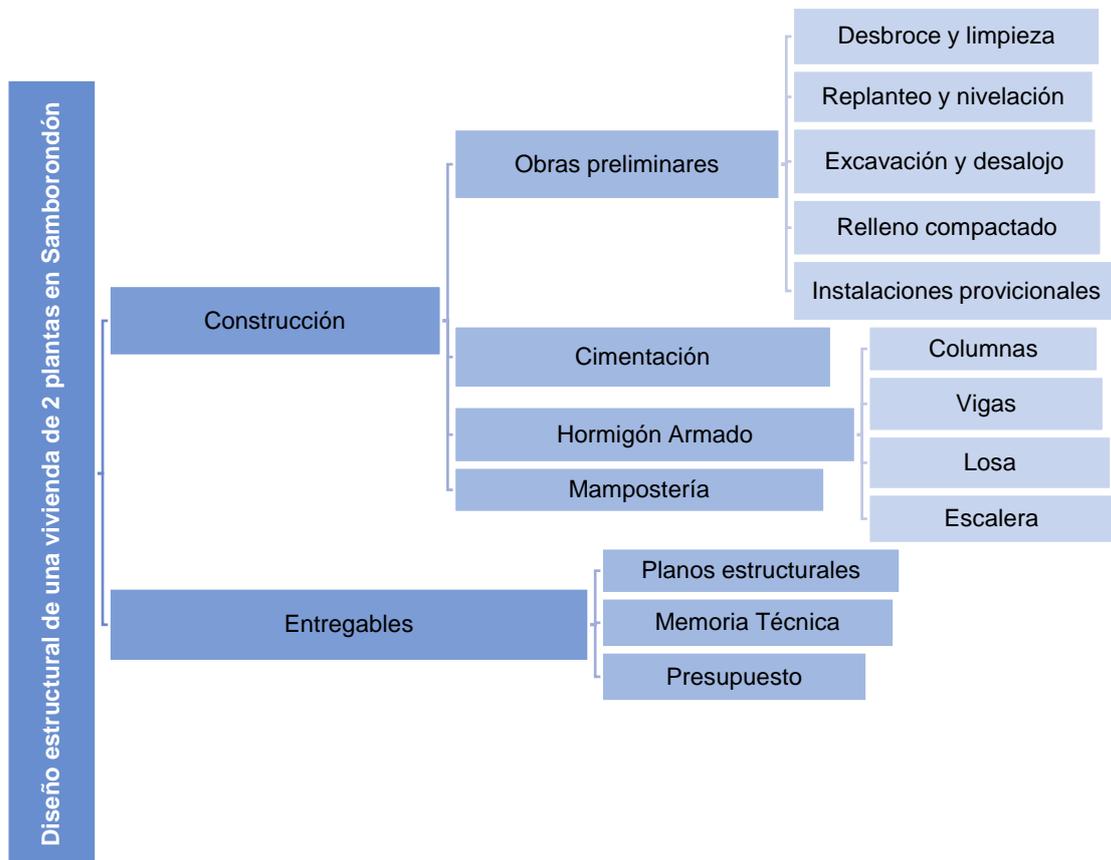


Ilustración 5.1 EDT del proyecto. [Pinzón & Villarruel, 2021]

5.2 Descripción de rubros

5.2.1 Desbroce y limpieza

Descripción: Se remueve la vegetación y basura que yace en el terreno.

Unidad: Metros cuadrados m²

Materiales mínimos: Ninguna.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima: Peón y albañil.

Cuantificación: Según las dimensiones del terreno.

5.2.2 Replanteo y nivelación

Descripción: Se realiza una nivelación del terreno y se trazan las medidas del plano en el terreno de manera que se aprecie la forma y las dimensiones del lugar de construcción.

Unidad: Metros cuadrados m²

Materiales mínimos: Estaca, clavos, piola, listón y tira de eucalipto.

Equipo mínimo: Herramienta menor y equipo de fotografía.

Mano de obra mínima: Topógrafo, cadenero y inspector de obra.

Cuantificación: Según las dimensiones del terreno.

5.2.3 Excavación y desalojo con maquinaria

Descripción: Se retira un volumen de suelo del terreno que dará lugar a la cimentación. Se procede a retirar el material de la excavación.

Unidad: Metros cúbicos m³

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Herramienta menor, volqueta, cargadora y excavadora.

Mano de obra mínima: Chofer, ayudante de maquinaria, operador de la cargadora y operador de la excavadora.

Cuantificación: Según el volumen excavado.

5.2.4 Relleno compactado

Descripción: Se coloca relleno de suelo de mejor calidad luego de haber excavado y se compacta para que el terreno sea más resistente.

Unidad: Metros cúbicos m³

Materiales mínimos: Cascajo, agua.

Equipo mínimo: Herramienta menor y rodillo liso.

Mano de obra mínima: Operador de rodillo, inspector de obra, albañil y peón.

Cuantificación: Según el volumen relleno.

5.2.5 Instalaciones provisionales y bodega

Descripción: Se construyen instalaciones provisionales y bodega para guardar materiales y que sean de uso de los trabajadores.

Unidad: Metros cuadrados m².

Materiales mínimos: Tabla de encofrado, cuartones, Estilpanel, tiras y vigas de madera.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil y ayudante de albañil.

Cuantificación: Según el área que se ocupe dependiendo de la mano de obra, equipos y materiales empleados.

5.2.6 Hormigón de replantillo $f'_c=140 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Capa de hormigón que sirve como base para la cimentación.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Cemento Fuerte Tipo GU, arena gruesa, grava, agua, cuartones, tira de encofrado, clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil y ayudante de albañil.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.7 Hormigón para zapatas corridas $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, encofrado de madera, cuartones de encofrado y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor y vibrador de manguera.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, ayudante en general, peón, carpintero.

Transporte: Para el hormigón y la madera.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.8 Acero de refuerzo para zapatas corridas $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción: Se utiliza en el armado de la cimentación.

Unidad: Kilogramos Kg.

Materiales mínimos: Alambre galvanizado y acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Equipo mínimo: Herramienta menor y cortadora dobladora de hierro.

Mano de obra mínima: Peón y herrero.

Cuantificación: Según las unidades masa requeridas.

5.2.9 Hormigón para columnas $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, encofrado de madera, cuartones de encofrado y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera y andamio.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, ayudante en general, peón, carpintero.

Transporte: Para el hormigón y la madera.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.10 Hormigón para vigas principales $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, encofrado de madera, cuartones de encofrado y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio y bomba estacionaria.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, ayudante en general, peón, carpintero.

Transporte: Para el hormigón y la madera.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.11 Hormigón para vigas secundarias $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, encofrado de madera, cuartones de encofrado y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio y bomba estacionaria.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, ayudante en general, peón, carpintero.

Transporte: Para el hormigón y la madera.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.12 Hormigón para losa de piso $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, malla electrosoldada, alambre recocido, tablas de encofrado.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio, bomba estacionaria y taladro.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, herrero, peón y carpintero.

Transporte: Para el hormigón y losa Acesco.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.13 Hormigón para losa de entrepiso $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, malla electrosoldada, alambre recocido, tablas de encofrado, plancha Metaldeck Acesco, cuartón semiduro.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio, bomba estacionaria y taladro.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, herrero, peón y carpintero.

Transporte: Para el hormigón y losa Acesco.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.14 Hormigón para escalera $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Cemento Fuerte Tipo GU, arena, ripio, agua. Aditivo, encofrado de madera, cuartones de madera y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio y concreteira.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, operador de quipo liviano, peón y carpintero.

Transporte: Para el hormigón y madera.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.15 Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción: Se utiliza en el armado de la cimentación.

Unidad: Kilogramos Kg.

Materiales mínimos: Alambre galvanizado y acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Equipo mínimo: Herramienta menor y cortadora dobladora de hierro.

Mano de obra mínima: Peón y fierrero.

Cuantificación: Según las unidades masa requeridas.

5.2.16 Hormigón para losa de hormigón $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Descripción: Hormigón premezclado, incluye encofrado.

Unidad: Metros cúbicos m^3 .

Materiales mínimos: Hormigón premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, malla electrosoldada, alambre recocido, tablas de encofrado.

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador de manguera, andamio, bomba estacionaria y taladro.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, fierrero, peón y carpintero.

Transporte: Para el hormigón y losa Acesco.

Cuantificación: Según volumen requerido.

5.2.17 Losa de cubierta

Descripción: Plancha de acero que cubrirá la vivienda

Unidad: Metros cuadrados m^2 .

Materiales mínimos: Metaldeck Acesco, separadores.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima: Maestro de obra, albañil, fierrero y peón.

Transporte: Para las planchas Acesco.

Cuantificación: Según el área requerida.

5.3 Análisis de costos unitarios

Para el análisis de costo unitario se consultaron los valores referenciales del Portal Web de la Contraloría General del Estado del Ecuador y del sitio web INSUCONS. El rendimiento se referenció de proyectos similares. Los APUs se pueden consultar en la sección de Anexos.

5.4 Descripción de cantidades de obra

Para obtención de cantidades de materiales a utilizar en obra, se procede a tomar el número total de elementos y multiplicarlo por el volumen individual de ellos.

Como ejemplo, se toman a las columnas.

En la planta baja hay 20 columnas de longitud 4,02 m y de dimensiones 30 x 30 cm.

El área transversal de las columnas es de:

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 0,3 \cdot 0,30$$

$$A_c = 0,09 \text{ m}^2$$

El volumen individual:

$$V_c = A_c \cdot l$$

$$V_c = 0,09 \cdot 4,02$$

$$V_c = 0,3618 \text{ m}^3$$

El volumen columnas primer nivel:

$$V_1 = V_c \cdot \#columnas$$

$$V_1 = 0,3618 \cdot 20$$

$$V_1 = 7,236 \text{ m}^3$$

En la planta alta hay 20 columnas de longitud 3,67 m y de dimensiones 30 x 30 cm.

El volumen individual:

$$V_c = A_c \cdot l$$

$$V_c = 0,09 \cdot 3,67$$

$$V_c = 0,3303 \text{ m}^3$$

El volumen columnas segundo nivel:

$$V_2 = V_c \cdot \#columnas$$

$$V_2 = 0,3303 \cdot 20$$

$$V_2 = 6,606 \text{ m}^3$$

Por ende, el volumen de hormigón total que se requiere para las columnas es de:

$$V_t = V_1 + V_2$$

$$V_t = 7,236 + 6,606$$

$$V_t = 13,842 \text{ m}^3$$

Tabla 5.1 Cantidades totales de Hormigón. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Estructura	Volumen, m ³
Zapata	43,54
Escalera	2,63
Columna	13,84
Viga secundaria	2,55
Viga principal	18,07
Muro de cimentación 200 mm	8,51
Muro de cimentación 280 mm	0,32
Losa	45,95
Total	135,49

Tabla 5.2 Cantidades totales de mampostería. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Tipo de muro	Volumen, m ³
Muro 36 cm	5,59
Muro 7 cm	0,16
Muro 20 cm	5,31
Muro 10 cm	24,69
Muro 12 cm	58,16
Muro 17 cm	0,94
Muro tabique 20 cm	71,04
Total	165,88

Tabla 5.3 Cantidades totales de Armadura. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Armadura	Peso, kg
Varilla vigas Ø10mm	1556
Varilla vigas Ø12mm	216
Varilla vigas Ø14mm	2152
Varilla cimentación Ø12mm	1514
Varilla cimentación Ø14mm	774
Varilla escaleras Ø10 mm	146
Varilla muro Ø10mm	1003
Varilla muro Ø12mm	349
Varilla columnas Ø10mm	744
Varilla columnas Ø18mm	1384

Varilla suelo \varnothing 10mm	1541
Total	11380

5.5 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

Tabla 5.4 Presupuesto de obra. [Pinzón & Villarruel, 2021]

Descripción	Unidad	Cantidad Final	Costo Unitario	Costo Total
1. Preliminar				
Desbroce y limpieza (incluye desalojo)	m2	785,86	1,44	1130,59
Replanteo y nivelación	m2	785,86	1,71	1341,05
Excavación y desalojo con maquinaria (excavadora)	m3	617,46	5,81	3588,15
Relleno compactado	m3	1646,57	11,94	19657,46
Instalaciones provisionales y bodega	m2	7,35	49,55	364,19
2. Cimentación				
Hormigón de replantillo $f'c=140$ kg/cm ² $e=0,08$ m	m3	62,87	8,68	545,73
Hormigón premezclado en zapatas corridas $f'c=210$ kg/cm ² (incluye encofrado)	m3	54,99	259,62	14276,07
Acero de refuerzo para zapatas corridas $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	3822,00	1,61	6136,38
3. Estructuras de Hormigón Armado				
Hormigón premezclado en columnas $f'c=210$ kg/cm ² (incluye encofrado)	m3	14,61	289,01	4221,13
Hormigón premezclado en vigas principales $f'c=210$ kg/cm ² (incluye encofrado)	m3	18,97	253,12	4802,52
Hormigón premezclado en vigas secundarias $f'c=210$ kg/cm ² (incluye encofrado)	m3	2,68	248,34	664,93
Losa de piso $f'c=210$ kg/cm ² $e=4.8$ cm (incluye encofrado)	m3	30,95	30,12	932,17
Losa de entrepiso $f'c=210$ kg/cm ² $e=4.8$ cm (incluye encofrado)	m3	44,94	88,16	3962,12
Escaleras	m3	2,76	220,70	609,47
Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	7973,70	1,43	11368,04
4. Cubierta				
Losa de cubierta Metaldeck Acesco	m2	314,19	42,15	13241,90
5. Albañilería				
Mampostería	m2	1251,32	12,92	16171,87
			Total	103013,77

5.6 Cronograma valorado

Descripción	Unidad	Cantidad	Desp.	Cantidad Final	Costo Unitario	Costo Total	Rendimiento (unidad/hora)	Semanas de trabajo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Total
1. Preliminar																			
Desbroce y limpieza (incluye desalojo)	m2	748,44	5%	785,86	1,44	1130,59	0,04	0,12	1130,59										1130,59
Replanteo y nivelación	m2	748,44	5%	785,86	1,71	1341,05	0,04	0,37	1341,05										1341,05
Excavación y desalojo con maquinaria (excavadora)	m3	561,33	10%	617,46	5,81	3588,15	0,032	0,22	3588,15										3588,15
Relleno compactado	m3	1496,88	10%	1646,57	11,94	19657,46	0,045	1,68	9828,73	9828,73									19657,46
Instalaciones provisionales y bodega	m2	7	5%	7,35	49,55	364,19		0,00		364,19									364,19
2. Cimentación																			
Hormigón de replantillo f'c=140 kg/cm ² e=0,08m	m3	59,8752	5%	62,87	8,68	545,73	0,76	0,19			545,73								545,73
Hormigón premezclado en zapatas corridas f'c=210 kg/ cm ² (incluye encofrado)	m3	52,37	5%	54,99	259,62	14276,07	0,88	0,16				14276,07							14276,07
Acero de refuerzo para zapatas corridas fy=4200 kg/ cm ²	kg	3640	5%	3822,00	1,61	6136,38	0,01	0,30			6136,38								6136,38
3. Estructuras de Hormigón Armado																			
Hormigón premezclado en columnas f'c=210 kg/ cm ² (incluye encofrado)	m3	13,91	5%	14,61	289,01	4221,13	1,97	0,10				2110,57				2110,57			4221,13
Hormigón premezclado en vigas principales f'c=210 kg/ cm ² (incluye encofrado)	m3	18,07	5%	18,97	253,12	4802,52	1	0,08					2401,26				2401,26		4802,52
Hormigón premezclado en vigas secundarias f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado)	m3	2,55	5%	2,68	248,34	664,93	0,9	0,01						332,47				332,47	664,93
Losa de piso f'c=210 kg/ cm ² e=4.8 cm (incluye encofrado)	m3	29,4744	5%	30,95	30,12	932,17	0,2	0,02					932,17						932,17
Losa de entripiso f'c=210 kg/ cm ² e=4.8 cm (incluye encofrado)	m3	42,8	5%	44,94	88,16	3962,12	0,8	0,14							3962,12				3962,12
Escaleras	m3	2,63	5%	2,76	220,70	609,47	0,75	0,01							609,47				609,47
Acero de refuerzo fy=4200 kg/ cm ²	kg	7594,00	5%	7973,70	1,43	11368,04	0,01	0,63				5684,02	5684,02						11368,04
4. Cubierta																			
Losa de cubierta Metaldeck Acesco	m2	299,232	5%	314,19	42,15	13241,90	0,2	0,75										13241,90	13241,90
5. Albañilería																			
Paredes de bloques 15x20x40 cm y mampostería	m2	1137,56	10%	1251,32	12,92	16171,87	0,2	1,42				8085,94				8085,94			16171,87
Total									15888,51	10192,92	6682,11	30156,59	9017,45	332,47	4571,59	10196,50	2401,26	13574,37	103013,77

Tabla 5.5 Cronograma Valorado. [Pinzón & Villarruel, 2021]

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los elementos estructurales tales como las columnas, vigas y losa se diseñaron acorde a las normas ACI 318S – 14 y NEC – 15, el diseño de la vivienda cuenta con un tipo de columna de 30 cm x 30 cm, un tipo de viga principal de 20 cm x 40 cm y un tipo de viga secundaria de 15 cm x 30 cm. Se empleó el modelo de losa con placa colaborante de Metaldeck Acesco con un espesor de 42 mm y un espesor de hormigón neto de 50 mm. Todos los elementos estructurales diseñados satisfacen la demanda.
- El modelamiento de la estructura se realizó en ETABS donde se pudo corroborar los resultados obtenidos en el cálculo manual y verificar demás parámetros como el periodo fundamental de la estructura, las derivas y la irregularidad torsional.
- El informe geotécnico indica que el suelo es de tipo F, sin embargo, para dicho suelo se requiere un análisis adicional que extienda los límites de este trabajo, por lo que se consideró un suelo tipo E. Por otra parte, como el suelo originalmente presenta problemas de licuefacción, la cimentación seleccionada corresponde a zapatas corridas en dos direcciones. Para este diseño también se consideraron las normas ACI 318S – 14 y NEC – 15. Una vez más, cabe resaltar que el informe geotécnico original proporcionado por el cliente no cumple con la profundidad mínima de perforación, en su lugar se utilizó un estudio de suelo cercano por ser este un trabajo académico.

Recomendaciones

- La NEC – 15 cuenta con guías prácticas de diseño en donde se muestran ejemplos para el diseño de elementos estructurales para materiales como hormigón armado, acero y madera que pueden ser muy útiles cuando se está comenzando en el área estructural.
- En base a un pre dimensionamiento de los elementos, realizar el modelamiento en el programa de Análisis Estructural y verificar inicialmente si la estructura cumple con las derivas y descartar si presenta efectos P – Delta.
- En el informe geotécnico original que proporcionó el cliente se tomaron muestras de suelo de hasta 2 m, se recomienda realizar un estudio de suelos de mayor profundidad, con sondeos mínimos de 6 m según la NEC – 15, por el tipo de estructura. Sin embargo, el especialista en Geotécnica sugiere que la exploración sea de 8 a 10 m de profundidad por tratarse de la zona de Samborondón y aún más de la Isla Mocolí.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, J. L., & Cornejo Martínez, M. H. (2016). *Análisis del costo del ciclo de vida de inhibidores de corrosión para la protección de estructuras de hormigón armado*. September. <https://doi.org/10.18687/laccei2016.1.1.235>
- Asprilla, D. (2014). *Análisis de los impactos ambientales que produce una empresa de muebles*. Universidad Militar Nueva Gradana.
- Cagiao, J., Breixo, V., Meijide, G., Doménech, J. L., Salvador, Q., Mainar, G., Gutiérrez, H., Fernando, L., Abella, M., Belén, M., & Fonteboa, G. (2010). *Huella Ecológica del Cemento*. 206. http://www.lis.edu.es/uploads/640bc719_c071_46e4_86fc_8632bc5b6c0c.pdf
- Cajigas, S., Santos, N., & Távora, E. (2020). *Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus-Chulucanas en Piura 2020* (Issue 1988). Universidad César Vallejo.
- Calavera, J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación* (INTEMAC (ed.); 4ta ed.).
- Carmirol, V. (2009). *Bambú Guadua, en muros de contención*. 22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835555>
- Castilla, D. (2016). *La construcción de una casa de bambú y su análisis* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/1827>
- Diego, S. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero* (BAHNDAR Editores Ltda. (ed.); 5ta ed.).
- Durand, A. (2017). Influencia Del Óxido De Calcio En La Trabajabilidad, Fraguado, Compresión, Densidad, Porosidad Y Absorción Del Concreto Para Elementos Estructurales, Trujillo 2017 [Universidad Privada del Norte]. In *Ucv*. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12743/Durand Ciudad%2CAdriana Jesús.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12743/Durand_Ciudad%2CAdrianaJesús.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fernando, A. (2005). *Diseño de pavimentos reforzados: evaluación de factores de carga y subresistencia por el método LRFD* (Issue 14).
- Gervacio, M. (2005). *Universidad nacional autónoma de México*.
- González, L. (2001). *Uso del bambú en el concreto reforzado*.
- González Sandra, Rodríguez Amariles, Santiago, Monge Santiago Monge, Bedón Gabriela, Martínez Maricruz, B. F. (2009). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE TIERRAS RURALES*

DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS ESCALA 1:25.000”.

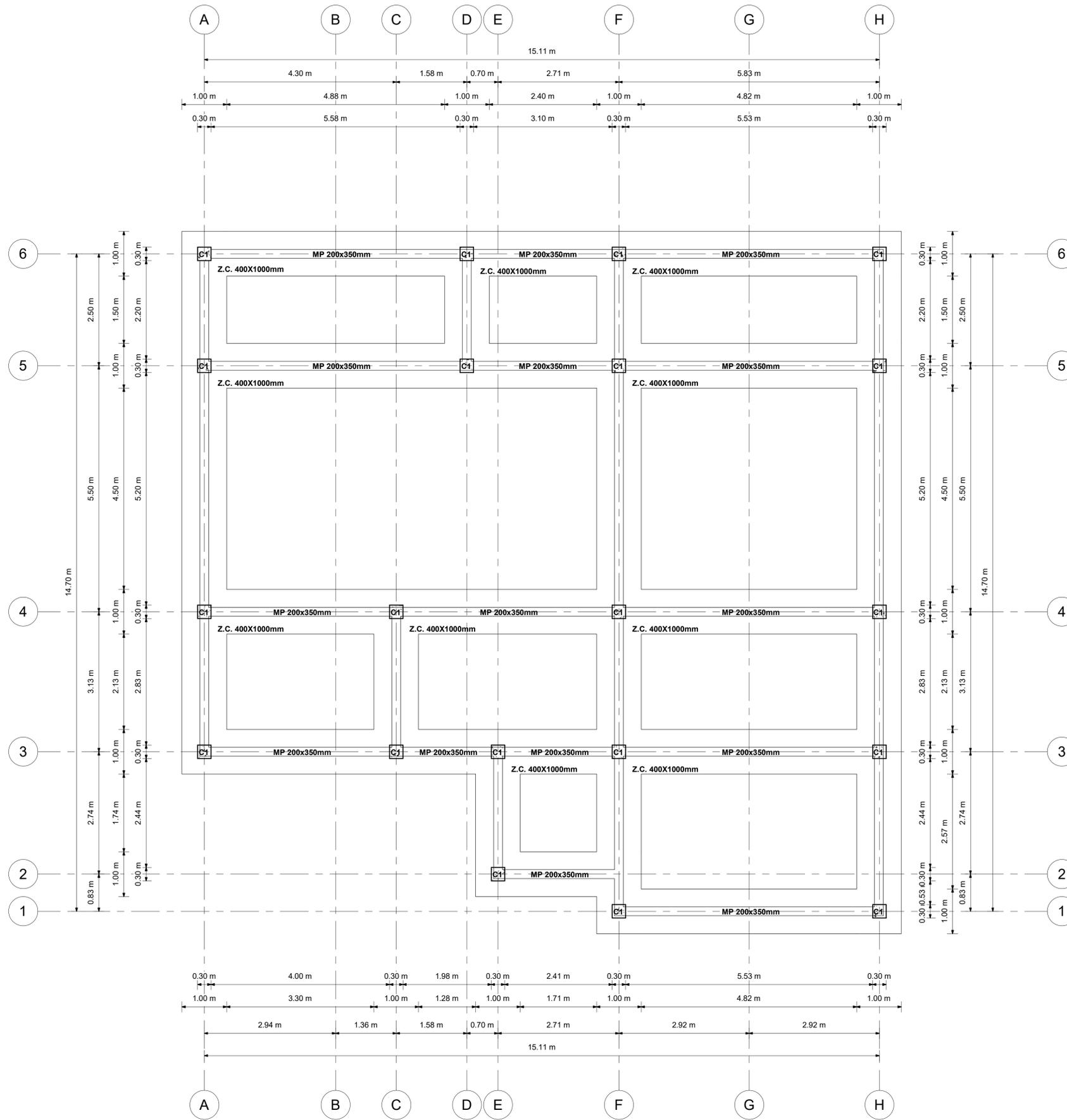
- Grupo del Banco Mundial. (2007). *Guías sobre medio ambiente , salud y seguridad para fundiciones.*
- Haya, E. (2016). Análisis de Ciclo de Vida Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental. *Escuela de Organización Industrial*, 1, 43. https://static.eoi.es/savia/documents/teoria_acv_migma1.pdf
- Helena, G. (1997). La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas. *Journal of Coimba University*, 4, 18–25.
- INEC. (2010). *Resultados Censo Poblacional Guayas.*
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (2006). *Manual de Elaboración de Concreto en Obra* (p. 20). <https://ficem.org/CIC-descargas/costa-rica/Manual-de-elaboracion-de-concreto-en-obra.pdf>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica. (1982). *Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador.*
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021). *Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED).*
- Katz, M. (2011). *Minerales y materias primas.* 46.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Paranesse, W., & Tanesi, J. (n.d.). *Diseño y control de mezclas de concreto* (Primera). https://www.academia.edu/33383752/Diseño_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_Steven_H_Kosmatka_Beatriz_Kerkhoff_and_William_C_Panarese_1ra_Edición_?from=cover_page
- Llorente Díaz, M. I. (2011). *Analisis del ciclo de vida de ventanas de madera.* 94. [http://oa.upm.es/10912/1/Analisis del ciclo de vida de la ventana de madera](http://oa.upm.es/10912/1/Analisis%20del%20ciclo%20de%20vida%20de%20la%20ventana%20de%20madera)
- López, L. (2013). *Estudio y evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Civil* (Club Universitario Alicante (ed.)).
- Madia, J. (2008). *Productos de acero.* 4(157), 54–64.
- Martin, E. (2009). *Extracción y caracterización mecánica de las fibras de Bambú para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos.* Bogota: Universidad de los Andes. (Issue August) [Universidad De Los Andes]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3984.3046>
- McCormac, J., & Csernak, S. (2013). *Diseño de estructuras de acero* (Alfaomega Grupo Editor (ed.); Quinta). https://www.academia.edu/28111116/Diseño_de_Estructuras_De_Acero_McCormac_5ta_Ed_pdf

- Medina, L. (2016). *Proceso de fabricación del hormigón*.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción SE-DS, (2015).
- Moffit, A. (2012). Tomo 3: La industria del hierro y el acero. *Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo*, 19.
- Mouriño, A. C. (2017). El Ciclo De Vida De La Madera En La Construcción. Análisis De Un Caso Práctico. *Información Tecnológica*, 21(2), 310.
http://www.rezagos.com/pages/analisis-del-ciclo-de-vida-de-los-cables.html%0Ahttp://oa.upm.es/40342/1/JUAN_CARLOS_SANCHEZ_GONZALEZ.pdf
- ONU. (2015). Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles. *Sustainable Development Goals*, 1–2. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>
- ONU Habitat. (2010). El derecho a una vivienda adecuada. Folleto informativo nº21. *Revista de Antropología Social*, 19, 103–129.
<http://revistas.ucm.es/index.php/RASO/article/view/RASO1010110103A>
- Páez, A. (1986). *Hormigón Armado* (Editorial Reverté S.A (ed.); Primera).
- Perles, P. (2005). *Hormigón Armado* (NOBUKO (ed.); 1era ed.).
https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=4fLpxffkb90C&oi=fnd&pg=PA6&dq=hormigon+armado&ots=iAeJpfgBBN&sig=L0NyUO2CMxAYFjRozR_rDa7jwqU&redir_esc=y#v=onepage&q=columna&f=false
- Planet Ark. (2018). *The benefits of wood*. <https://makeitwood.org/benefits/>
- R, V. A., C, M. D. S., & Medina, J. (2019). *Sistema constructivo con perfiles livianos de acero galvanizado de espesores reducidos Construction system with lightweight galvanized steel profiles of reduced thickness*. 10, 11–19.
- Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios* (Fondo Editorial Universidad EAFIT (ed.); 2da ed.).
- Rodas, H. (2014). *Estructuras 1: Apuntes De Clase*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/693803.pdf>
- Rodríguez, J. (2006). El bambú como material de construcción. *Conciencia Tecnológica*, 31, 67–69.
- Romero, B. (2003). El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. *Boletín IIE*, 91–97.
http://www.icesi.edu.co/blogs/mercadeosostenible2012_02/files/2012/10/ACV_MEDIO-AMBIENTE.pdf
- Santiago, P., Guevara, C., & Espinoza, M. (2013). *Manual de Transformación de la Madera*.

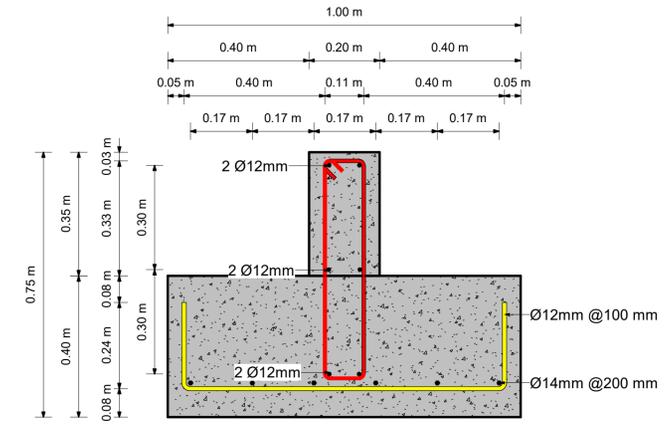
- SENA. (1986). *Fundición de elementos en hormigón*.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5347/3294_construccion_de_estructuras_en_hormigon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). *El bambú como alternativa de construcción sostenible*. 389–400. <https://www.mendeley.com/catalogue/0cc49088-50e6-326f-991f-70cebdfd303d>
- United plywood. (2018). *Wooden Construction As The Future of the Construction Industry*. <https://www.linkedin.com/pulse/wooden-construction-future-industry-shubham-gupta/>
- Vidal, D. (2013). *Diseño de estructura para el soporte de un sistema solar fotovoltaico y eólico con bambú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Wight J.W., M. J. G. (2008). *Reinforced Concrete Mechanics and Design* (Pearson (ed.); 7 ma).

PLANOS Y ANEXOS

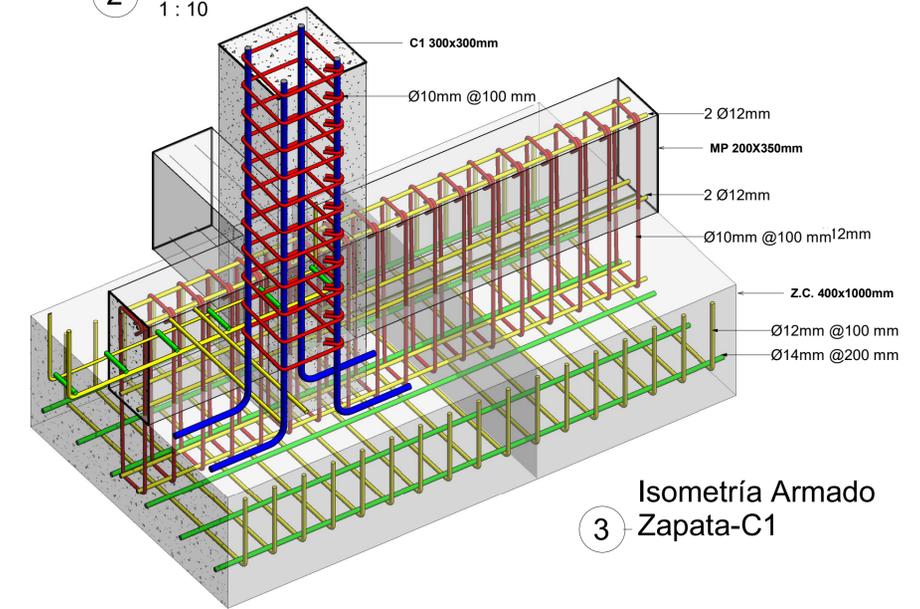
Apéndice A - Planos



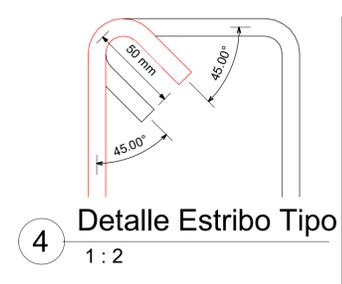
1 Cimentación N+0.00
1 : 50



2 Sección Transversal Zapata
1 : 10



3 Isometría Armado Zapata-C1



4 Detalle Estribo Tipo
1 : 2

CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ACERO PARA CONCRETO:
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS:
-VIGAS Y COLUMNAS $R = 4 \text{ cm}$
-LOSA $R = 2 \text{ cm}$
-ZAPATAS $R = 7.5 \text{ cm}$
-MUROS DE CIMENTACIÓN $R = 4 \text{ cm}$

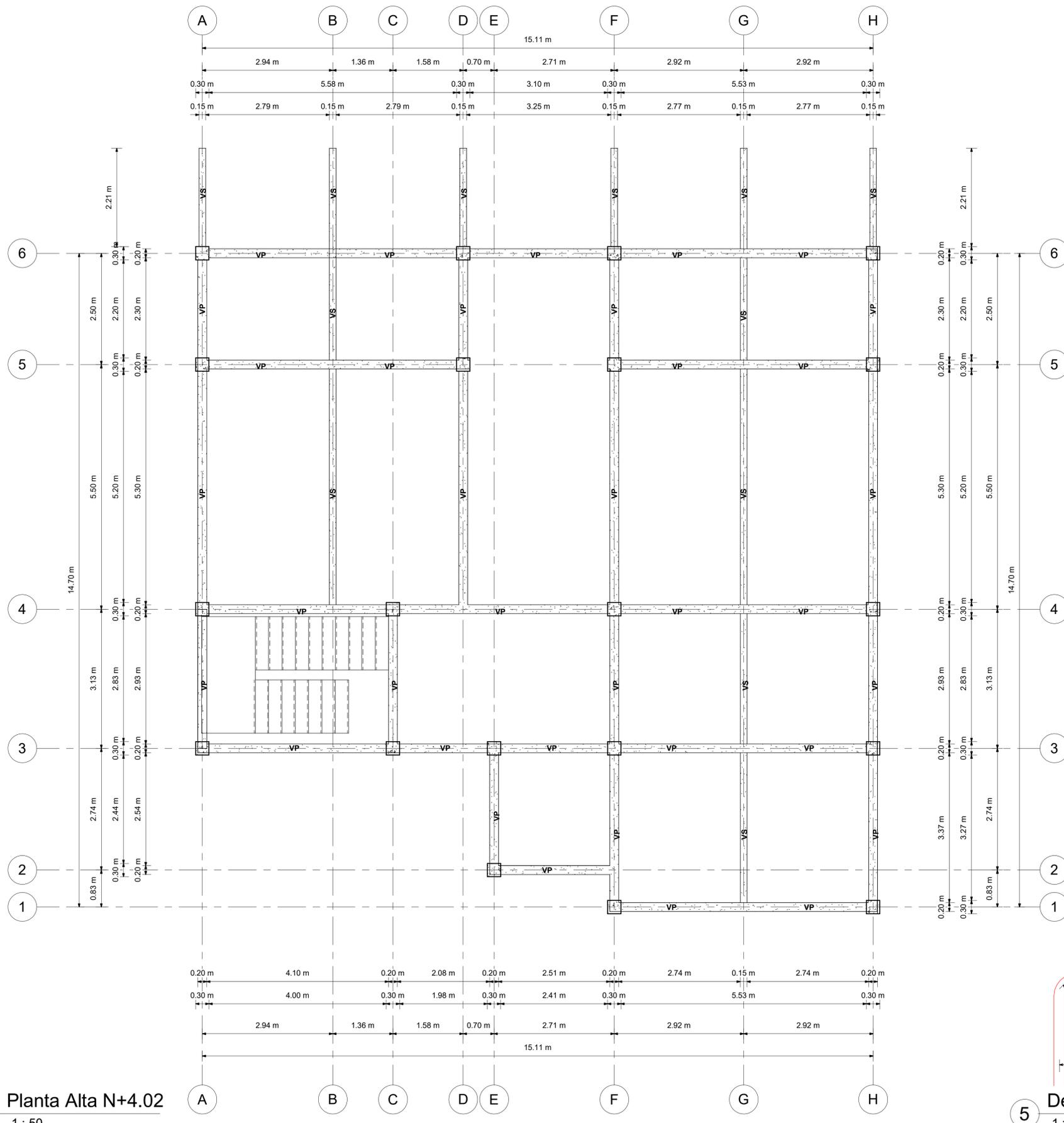
CONECTORES DE CORTE LOSA
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

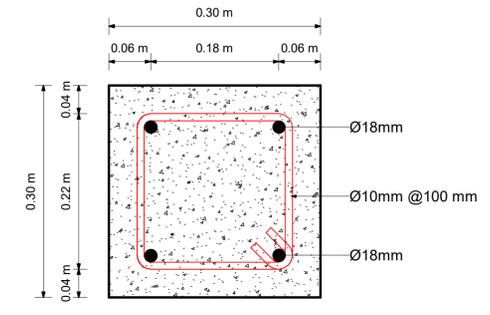
PROYECTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN

CONTENIDO:
Detalles de Cimentación

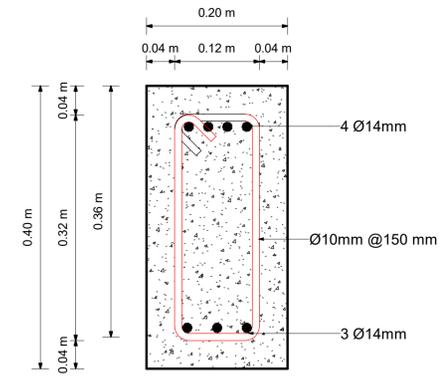
Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares	Lámina: E.1	Escala: Como se indica	



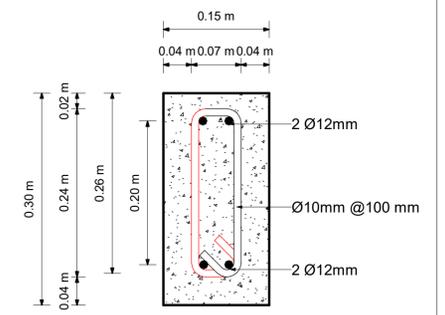
1 **Planta Alta N+4.02**
1 : 50



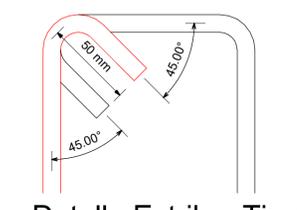
2 **Sección Transversal C1**
1 : 5



3 **Sección Transversal VP**
1 : 5



4 **Sección Transversal V.S.**
1 : 5



5 **Detalle Estribo Tipo**
1 : 2

CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ACERO PARA CONCRETO:
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMENTOS:
-VIGAS Y COLUMNAS $R = 4 \text{ cm}$
-LOSA $R = 2 \text{ cm}$
-ZAPATAS $R = 7.5 \text{ cm}$
-MUROS DE CIMENTACIÓN $R = 4 \text{ cm}$

CONECTORES DE CORTE LOSA
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN			
CONTENIDO: Detalles de Planta Alta			
Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares		Lámina: E.2	Escala: Como se indica

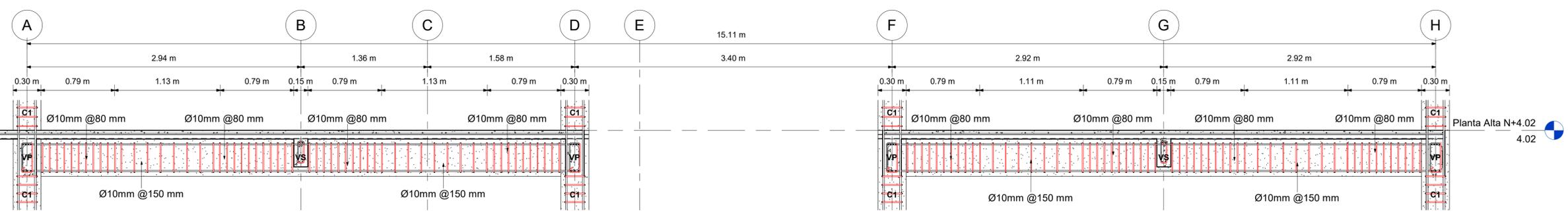
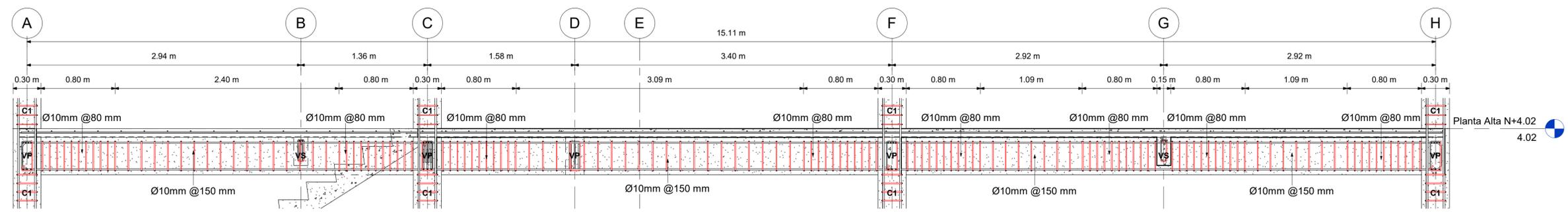
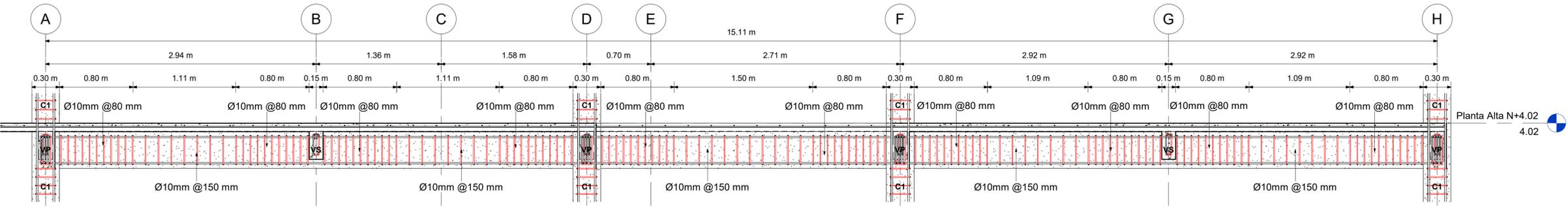
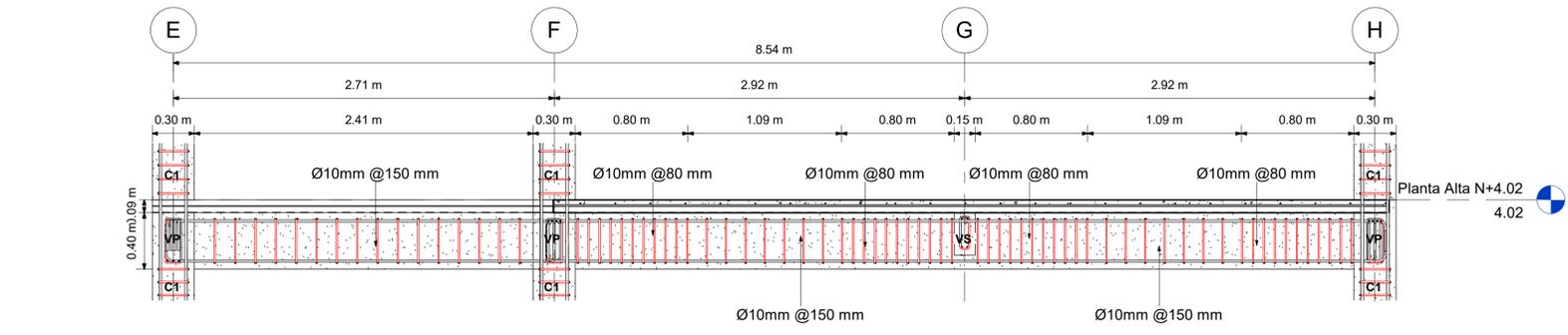
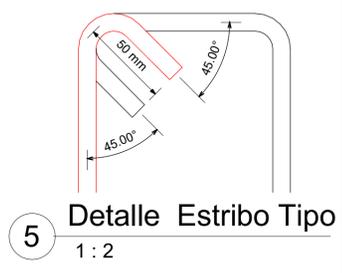
CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS f_c= 210 kg/cm²

ACERO PARA CONCRETO:
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO: F_y= 4200 kg/cm²

RECUBRIMIENTOS:
-VIGAS Y COLUMNAS R= 4 cm
-LOSA R= 2 cm
-ZAPATAS R= 7.5 cm
-MUROS DE CIMENTACIÓN R= 4 cm

CONECTORES DE CORTE LOSA
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO

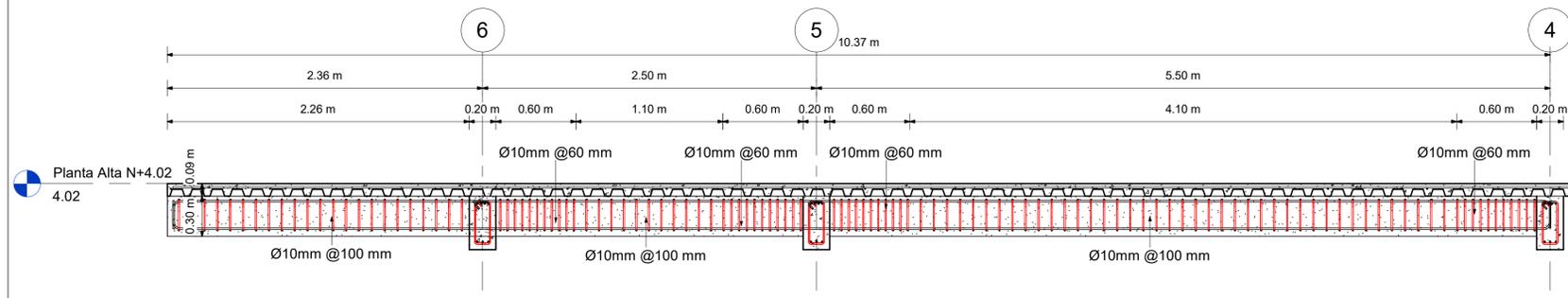
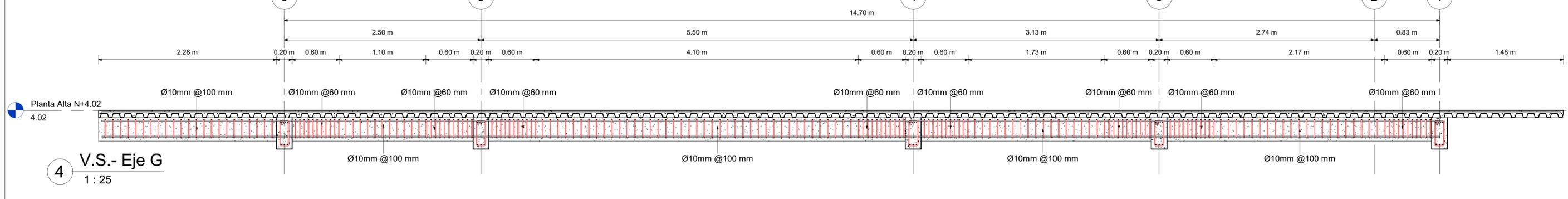
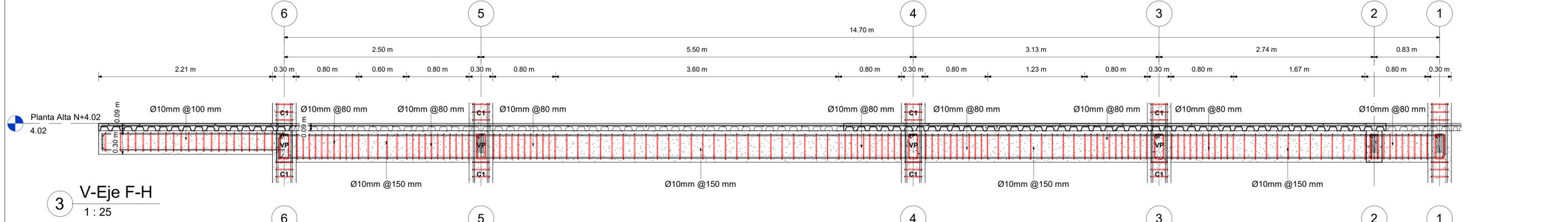
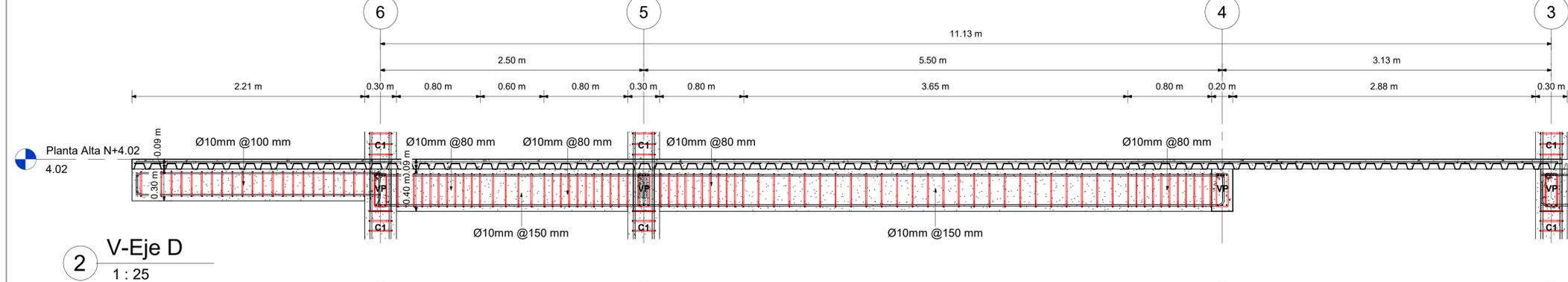
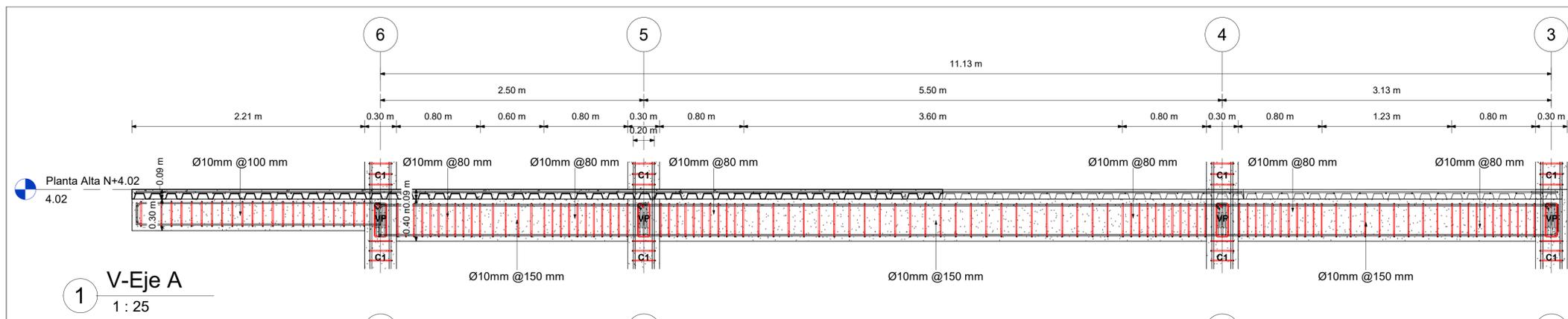


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN

CONTENIDO:
Vigas de Planta Alta Ejes 1-6

Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares		Lámina: E.3	Escala: Como se indica



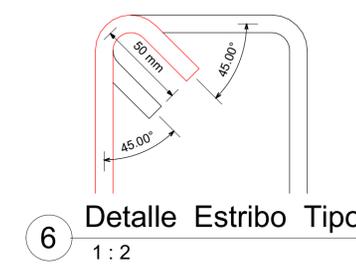
CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

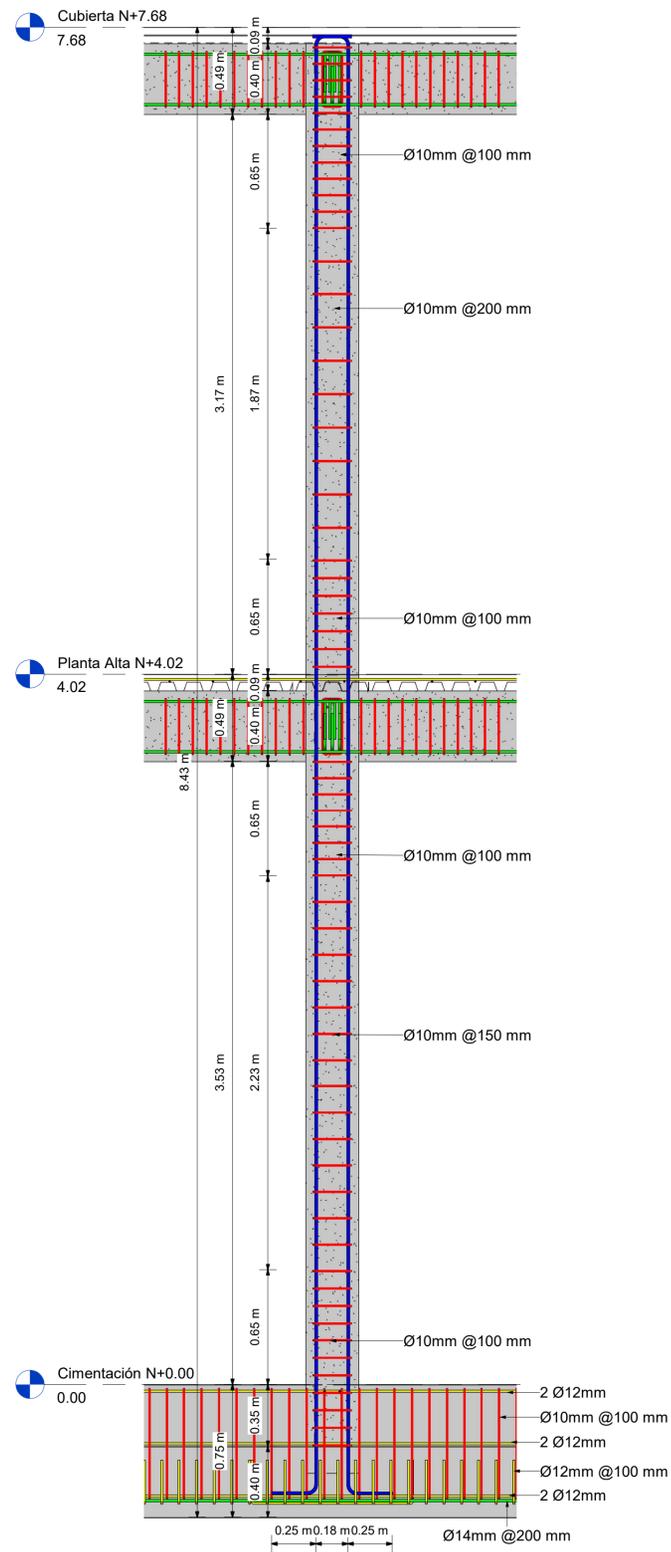
ACERO PARA CONCRETO:
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS:
-VIGAS Y COLUMNAS $R = 4 \text{ cm}$
-LOSA $R = 2 \text{ cm}$
-ZAPATAS $R = 7.5 \text{ cm}$
-MUROS DE CIMENTACIÓN $R = 4 \text{ cm}$

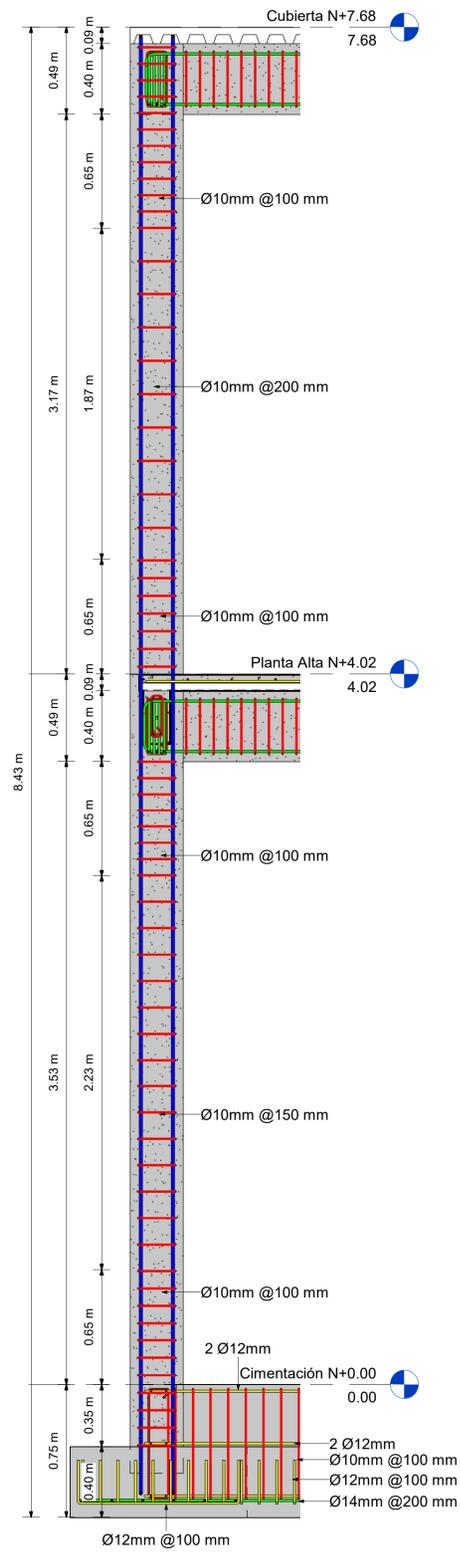
CONECTORES DE CORTE LOSA
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO



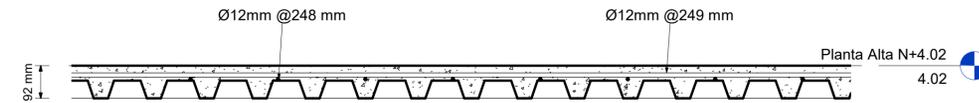
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN			
CONTENIDO: Vigas de Planta Alta Ejes A-H			
Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares		Lámina: E.4	Escala: Como se indica



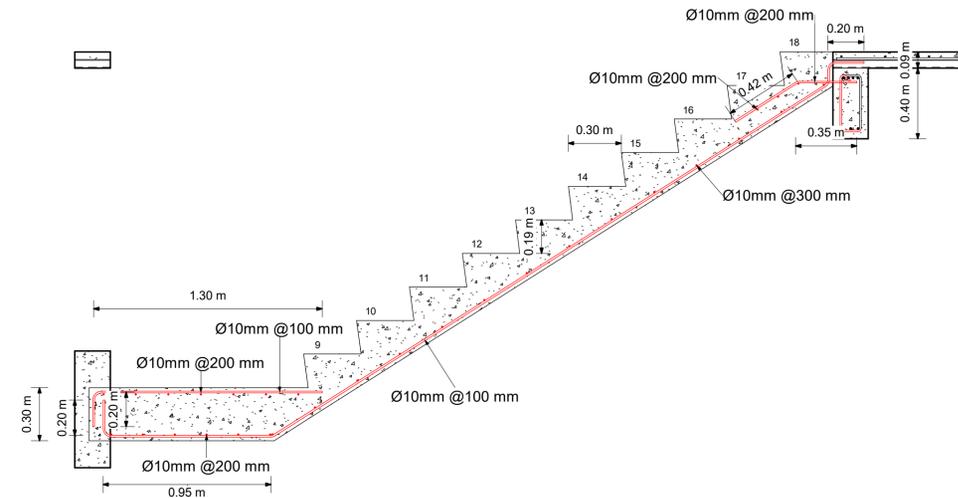
4 Detalle Columna Tipo
1 : 20



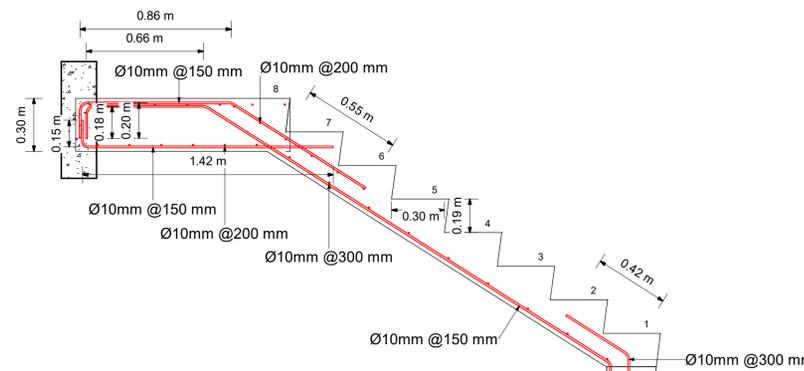
3 Detalle Columna Esquinera
1 : 20



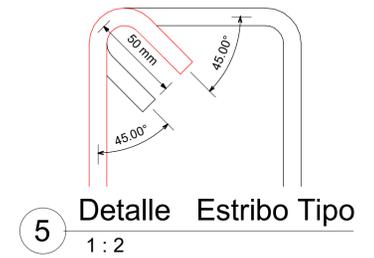
6 Detalle de Losa Tipo
1 : 10



2 Detalle Escalera P2
1 : 20



1 Detalle Escalera P1
1 : 20



5 Detalle Estribo Tipo
1 : 2

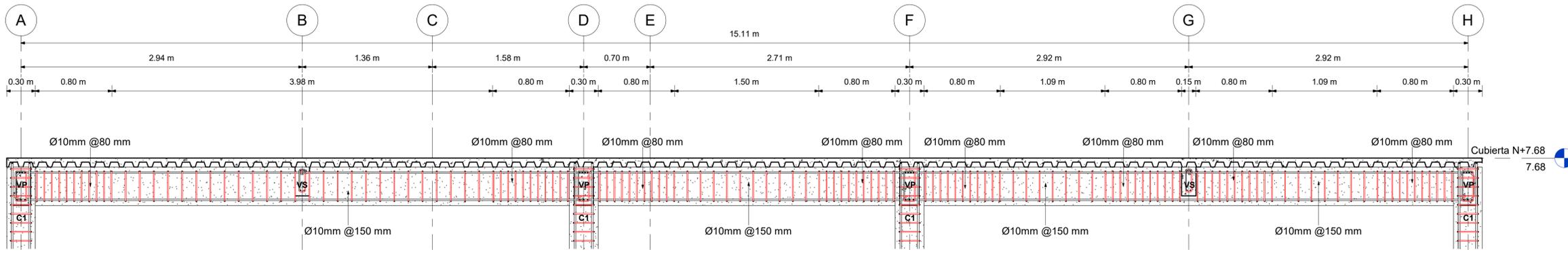
CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:	
CONCRETO:	
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO PARA CONCRETO:	
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO:	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
RECUBRIMENTOS:	
-VIGAS Y COLUMNAS	$R = 4 \text{ cm}$
-LOSA	$R = 2 \text{ cm}$
-ZAPATAS	$R = 7.5 \text{ cm}$
-MUROS DE CIMENTACIÓN	$R = 4 \text{ cm}$
CONECTORES DE CORTE LOSA	
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO	

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

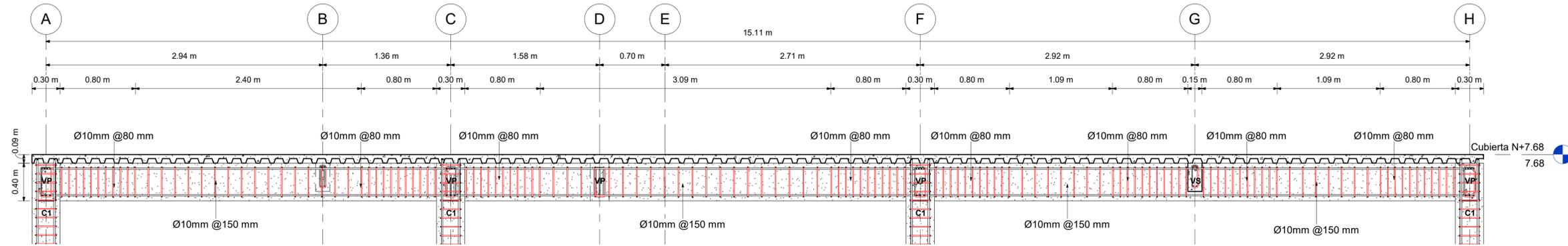
PROYECTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN

CONTENIDO:
Detalles de Columnas, Escalera y Losa

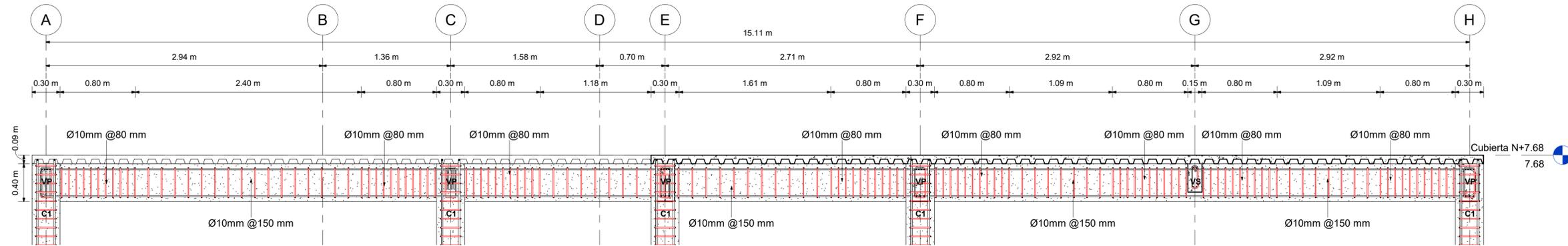
Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares		Lámina: E.5	Escala: Como se indica



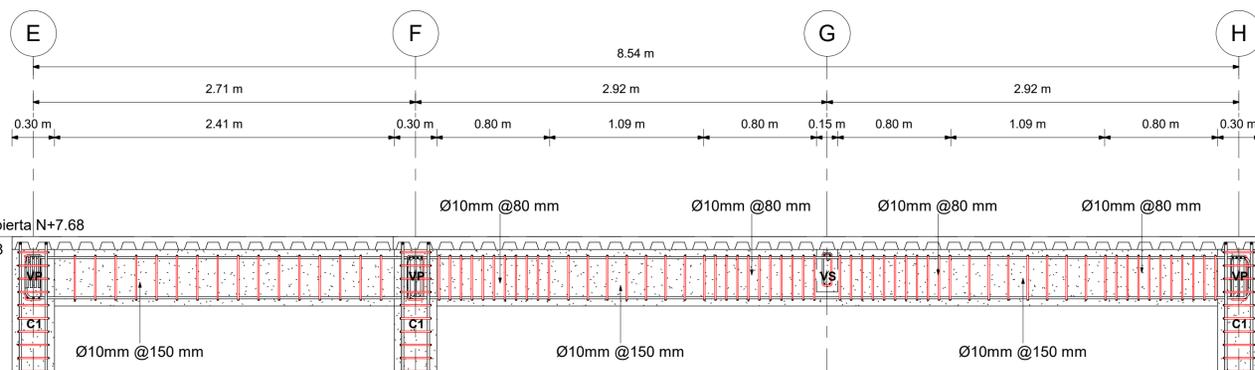
4 V-Eje 5-6 Cubierta
1 : 25



3 V-Eje 4 Cubierta
1 : 25



2 V-Eje 3 Cubierta
1 : 25



1 V-Eje 1-2 Cubierta
1 : 25

CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:

-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ACERO PARA CONCRETO:

-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO:

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

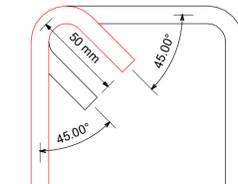
RECUBRIMIENTOS:

-VIGAS Y COLUMNAS
-LOSA
-ZAPATAS
-MUROS DE CIMENTACIÓN

R= 4 cm
R= 2 cm
R= 7.5 cm
R= 4 cm

CONECTORES DE CORTE LOSA

VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO



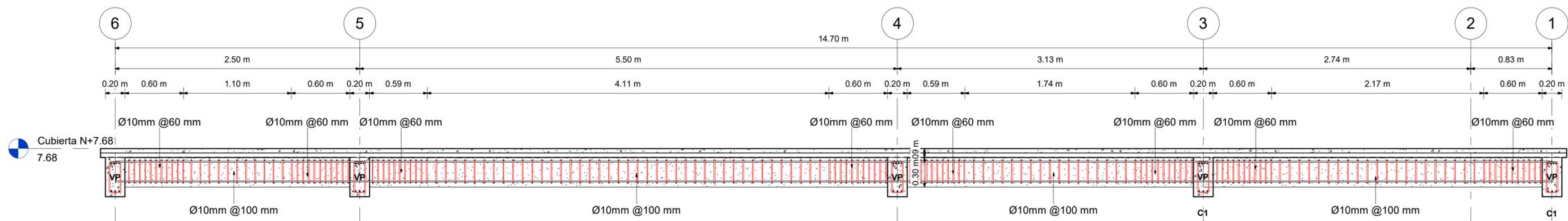
5 Detalle Estribo Tipo
1 : 2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

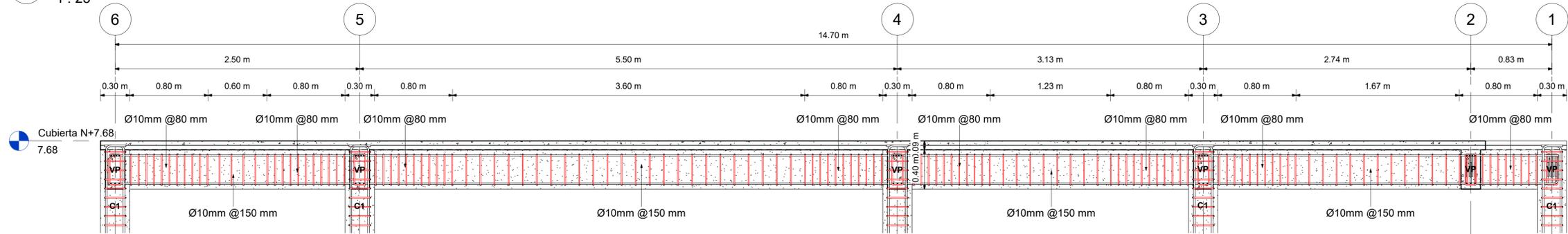
PROYECTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN

CONTENIDO:
Vigas de Cubierta Ejes 1-6

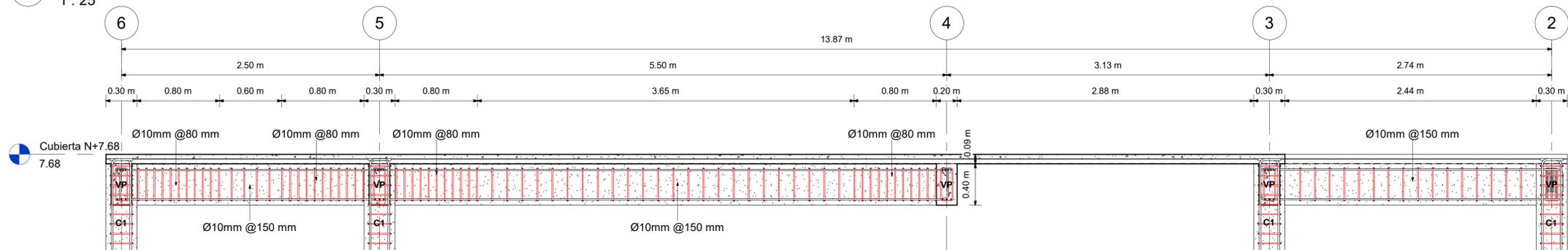
Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -Msc. Walter Hurtares -Msc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares	Lámina: E.7	Escala: Como se indica	



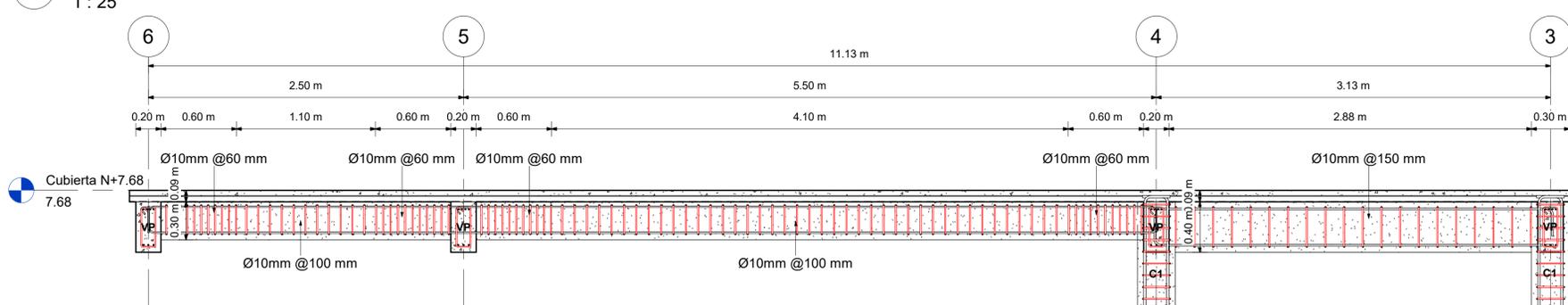
5 V.S.-Eje G Cubierta
1 : 25



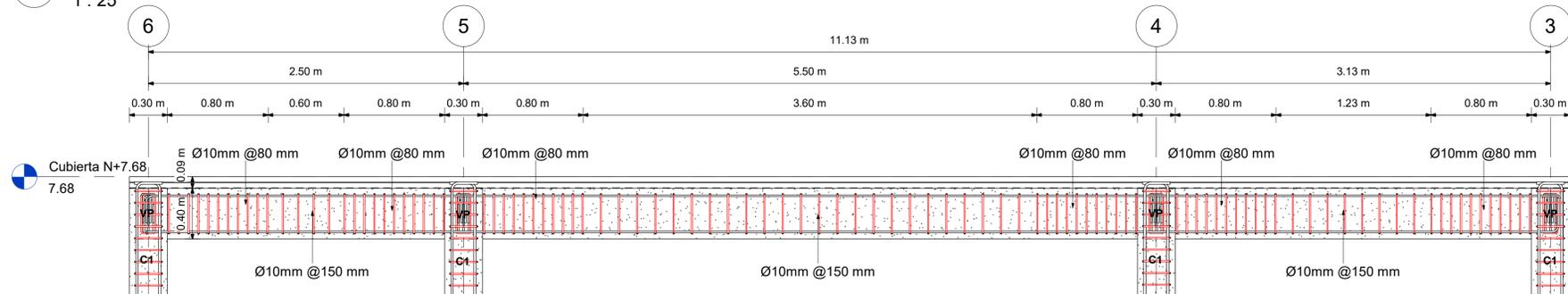
4 V-Eje F-H Cubierta
1 : 25



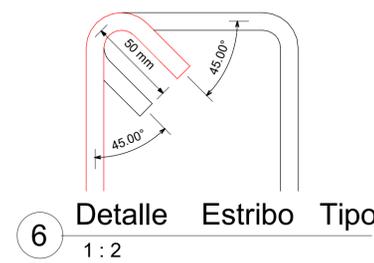
3 V-Eje D-E Cubierta
1 : 25



2 V-Eje B-C Cubierta
1 : 25



1 V-Eje A Cubierta
1 : 25



CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS:

CONCRETO:
-VIGAS, COLUMNAS, LOSA Y ZAPATAS $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ACERO PARA CONCRETO:
-ESFUERZO DE FLUENCIA DEL REFUERZO: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS:
-VIGAS Y COLUMNAS $R = 4 \text{ cm}$
-LOSA $R = 2 \text{ cm}$
-ZAPATAS $R = 7.5 \text{ cm}$
-MUROS DE CIMENTACIÓN $R = 4 \text{ cm}$

CONECTORES DE CORTE LOSA
VARILLA Ø10 mm ENTRE LAS PLACAS COLABORANTES DE ACERO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS EN SAMBORONDÓN

CONTENIDO:
Vigas de Cubierta Ejes A-H

Coordinador de Materia Integrador: PhD. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimiento Específicos: -MSc. Walter Hurtares -MSc. Francisco Grau -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Andrea Pinzón Falquez -Arianna Villarruel Salazar	Fecha de Entrega: 11 de Enero del 2022
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Walter Hurtares		Lámina: E.8	Escala: Como se indica

Apéndice B – Rubros

OBRA Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón
RUBRO 1 **UNIDAD** m²
DETALLE Desbroce y limpieza (incluye desalojo)

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% M.O)	5,00%				0,03
Seguridad industrial (5%M. O)	5,00%				0,03
SUBTOTAL EQUIPOS					0,06
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	2	3,66	7,32	0,02	0,15
Peón	6	3,62	21,72	0,02	0,43
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,58
P: MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Piolas, clavos, estacas	UNIDAD	1	0,56	0,56	
SUBTOTAL DE MATERIALES					0,56
Q: TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q				1,20
	COSTO INDIRECTO				20%
	OTROS COSTOS INDIRECTOS				0%
	PRECIO UNITARIO				1,44
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL				1,44

OBRA
RUBRO

Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón
2 **UNIDAD** m²

DETALLE

Replanteo y nivelación

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% M.O)	5,00%				0,01
Equipo de fotografía	1	3,75	3,75	0,04	0,15
SUBTOTAL EQUIPOS					0,16
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Topógrafo (Estruc. Oc. C1)	1	4,02	4,02	0,01	0,04
Cadenero	2	3,62	7,24	0,01	0,07
Inspector de obra	0,1	4,03	0,40	0,01	0,00
Carpintero (Estruc. Oc. C1)	0,3	3,68	1,104	0,01	0,01
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,13
P: MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Tira de eucalipto 2.50x250 cm rústica		u	0,3	0,85	0,26
Clavos de 2 " a 31/2"		kg	0,02	1,65	0,03
Piola		rollo	0,1	1,8	0,18
Estacas		u	0,3	0,15	0,05
Listón		u	0,25	2,5	0,63
SUBTOTAL DE MATERIALES					1,14
Q: TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q				1,42
	COSTO INDIRECTO				20% 0,28
	OTROS COSTOS INDIRECTOS				0% 0,00
	PRECIO UNITARIO				1,71
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL				1,71

OBRA Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón

RUBRO 9 **UNIDAD** m³

DETALLE Hormigón premezclado en columnas f'c=210 kg/cm² (incluye encofrado)

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% M.O)	5,00%				3,61
Seguridad industrial (5%M. O)	5,00%				3,61
Vibrador de manguera	1,30	4,06	5,28	1,07	5,63
Andamio	0,50	0,06	0,03	1,07	0,03
SUBTOTAL EQUIPOS					12,89
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Estruc. Ocup. E2)	7,00	3,62	25,33	1,07	27,02
Albañil (Estruc. Ocup. E2)	7,00	3,66	25,64	1,07	27,35
Ayudante en general	4,00	3,58	14,32	1,07	4,88
Maestro de obra (Estruc. Ocup. C1)	0,30	4,06	1,22	1,07	1,30
Carpintero	3,00	3,66	10,99	1,07	11,72
SUBTOTAL MANO DE OBRA					72,28
P: MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm2	m3	1,00	119,52	119,52	
Encofrado madera o metal	m2	6,85	3,91	26,81	
Cuartones de encofrado	u	3,00	2,71	8,12	
Clavos de 2 " a 31/2"	kg	0,50	1,55	0,78	
SUBTOTAL DE MATERIALES				155,22	
Q: TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Transporte hormigón	kg/km	15,75	0,01	0,1575	
Transporte de madera	u/km	0,72	0,4	0,288	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE				0,4455	
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q			240,84	
	COSTO INDIRECTO			20% 48,17	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS			0% 0,00	
	PRECIO UNITARIO			289,01	
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL			289,01	

OBRA Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón

RUBRO 13 **UNIDAD** m³

DETALLE Losa de entrepiso f'c=210 kg/cm² e=4.8 cm (incluye encofrado)

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% M.O)	5,00%				1,47
Seguridad industrial (5%M.O)	5,00%				1,47
Vibrador de manguera	1,00	4,06	4,06	0,80	3,25
Bomba estacionaria	1,00	12,62	12,62	0,80	10,10
Taladro eléctrico	1,00	0,9	0,90	0,80	0,72
SUBTOTAL EQUIPOS					17,00
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Estruc. Ocup. E2)	6,00	3,62	21,71	0,80	17,37
Albañil (Estruc. Ocup. E2)	1,00	3,66	3,66	0,80	2,93
Fierrero (Estruc.Ocp. D2)	1,00	3,66	3,66	0,80	2,93
Maestro de obra (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,06	4,06	0,80	3,25
Carpintero	1,00	3,66	3,66	0,80	2,93
SUBTOTAL MANO DE OBRA					29,40
P: MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Hormigón premezclado f'c=210 kg/cm ²		m ³	0,07	119,52	8,37
Metaldeck Acesco e=49mm		m ²	1,05	12,11	12,72
Malla electros. D=8mm. (15x15)		m ²	1,05	4,7	4,94
Alambre Recocido # 18		kg	0,0315	2,046	0,06
Tablas de Encofrado semidura		u	0,146	4,5	0,66
Cuartón semiduro		u	0,03	2,6	0,08
SUBTOTAL DE MATERIALES					26,82
Q: TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Transporte hormigón		kg/km	15,75	0,01	0,1575
Transporte de losa Acesco		u/km	1,05	0,084	0,0882
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0,2457
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q				73,47
	COSTO INDIRECTO				20%
	OTROS COSTOS INDIRECTOS				0%
	PRECIO UNITARIO				88,16
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL				88,16

OBRA Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón

RUBRO 15 **UNIDAD** kg

DETALLE Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO0 HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% M.O)	5,00%				0,01
Seguridad industrial (5%M. O)	5,00%				0,01
Cortadora dobladora de hierro	1,00	0,51	0,51	0,02	0,01
SUBTOTAL EQUIPOS					0,03
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,62	7,24	0,01	0,07
Ferrero (Estruc. Ocup.D2)	3,00	3,66	10,98	0,01	0,11
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,18
P: MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Alambre galvanizado #18	kg	0,05	2,54	0,13	
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	1,05	0,81	0,85	
SUBTOTAL DE MATERIALES				0,98	
Q: TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE				0	
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q			1,19	
	COSTO INDIRECTO			20% 0,24	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS			0% 0,00	
	PRECIO UNITARIO			1,43	
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL			1,43	

OBRA Diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Samborondón

RUBRO 16 **UNIDAD** m²

DETALLE Losa de cubierta Metaldeck Acesco

M: EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O	5,00%				1,03
SUBTOTAL EQUIPOS					1,03
N: MANO DE OBRA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,62	14,47	0,80	11,58
Albañil (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,66	3,66	0,80	2,93
Maestro de obra (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,06	4,060	0,80	3,25
Ferrero (Estr. Ocup. D2)	1,00	3,66	3,660	0,80	2,93
SUBTOTAL MANO DE OBRA					20,68
P: MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Metaldeck Acesco e=49mm	m2	1,05	12,11	12,72	
Separador tipo torre 25mm - Ideal Alambrec	u	4,00	0,15	0,60	
SUBTOTAL DE MATERIALES				13,32	
Q: TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Transporte de plancha Metaldeck Acesco	u/km	1,05	0,08	0,09	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE				0,0882	
ELABORADO:	COSTO DIRECTO: M+N+P+Q				35,12
	COSTO INDIRECTO 20%				7,02
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0%				0,00
	PRECIO UNITARIO				42,15
	PRECIO UNITARIO REFERENCIAL				42,15

Apéndice C – Diagrama de Gantt

