

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Rediseño de una estructura de tres niveles conformada por distintos tipos de muros estructurales ubicada en la urbanización Villa Club.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

José Gregorio Martínez Herrera

Laura Nathaly Villamar Quishpe

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

## DEDICATORIA

A mi madre,

Alicia Quishpe, quien me ha apoyado durante este largo camino y me ha permitido cumplir mis objetivos.

A mi padre,

Galo Villamar, quien me ha enseñado sobre el sacrificio de la vida y me ha ayudado a seguir adelante.

A mi pareja,

Miguel Licea, por ser mi compañero de vida, por sus consejos y apoyo incondicional.

**Laura Villamar Quishpe**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por darme salud, sabiduría y fuerza para continuar mi carrera profesional.

A mi familia, por sus consejos y apoyo que han permitido alcanzar esta meta.

A los docentes, por sus conocimientos y enseñanzas.

A mi amigo y compañero, José Martínez, por su apoyo durante este proyecto y toda la carrera.

**Laura Villamar Quishpe**

## DEDICATORIA

A mis padres,

Gregorio Alfredo Martínez y Georgina Magali Herrera, quienes han sido mi pilar en la vida, los que me han apoyado y guiado en todo momento para ser un hombre de bien.

A mis hermanos,

Quienes me han acompañado durante cada etapa de mi vida, animándome y ayudándome durante cada etapa de mi vida.

A mi abuela,

Beatriz Perea, quien siempre me aconsejó en esta vida y velaba por mi bienestar, sé que desde el cielo está feliz por mis logros en la vida.

**José Martínez Herrera**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Agradezco a Dios**, por bendecirme en todo momento, por brindar salud, felicidad en mi hogar y sabiduría para poder tomar buenas decisiones.

**A mi familia**, por acompañarme y apoyarme siempre, por nunca desestimar mi esfuerzo y animarme a dar pasos firmes.

**A mis profesores**, por cada enseñanza brindada durante mi carrera académica.

**A mis amigas y compañeras**, Kimberly Peñaloza y Andrea Castillo, quienes me han acompañado a lo largo de mi carrera universitaria y han sido un apoyo en buenos y malos momentos.

**A mi amigo**, Ing. Wilmer Márquez quien fue un gran tutor en mis inicios laborables.

**A mi amiga y compañera**, Laura Villamar, por su apoyo durante este proyecto de tesis y en toda la carrera.


**A mis amigos y compañeros de la carrera**, con quienes he atravesado este proceso académico, lleno de esfuerzo y lucha.

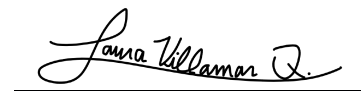
**José Martínez Herrera**

## Declaración Expresa

---

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Gregorio Martínez Herrera* y *Laura Nathaly Villamar Quishpe* 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"

  
José Gregorio  
Martínez Herrera

  
Laura Nathaly  
Villamar Quishpe

## **EVALUADORES**

---

**Lenin Alexander Dender Aguilar**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Carlos Paul Quishpe Otacoma**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto involucra la reevaluación estructural y la implementación de un mezanine en una vivienda ubicada en Villa Club, Samborondón. El objetivo principal de este proyecto es analizar exhaustivamente la estructura en su estado actual, misma que cuenta con varios tipos de muros estructurales en su configuración, de forma que mediante el estudio y análisis de su sistema estructural se refuercen aquellas zonas que lo necesiten para obtener espacio más eficiente, funcional y seguro. Para ello, se emplearon diversos enfoques y técnicas. Se realizó un análisis manual inicial basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), complementado por el uso de software de cálculo estructural en donde también se modeló cada tipo de muro estructural para conocer su aporte y comportamiento. A su vez, se hizo uso del software REVIT para desarrollar los planos estructurales detallados, permitiendo una visualización precisa y una comprensión profunda de la nueva implementación y configuración estructural. Se obtuvo una redistribución efectiva del espacio mediante la implementación del mezanine y al mismo tiempo se reforzó las zonas requeridas mediante muros estructurales y arriostramientos, lo que aumentó la utilidad de la vivienda sin comprometer su seguridad. Los planos estructurales se ajustaron a las normativas requeridas y presentaron una solución sólida desde el punto de vista estructural. El proyecto tiene un costo estimado de \$15,400 con una duración de 43 días laborables desde el inicio de su construcción. La combinación de análisis manual, software de cálculo y el uso de REVIT permitió obtener resultados coherentes y seguros.

**Palabras Clave:** Reevaluación Estructural, Mezanine, Muros Estructurales, NEC



## ***ABSTRACT***

The present project involves the structural reevaluation and implementation of a mezzanine in a residence located in Villa Club, Samborondón. The main objective of this project is to thoroughly analyze the current state of the structure, which includes various types of structural walls in its configuration. Through the study and analysis of its structural system, the aim is to reinforce areas that require it in order to achieve a more efficient, functional, and secure space. Various approaches and techniques were employed for this purpose. An initial manual analysis was conducted based on the Ecuadorian Construction Standard (NEC), supplemented by the use of structural calculation software, where each type of structural wall was also modeled to understand its contribution and behavior. Additionally, REVIT software was utilized to develop detailed structural plans, allowing for precise visualization and deep comprehension of the new implementation and structural configuration. Effective space redistribution was achieved through the mezzanine implementation, while the required areas were reinforced using structural walls and bracing, enhancing the utility of the residence without compromising its safety. The structural plans adhered to the necessary regulations and presented a robust structural solution. The project is estimated to cost \$15,400 and has a duration of 43 working days from the start of construction. The combination of manual analysis, calculation software, and the use of REVIT enabled the attainment of coherent and secure results.

Keywords: Structural Reevaluation, Mezzanine, Structural Walls, NEC

# ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS .....	VIII
SIMBOLOGÍA .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE PLANOS .....	XV
CAPÍTULO 1 .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Presentación general del problema .....	2
1.3 Justificación del problema .....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO 2 .....	5
2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
2.1 Revisión de literatura.....	5
2.1.1 Marco teórico .....	5
2.1.1.1 Diseño sísmico en Ecuador .....	5
2.1.1.2 Tipos de estructuras .....	5
2.1.1.3 Hormigón y acero .....	6
2.1.2 Metodología .....	7
2.1.2.1 Evaluación de la estructura existente .....	7
2.1.2.2 Determinar requerimientos de diseño.....	7
2.1.2.3 Modelado de la estructura .....	8

2.1.2.4	Análisis estructural .....	8
2.1.2.5	Combinaciones de cargas .....	8
2.1.2.6	Diseño del mezanine .....	9
2.1.2.7	Refuerzo estructural .....	9
2.1.3	Documentación .....	9
2.2	Área de estudio .....	10
2.2.1	Localización .....	10
2.2.2	Disposición arquitectónica .....	10
2.2.3	Estructura de la vivienda .....	11
2.2.4	Uso de la edificación .....	11
2.2.5	Población .....	11
2.3	Trabajo de campo y laboratorio .....	11
2.4	Análisis de datos .....	14
2.5	Análisis de alternativas .....	16
2.5.1	Muros .....	16
2.5.1.1	Mampostería reforzada (A) .....	16
2.5.1.2	Muro enchapado – [4 cm – 6cm] (B) .....	16
2.5.1.3	Muro de hormigón armado (C) .....	16
2.5.2	Mezanine .....	16
2.5.2.1	Fibrocemento (A) .....	16
2.5.2.2	Steel Deck (B) .....	16
2.5.2.3	Estructura de Madera (C) .....	17
2.6	Criterios de evaluación .....	17
2.7	Ponderación de los criterios de evaluación .....	17
2.8	Evaluación de las alternativas .....	18
2.8.1	Muros .....	18

2.8.2	Mezanine .....	20
2.9	Selección de alternativas.....	21
CAPÍTULO 3	.....	23
3	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	23
3.1	Consideraciones de diseño .....	23
3.1.1	Cálculo de cargas .....	23
3.1.1.1	Carga muerta .....	23
3.1.1.2	Carga viva .....	25
3.1.2	Sismo.....	25
3.1.2.1	Factor Z.....	25
3.1.2.2	Coeficientes Fa, Fd, Fs .....	26
3.1.2.3	Razón de amplificación espectral, coeficiente de importancia y factor r .....	27
3.1.3	Periodo fundamental (T) .....	27
3.1.4	Método puntal equivalente para mampostería en modelado .....	28
3.1.4.1	Puntal equivalente en pórticos rellenos .....	28
3.1.4.2	Puntal equivalente en pórticos rellenos con aberturas .....	29
3.1.5	Modelado de la estructura.....	31
3.1.5.1	Materiales.....	32
3.1.5.2	Distribución de muros estructurales .....	32
3.1.5.3	Distribución muros mampostería simple.....	33
3.1.5.4	Espectro de respuesta inelástico.....	36
3.1.5.5	Masa sísmica reactiva .....	39
3.1.6	Verificaciones (modelo inicial).....	39
3.1.6.1	Periodo de vibración.....	39
3.1.6.2	Masa participativa.....	40

3.1.6.3	Análisis dinámico.....	40
3.1.6.4	Derivas .....	41
3.1.6.5	Vigas principales .....	42
3.1.6.6	Nervios de entrepiso.....	43
3.1.6.7	Columnas .....	43
3.1.6.8	Muros estructurales .....	44
3.1.7	Verificaciones (modelo final).....	44
3.1.7.1	Periodo de vibración.....	45
3.1.7.2	Masa participativa.....	45
3.1.7.3	Análisis dinámico.....	46
3.1.7.4	Derivas .....	46
3.1.7.5	Vigas principales .....	47
3.1.7.6	Nervios .....	47
3.1.7.7	Refuerzo Tensores .....	48
3.1.7.8	Columnas .....	48
3.1.7.9	Muros estructurales .....	49
3.2	Especificaciones técnicas.....	49
4	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	77
4.1	Objetivos.....	77
4.1.1	Objetivo General .....	77
4.1.2	Objetivos Específicos.....	77
4.2	Descripción del proyecto .....	77
4.2.3	Materiales de muros estructurales .....	78
4.2.3.1	Bloque de hormigón .....	78
4.2.3.2	Acero estructural .....	79
4.2.3.3	Hormigón.....	79

4.2.4	Materiales de mezanine .....	80
4.2.4.1	Madera .....	80
4.2.4.2	Planchas de fibrocemento .....	81
4.2.4.3	Acero galvanizado .....	81
4.3	Línea base ambiental .....	82
4.4	Actividades del proyecto.....	82
4.4.1	Fase de adquisición de materia prima .....	82
4.4.2	Fase de construcción.....	82
4.4.3	Fase de operación .....	83
4.4.4	Fase de abandono .....	83
4.5	Identificación de impactos ambientales .....	83
4.6	Valoración de impactos ambientales .....	88
4.7	Medidas de prevención/mitigación .....	93
4.7.1	Proceso de soldadura .....	93
4.7.2	Hormigón .....	94
4.7.3	Encofrado.....	94
4.8	Conclusiones .....	94
5	PRESUPUESTO .....	95
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo .....	95
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios .....	98
5.3	Descripción de cantidades de obra .....	115
5.4	Valoración integral del costo del proyecto .....	116
5.5	Cronograma de obra .....	117
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	119
	BIBLIOGRAFÍA .....	121

## **ABREVIATURAS**

ASTM	American Society for Testing and Materials
NEC	Normativa Ecuatoriana de la Construcción
ACI	American Concrete Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

## SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
$F_a$	Coefficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto
$f_b$	Resistencia a la compresión del bloque
$F_d$	Coefficiente de amplificación de ordenadas para diseño en roca
$f_{mr}$	Resistencia a la compresión del mortero
$f_c$	Resistencia a la compresión de relleno en el caso de usarse bloque hueco
$f'_m$	Resistencia a la compresión de mampostería simple
$F_s$	Coefficiente de comportamiento no lineal de los suelos
L	Sobrecarga (Carga viva)
$L_r$	Sobrecarga de cubierta (Carga viva)
MJ	Mega Joule
m	Metro
R	Factor de reducción de resistência sísmica
$S_a$	Carga de granizo
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de Localización [Martínez & Villamar, 2023].....	10
Figura 2.2 Plano de fachada vista frontal [Quishpe, 2022] .....	12
Figura 2.3 Plano vista planta baja [Quishpe, 2022].....	13
Figura 2.4 Plano vista planta alta [Quishpe, 2022].....	13
Figura 2.5 Vista fachada frontal - visita al sitio [Martínez & Villamar, 2023].....	14
Figura 2.6 Vista en Planta – Secciones de Muros [Martínez & Villamar, 2023] .....	15
Figura 2.7 Escala de evaluación [Martínez & Villamar, 2023].....	17
Figura 2.8 Resumen de resultados – Muro Sección 2 [Martínez & Villamar, 2023] ...	21
Figura 2.9 Resumen de resultados – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023] .....	22
Figura 3.1 Mapa de zona sísmica de Ecuador, valor Z (NEC-SE-DS, 2015).....	25
Figura 3.2 Espectro elástico de respuesta sísmica [Martínez & Villamar, 2023].....	27
Figura 3.3 Puntal equivalente en mampostería sin huecos (Juan Osorio, 2019).....	29
Figura 3.4 Puntal equivalente en mampostería con aberturas (Gomez, 2020).....	30
Figura 3.5 Modelo matemático (evaluación inicial) [Martínez & Villamar, 2023] .....	31
Figura 3.6 Vista en planta de estructura Piso Alto [Martínez & Villamar, 2023] .....	32
Figura 3.7 Elementos Shell (muros estructurales) [Martínez & Villamar, 2023] .....	33
Figura 3.8 Modelado de edificación con puntales equivalentes [Martínez & Villamar, 2023].....	35
Figura 3.9 Vista lateral de edificación, modelo matemático [Martínez & Villamar, 2023] .....	35
Figura 3.10 Espectro de respuesta inelástico [Martínez & Villamar, 2023] .....	39
Figura 3.11 $T=0.386$ Periodo de la estructura [Martínez & Villamar, 2023] .....	40
Figura 3.12 Demanda Capacidad (DCR) en vigas principales [Martínez & Villamar, 2023].....	42
Figura 3.13 DCR Nervios de entrepiso [Martínez & Villamar, 2023] .....	43
Figura 3.14 DCR Columnas [Martínez & Villamar, 2023].....	43
Figura 3.15 Esfuerzos generados en los muros, sentido X e Y (Ton/m <sup>2</sup> ) [Martínez & Villamar, 2023].....	44
Figura 3.16 Periodo de la estructura $T=0.182s$ [Martínez & Villamar, 2023].....	45

Figura 3.17 DCR Vigas principales primer y segundo entrepiso [Martínez & Villamar]	47
Figura 3.18 DCR Nervios Mezanine [Martínez & Villamar, 2023]	47
Figura 3.19 DCR Columnas [Martínez & Villamar, 2023]	48
Figura 3.20 Esfuerzos generados en los muros, sentido X-Y (Kg/cm <sup>2</sup> ) [Martínez & Villamar, 2023]	49
Figura 4.1 Matriz de ciclo de vida – Bloque de hormigón [Rubiano Martínez, 2022]	78
Figura 4.2 Diagrama de barras de impactos negativos [Martínez & Villamar, 2023]	92
Figura 4.3 Diagrama de barras de impactos positivos [Martínez & Villamar, 2023]	93
Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo [Martínez & Villamar, 2023]	95
Figura 5.2 EDT – Diseño [Martínez & Villamar, 2023]	95
Figura 5.3 EDT – Cuantificación [Martínez & Villamar, 2023]	96
Figura 5.4 EDT – Construcción [Martínez & Villamar, 2023]	97
Figura 5.5 EDT – Entregables [Martínez & Villamar, 2023]	97
Figura 5.6 Cronograma de obra [Martínez & Villamar, 2023]	118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Combinaciones de Cargas [NEC-SE-CG, 2015, p.19].....	9
Tabla 2.2 Disposición Arquitectónica en planta [Martínez & Villamar, 2023] .....	10
Tabla 2.3 Valoración de alternativas de muro Sección 2 [Martínez & Villamar, 2023]	18
Tabla 2.4 Valoración de alternativas de mezanine [Martínez & Villamar, 2023] .....	20
Tabla 3.1 Densidad de los materiales [Martínez & Villamar, 2023].....	23
Tabla 3.2 Cargas muertas generales [Martínez & Villamar, 2023].....	24
Tabla 3.3 Carga muerta de entrepiso [Martínez & Villamar, 2023] .....	24
Tabla 3.4 Carga muerta de cubierta [Martínez & Villamar, 2023] .....	24
Tabla 3.5 Tipo de suelo y Factores de sitio Fa (NEC-SE-DS, 2015) .....	26
Tabla 3.6 Tipo de suelo y Factores de sitio Fd (NEC-SE-DS, 2015) .....	26
Tabla 3.7 Tipo de suelo y Factores Fs (NEC-SE-DS, 2015).....	26
Tabla 3.8 Coeficiente Ct [NEC-SE-DS, 2015].....	28
Tabla 3.9 Valor de R2 por condición de mampostería (Al-Chaar, 2002).....	30
Tabla 3.10 Materiales asignados [Martínez & Villamar, 2023].....	32
Tabla 3.11 Dimensión y ubicación de muros estructurales [Martínez & Villamar, 2023] .....	33
Tabla 3.12 Puntal equivalente en mampostería sin hueco [Martínez & Villamar, 2023] .....	34
Tabla 3.13 Puntal equivalente en mampostería con hueco [Martínez & Villamar, 2023] .....	35
Tabla 3.14 Coeficiente R en estructuras de ductilidad limitada [NEC-SE-DS, 2015].	36
Tabla 3.15 Coeficiente de irregularidad en elevación [NEC-SE-DS, 2015].....	37
Tabla 3.16 Coeficientes de irregularidad en planta [NEC-SE-DS, 2015].....	37
Tabla 3.17 Modal Load Participation Ratios - SAP2000 .....	40
Tabla 3.18 Corrección de cortante [Martínez & Villamar, 2023].....	41
Tabla 3.19 Derivas dirección X [Martínez & Villamar, 2023] .....	41
Tabla 3.20 Derivas dirección Y [Martínez & Villamar, 2023] .....	41
Tabla 3.21 Modal Load Participation Ratios - SAP2000 .....	45
Tabla 3.22 Derivas dirección X [Martínez & Villamar, 2023] .....	46
Tabla 3.23 Derivas dirección Y [Martínez & Villamar, 2023] .....	46

Tabla 4.1 Valores típicos de la galvanización de un kilogramo de acero [ISO 1461].	81
Tabla 4.2 Modelo de matriz de Leopold .....	83
Tabla 4.3 Valoración Cualitativa [Tito, 2020] .....	84
Tabla 4.4 Pesos para evaluación de I [Martínez & Villamar, 2023].....	84
Tabla 4.5 Matriz de impacto ambiental – Muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023].....	85
Tabla 4.6 Matriz de impacto ambiental – Mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023].....	86
Tabla 4.7 Matriz de impacto ambiental – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023].....	87
Tabla 4.8 Escala de valoración cualitativa [Tito, 2020] .....	88
Tabla 4.9 Matriz de valoración de impacto ambiental - Muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023].....	89
Tabla 4.10 Matriz de valoración de impacto ambiental – Mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023].....	90
Tabla 4.11 Matriz de valoración de impacto ambiental – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023].....	91
Tabla 5.1 Listado de Rubros [Martínez & Villamar, 2023].....	98
Tabla 5.2 001- Anclaje con varilla – inyección de resina mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023].....	99
Tabla 5.3 002 - Anclaje con varilla – inyección de resina muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023].....	100
Tabla 5.4 003 – Acero de refuerzo 8-10mm $f_y=4200$ kgf/cm <sup>2</sup> [Martínez & Villamar, 2023].....	101
Tabla 5.5 004 – Acero de refuerzo 5.5mm $f_y=4200$ kgf/cm <sup>2</sup> [Martínez & Villamar, 2023] .....	102
Tabla 5.6 005 – Bloque alivianado 7x20x40 [Martínez & Villamar, 2023] .....	103
Tabla 5.7 006 – Hormigón para una mampostería reforzada $f'c=180$ kgf/cm <sup>2</sup> [Martínez & Villamar, 2023].....	104
Tabla 5.8 007 – Hormigón para muro de hormigón armado $f'c=180$ kgf/cm <sup>2</sup> [Martínez & Villamar, 2023].....	105
Tabla 5.9 008 – Montaje de perfiles A36 [Martínez & Villamar, 2023] .....	106

Tabla 5.10 009 – Instalación de plancha de fibrocemento [Martínez & Villamar, 2023] .....	107
Tabla 5.11 010 – Montaje de tensores e incremento de sección A36 [Martínez & Villamar, 2023].....	108
Tabla 5.12 011 – Enlucido de mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023]	109
Tabla 5.13 012 – Enlucido de muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023] .....	110
Tabla 5.14 013 – Encofrado y desencofrado de muro [Martínez & Villamar, 2023].	111
Tabla 5.15 014 – Empaste de paredes (dos manos) [Martínez & Villamar, 2023] ...	112
Tabla 5.16 015 – Pintura de paredes [Martínez & Villamar, 2023].....	113
Tabla 5.17 016 – Instalación de cerámica 30x30 [Martínez & Villamar, 2023].....	114
Tabla 5.18 Presupuesto planificado [Martínez & Villamar, 2023].....	116
Tabla 5.19 Costo por metro cuadrado [Martínez & Villamar, 2023] .....	117

# ÍNDICE DE PLANOS

- A101 Vistas en Planta
- A102 Sección y Detalle
- A103 Fachadas
- A104 Muro de Mampostería Reforzada
- A105 Muro de Hormigón Armado
- A106 Mezanine
- A107 Refuerzos

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Ecuador es un país con alta probabilidad sísmica debido a que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico. En los últimos 460 años, se han detectado en Ecuador un gran número de sismos de magnitud considerable (Cabezas, 2016), siendo uno de los más catastróficos el sismo del 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7.18 Mw.

El Cinturón de Fuego es una extensa área de aproximadamente 40.000 kilómetros de longitud, donde múltiples placas oceánicas están desplazándose por debajo de las placas continentales de Asia y América debido a su proximidad. La consecuencia de esta interacción es la generación de actividad sísmica y volcánica, lo cual representa un potencial peligro para la vida de cientos de millones de personas que residen en alrededor de 40 países distintos (National Geographic, 2023).

Las edificaciones que se encuentran construidas en Ecuador están diseñadas con sistema aporticado, sin embargo, en el presente proyecto se presenta una vivienda conformada por distintos tipos de muros estructurales debido que este sistema constructivo alterno presente gran capacidad sísmica.

Los muros estructurales presentan varias ventajas, los edificios con este tipo de muros poseen alta rigidez lo cual les permite tener periodos cortos en comparación con aquellos a base de pórticos resistentes a momento. A su vez, debido a su gran rigidez y a la buena capacidad de deformación presentan un buen comportamiento ante sismos moderados (Alcocer, s.f.).

Existe una variedad de sistemas de muros estructurales con comportamientos diversos, los cuales están influenciados por su relación de esbeltez, la disposición

de sus rigideces en planta y altura, y la magnitud de las cargas laterales y de gravedad que deben soportar. Estos sistemas pueden emplearse como muros aislados, situados en la periferia de los edificios, o como núcleos rígidos. También se utilizan como muros acoplados a través de vigas de gran peralte en comparación con su longitud (dinteles) o interactuando con pórticos, actuando como sistemas duales (Monsalve Dávila, 2005).

## **1.2 Presentación general del problema**

En la urbanización Villa Club ubicada en La Aurora, Samborondón, provincia del Guayas, se está construyendo una edificación con diferentes muros de corte. Las necesidades actuales han cambiado y se requiere de la implementación de un mezanine, por lo que es necesario realizar una evaluación estructural y de ser el caso proponer un reforzamiento que garantice la estabilidad de la estructura actual con el nuevo mezanine.

Se debe tener en consideración que la no verificación del diseño de la estructura con la implementación del mezanine puede generar diversos conflictos o problemas. Existiría un riesgo de seguridad considerable ya que, si no se realiza una evaluación y un refuerzo adecuados, la estructura podría no soportar las cargas adicionales del mezanine, lo que pone en peligro la seguridad de las personas.

Además, al existir demandas mayores a la capacidad de la estructura para soportar dichas cargas, puede ocasionar daños a la propiedad existente. Conllevando a reparaciones muy costosas a futuro, lo cual resulta altamente inconveniente.

Por último, la falta de cumplimiento de las normas de construcción puede tener consecuencias legales negativas, como sanciones, así como retrasos en el proyecto y dificultades para obtener los permisos y certificaciones necesarios



### **1.3 Justificación del problema**

Resolver el problema y garantizar la estabilidad de la estructura existente tienen varias ventajas. En términos de seguridad, al certificar la estabilidad de la estructura existente, se evitan posibles colapsos o fallas estructurales que podrían poner en peligro a las personas que hacen uso del edificio.

Por otro parte, se logra un aprovechamiento eficiente del espacio disponible, es decir, la doble altura con la que cuenta la estructura implica agregar un área adicional para diversas actividades.

Otra ventaja importante es el valor agregado que se le otorga a la propiedad. Un mezanine bien diseñado y estructuralmente sólido aumenta el valor y el atractivo del inmueble brindando funcionalidad adicional que puede generar potenciales beneficios económicos.

Es de suma importancia resolver el problema y garantizar la estabilidad de la estructura existente, ya que esto no solo ofrece seguridad, aprovechamiento eficiente del espacio y valor agregado a la propiedad, sino que también evita riesgos para sus habitantes y aledaños, daños a la propiedad y problemas legales y regulatorios.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Rediseñar una edificación de uso residencial que cuenta con distintos tipos de muros estructurales, a través del uso de softwares de cálculo y diseño, para la implementación de un mezanine que garantice un correcto comportamiento sísmico.

## **Preguntas**

1. ¿Cómo se llevará a cabo la evaluación estructural de la edificación para determinar su capacidad actual?
2. ¿Cuáles son las normativas y tipos de análisis que se deben seguir para garantizar un diseño óptimo y un adecuado funcionamiento de la estructura?
3. ¿Cómo se garantiza la correcta operación y gestión del proyecto en su etapa de construcción?

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Evaluar la estructura existente con doble altura mediante el uso de softwares especializados que determine la capacidad actual de cada elemento estructural.
2. Diseñar el sistema estructural más adecuado que dé soporte al nuevo mezanine proponiendo soluciones de refuerzo estructural en caso de que la evaluación de la estructura revele una capacidad menor a la requerida.
3. Elaborar planos estructurales, presupuesto y cronograma de obra negra para la implementación del mezanine en estudio, asegurando el uso sostenible de material y tiempo de construcción.

# CAPÍTULO 2

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Revisión de literatura

#### 2.1.1 Marco teórico

##### 2.1.1.1 Diseño sísmico en Ecuador

Ecuador está situado alrededor del cinturón de fuego, lo que lo convierte en un país con alta probabilidad de sismos sobre todo en su región Costa y Sierra, por lo cual toda edificación debe regirse y diseñarse basándose en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en dicha normativa se establecen los fundamentos del diseño sísmico, es decir, clasificación de las zonas sísmica, coeficientes según la zona y el tipo de suelo, así como los espectros elásticos e inelásticos. Los parámetros varían según el uso de la edificación (INEN, 2015).

Sin embargo, los extensos perjuicios causados por el terremoto del 16 de abril de 2016 pusieron de manifiesto la existencia de carencias en la regulación de construcción NEC en Ecuador, así como su adecuada implementación, especialmente en lo que respecta a la evaluación de riesgo sísmico y la concepción de edificaciones con resistencia sísmica (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016).

##### 2.1.1.2 Tipos de estructuras

Usualmente las edificaciones usan disipadores de energía para soportar sismos aplicando el concepto de columna fuerte - viga débil, dichas estructuras son los pórticos a momento que pueden ser diseñados con hormigón armado o de estructuras metálicas (Crisafulli, 2018). La selección del material tiene que ver con las ventajas y desventajas que ofrece cada tipo de diseño, los factores que

predominan con frecuencia son durabilidad, tipo de uso de la edificación, facilidad constructiva y presupuesto asignado.

La ventaja de los sistemas estructurales aporricados es que al ser estructuras flexibles las demandas ocasionadas por movimientos sísmicos resultan de magnitud reducida, sin embargo, debido a su gran flexibilidad esta estructura presenta grandes desplazamientos provocando daño a los elementos no estructurales.

También existen estructuras conformadas con muros estructurales, los cuales tienen un alto desempeño ante movimientos sísmicos ya que brindan una gran rigidez a la estructura, dicha rigidez está relacionada a su esbeltez (Dávila, 2005).

Otras ventajas de este tipo de estructura es que disminuye las derivas, vibraciones y oscilaciones, además, minimiza posibilidad de fallo por piso blando y columna corta ya que los muros absorben gran parte de las sollicitaciones sísmicas por ser elementos altamente rígidos (Barros Bastidas & Peñafiel Plazarte, 2015).

### **2.1.1.3 Hormigón y acero**

Los materiales con mayor uso en el mundo de la construcción son el concreto y el acero, estas edificaciones en específico están fabricadas con estos materiales por las diversas ventajas que ofrece cada material por separado y en conjunto.

De forma tradicional, el hombre ha construido desde mucho tiempo atrás con materiales provenientes de la naturaleza y con el paso de los años nuevas tecnologías y métodos como el hormigón y el acero han sido implementados en la construcción. En Ecuador el hormigón armado es el material más usado para construcciones de tipo residenciales y comerciales según datos dados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) ya que en el 2018 un 85.6% de las construcciones obtuvieron su permiso para edificaciones de este tipo. (Infocorrosión, 2021).

Sin embargo, es importante resaltar que el INEC también asegura que el uso del acero en las construcciones ha tenido un incremento significativo de un 6.79% entre los años 2014 y 2019 mientras que el hormigón armado cayó un 5.07% en el mismo tiempo. No obstante, ambos materiales son buenos para enfrentar sismos siempre y cuando se logre aprovechar sus propiedades mecánicas por medio de un correcto diseño estructural. (Infocorrosión, 2021).

## **2.1.2 Metodología**

Para reevaluar la estructura del presente proyecto y determinar la capacidad actual de los elementos estructurales se plantea alternativas de diseño para el mezanine. No obstante, para garantizar un correcto desempeño sísmico de la estructura se debe tener en consideración muchos aspectos como los requerimientos solicitados por el cliente y que las alternativas cumplan en el ámbito técnico, ambiental y económico.

El plan de ejecución se define a continuación:

### **2.1.2.1 Evaluación de la estructura existente**

Se realizó un estudio a detalle de la estructura existente, sus elementos estructurales, así como la distribución de los diferentes tipos de muros. Todo ello mediante inspecciones en sitio y determinando en primera instancia posibles falencias o daños existentes siendo también importante obtener una descripción sobre los materiales empleados en la construcción.

### **2.1.2.2 Determinar requerimientos de diseño**

Hacer uso de los códigos y normativas vigentes de diseño sísmico, tales como:

- **NEC:** Norma Ecuatoriana de la Construcción
- **NEC-SE-DS:** Norma Ecuatoriana de la construcción sismo resistente
- **NEC-SE-AC:** Norma Ecuatoriana de la construcción estructuras de acero

- **ACI 318:** American Concrete Institute – Instituto americano del concreto
- **AISC 360:** American Institute of Steel Construction, normativa utilizada para diseño estructural de edificaciones construidas con acero.

Las normativas establecen los requerimientos que tanto la edificación como el mezanine deben cumplir para un correcto desempeño sísmico.

### **2.1.2.3 Modelado de la estructura**

Para el modelado de la estructura se utiliza un software de análisis estructural como SAP2000 o ETABS donde se genera un modelo completo de la superestructura tomándose en consideración las propiedades de los materiales, secciones de los elementos estructurales como vigas, columnas, muros de corte, condiciones de apoyo. Además, también se definen las cargas actuales, cargas son gravitacionales y sísmicas, las cuales se las establecen en las normativas de diseño.

### **2.1.2.4 Análisis estructural**

Con ayuda de un software de cálculo y en base a los métodos de análisis (análisis lineales) elegidos para el estudio de la vivienda conformada por hormigón y acero, se realiza un análisis estructural considerando diversos escenarios o combinaciones de cargas donde también se tome en cuenta el efecto del sismo previamente calculado con la normativa.

### **2.1.2.5 Combinaciones de cargas**

Las estructuras deben ser diseñadas de modo que la resistencia de diseño iguale o exceda la resistencia requerida. A continuación, se presenta las combinaciones de cargas establecidas por la NEC:

**Tabla 2.1 Combinaciones de Cargas [NEC-SE-CG, 2015, p.19]**

Combinación 1
<b>1.4 D</b>
Combinación 2
<b>1.2 D + 1.6 L + 0.5 max [L<sub>r</sub>; S; R]</b>
Combinación 3
<b>1.2 D + 1.6 max [L<sub>r</sub>; S; R] + max [L<sub>r</sub>; 0.5 W]</b>
Combinación 4
<b>1.2 D + 1 W + L + 0.5 max [L<sub>r</sub>; S; R]</b>
Combinación 5
<b>1.2 D + 1 E + L + 0.2 S</b>
Combinación 6
<b>0.9 D + W</b>
Combinación 7
<b>0.9 D + E</b>

#### 2.1.2.6 Diseño del mezanine

Se plantean varios modelos de mezanine que cumplan con los requisitos de capacidad (carga y servicio), se pre-dimensiona cada sección de los elementos del mezanine y se lo plantea en el modelo de análisis estructural de la estructura existente. Posteriormente, se evalúa el comportamiento de la estructura unificada de tal forma que se realicen los ajustes necesarios del mezanine en el diseño aprovechando al máximo cada parte de la estructura existente y evitando reforzar gran parte de la edificación.

#### 2.1.2.7 Refuerzo estructural

Durante la evaluación o análisis de la estructura unificada se determinaron las zonas o partes que debían ser reforzadas, se elaboró un plan de refuerzo estructural para cada muro, viga o columna afectada, así como los tipos de materiales y técnicas que se aplicaron como: placas de acero y refuerzos internos de ser necesario.

#### 2.1.3 Documentación

Se realiza una memoria de cálculo detallando cada uno de los procesos empleados para el diseño del mezanine. Asimismo, en dicha memoria se incluyen planos, especificaciones técnicas (detalles constructivos), materiales a emplear, rubros y un cronograma a seguir para la correcta ejecución de la obra.

## 2.2 Área de estudio

### 2.2.1 Localización

La residencia se encuentra ubicada en el cantón Daule, en los terrenos de la Urbanización Villa Club.

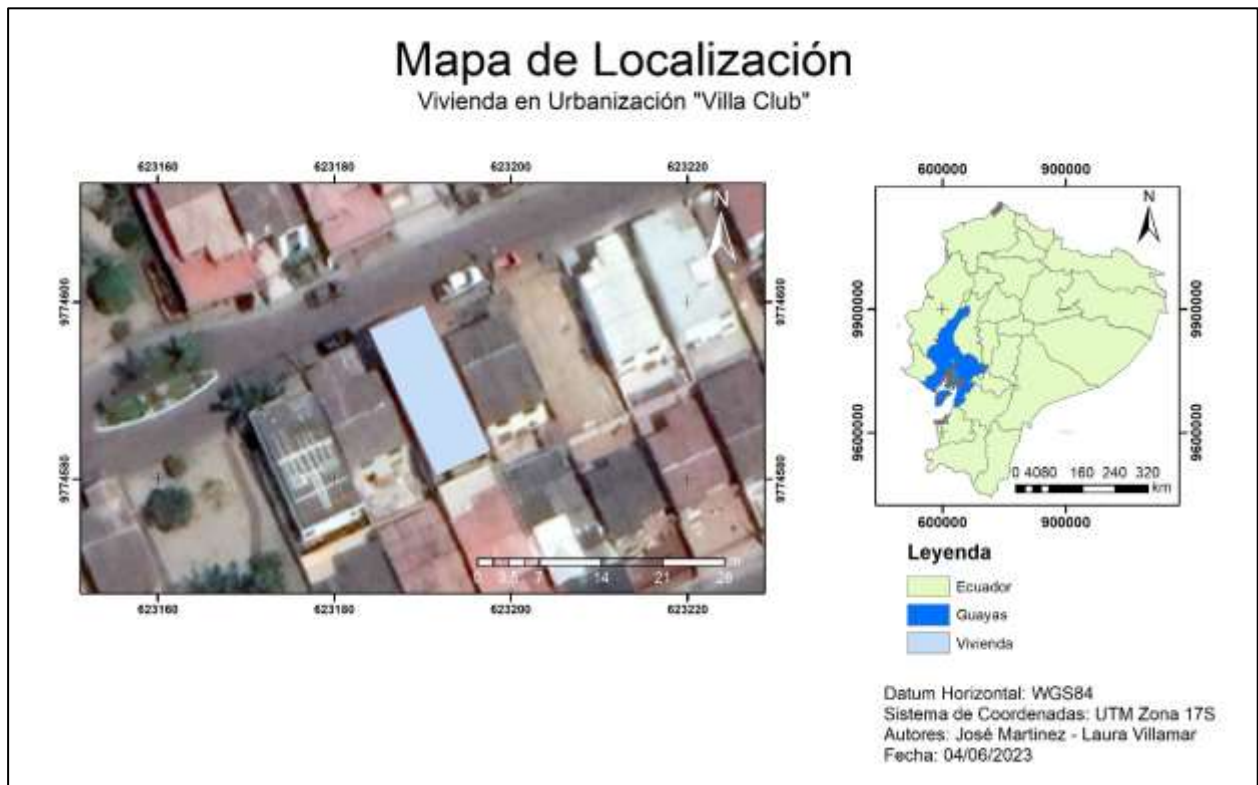


Figura 2.1 Mapa de Localización [Martínez & Villamar, 2023]

### 2.2.2 Disposición arquitectónica

La vivienda se ubica sobre un terreno de  $152 m^2$  aproximadamente, y consta de dos plantas. La planta baja con una altura de entrepisos de  $4,75 m$ , mientras que la planta alta tiene una altura de entrepisos de  $2,33 m$ .

Tabla 2.2 Disposición Arquitectónica en planta [Martínez & Villamar, 2023]

Planta	Área
Baja	$107,12 m^2$
Alta	$107,12 m^2$



La planta baja cuenta con las siguientes áreas:

- 3 baños
- 1 sala
- 1 comedor
- 1 cocina
- 1 lavandería
- 1 cuarto de juegos

Por otra parte, la Planta Alta cuenta con las siguientes áreas:

- 4 baños
- 4 dormitorios

### **2.2.3 Estructura de la vivienda**

La vivienda de dos niveles cuenta con las siguientes características estructurales: pórticos de acero estructural, muros a corte, losa de fibrocemento, escalera y cubierta de acero estructural.

### **2.2.4 Uso de la edificación**

La edificación actualmente está destinada para alquiler. En los alrededores de la urbanización se cuenta con varias plazas comerciales las cuales tienen tiendas, oficinas, supermercados y restaurantes.

### **2.2.5 Población**

Según el censo 2010 realizado por el INEC en Daule se encontraron 120.326 habitantes, de los cuales 60.131 son mujeres y 60.195 son hombres (INEC, 2010).

## **2.3 Trabajo de campo y laboratorio**

Se realizó una inspección en el lugar donde se realizará la implementación del mezanine y su respectivo refuerzo estructural en caso de que ser necesario, de forma que se logre consensuar de forma previa posibles soluciones ante el rediseño.

En primer lugar, antes de visitar el sitio, se realizó una revisión de los planos existentes, los cuales debieron ser usados para el diseño de la vivienda de tal forma que se logre tener constancia de detalles específicos y espacios que requieran de mayor atención.

Se procedió a preparar materiales o herramientas que permitían corroborar ciertas medidas como espesores de muros, alturas de entrepiso, evidenciar el sitio, por lo que se requiere de cinta métrica, dispositivo para tomar fotografías y realizar anotaciones.

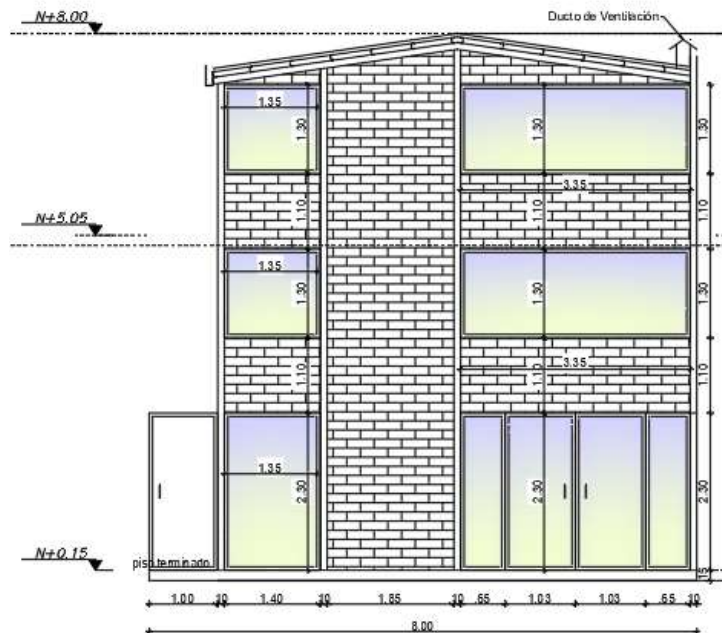
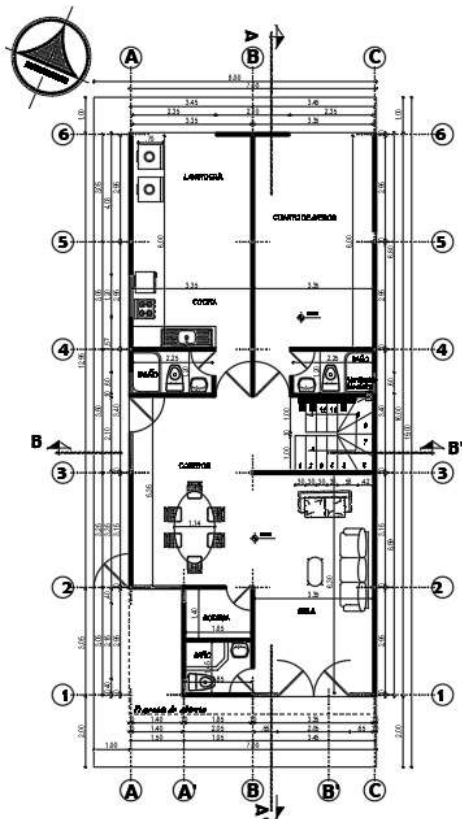
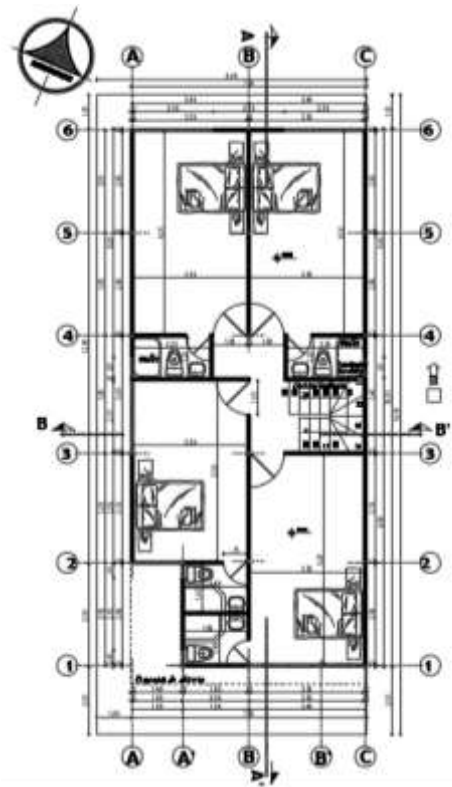


Figura 2.2 Plano de fachada vista frontal [Quishpe, 2022]



**Figura 2.3 Plano vista planta baja**  
[Quishpe, 2022]



**Figura 2.4 Plano vista planta alta**  
[Quishpe, 2022]

Se procedió ir a la edificación, al llegar, se realizó una inspección visual de toda la estructura, constatando la información dicha en los planos originales, observando que no exista ningún daño evidente, inconsistencias o cualquier cambio en comparación a los planos. A su vez, se observó donde se realizará la construcción del mezanine; evidenciar todo por medio de fotografías es lo ideal para tener claro la ubicación de posibles instalaciones a tomar en cuenta, es decir, cualquier dato relevante debe tener una referencia visual.



**Figura 2.5 Vista fachada frontal - visita al sitio [Martínez & Villamar, 2023]**

Se adjunta todos los datos tomados en el sitio y se procede a elaborar posibles soluciones de refuerzo o detalles que deben ser considerados para el rediseño de la vivienda.

## **2.4 Análisis de datos**

Esta residencia cuenta con una losa de fibrocemento de 20 mm de espesor con perfiles HSS 100x100x3 [mm], sin embargo, se requiere la implementación de un mezanine debido que el objetivo de la construcción de este inmueble es su alquiler y dado que la vivienda cuenta con doble altura en la planta baja es posible esta ejecución.

Además, la vivienda cuenta con distintos tipos de muros estructurales, entre ellos: mampostería simple con bloque de 7 cm y enlucido de 1.5 cm, muro con malla electrosoldada  $\varnothing 8@20cm$ , muro de bloque de 7 cm con malla electrosoldada  $\varnothing 3.5 @15 cm$  y enlucido de 3 cm, muro adosado compuesto por mampostería de 7cm con malla electrosoldada  $\varnothing 3.5 @15 cm$  en ambas caras y enlucido de 2.5 cm también en ambas caras, muro de Steel Frame que cuenta con fibrocemento ( $e = 6 mm$ ), poliestireno expandido ( $e = 4 cm$ ), gypsum ( $e = 12 mm$ ) y varillas que actúan como arrostroamiento, por último el mismo muro anteriormente descrito pero sin los rigidizadores.

No obstante, debido a la implementación del mezanine se requiere del diseño de muros estructurales adicionales en ciertas áreas para compensar las nuevas demandas.

Por ende, se propone la implementación de muros adicionales en secciones de la vivienda señalados en la Figura 2.6.

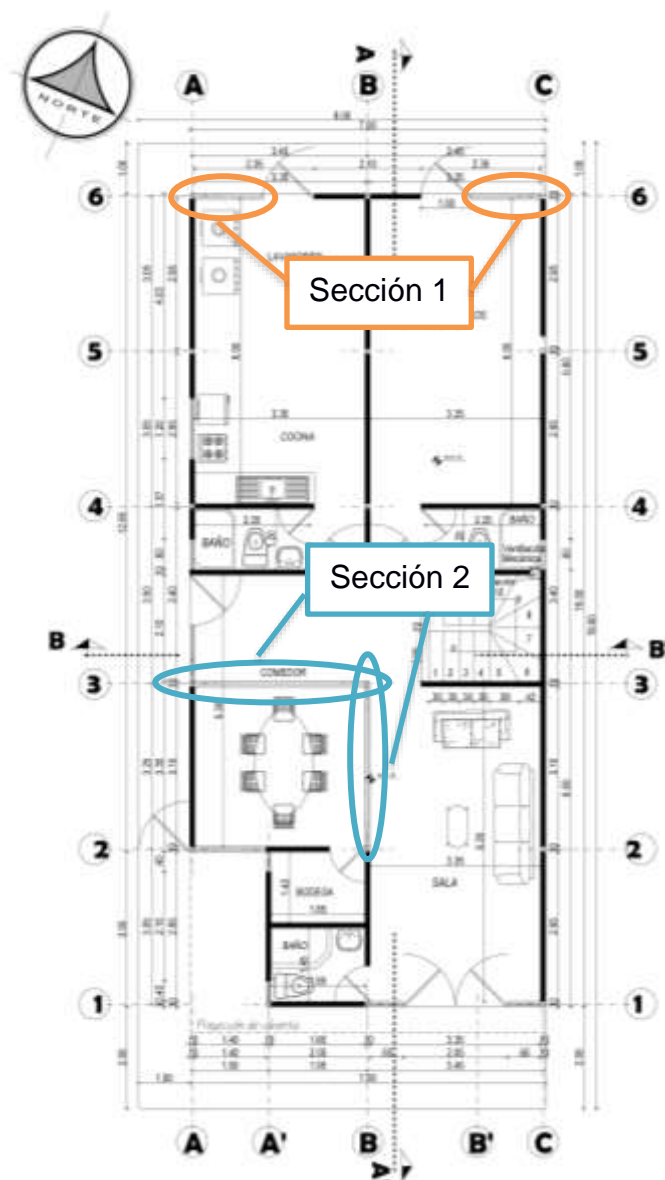


Figura 2.6 Vista en Planta – Secciones de Muros [Martínez & Villamar, 2023]

## **2.5 Análisis de alternativas**

En el presente proyecto se debe realizar análisis de alternativas de muros y mezanine debido que son los elementos que el cliente quiere implementar a la vivienda.

### **2.5.1 Muros**

A continuación, se presentan las alternativas correspondientes a los muros estructurales:

#### **2.5.1.1 Mampostería reforzada (A)**

Es un sistema estructural que cuenta con refuerzo estructural en su interior de forma horizontal y/o vertical en toda el área del muro.

#### **2.5.1.2 Muro enchapado – [4 cm – 6cm] (B)**

Es un muro que presenta mampostería y una malla electrosoldada más un recubrimiento de 2 a 4 cm por cada lado con la finalidad de generar mayor rigidez y por ende soportar mayores cargas.

#### **2.5.1.3 Muro de hormigón armado (C)**

Es una estructura construida netamente con hormigón y varillas de refuerzo, cuenta con una alta resistencia y rigidez soportando cargas tanto a compresión como a tracción debido a su composición, por lo que tiene un amplio uso en muros de contención, edificios y puentes.

### **2.5.2 Mezanine**

#### **2.5.2.1 Fibrocemento (A)**

Las planchas de fibrocemento están formadas por la mezcla de cemento con otras fibras, el fibrocemento permite una alta resistencia a la estructura y son de bajo peso. Otras ventajas son el bajo costo, buen acabado y la trabajabilidad.

#### **2.5.2.2 Steel Deck (B)**

Steel deck o placa colaborante es una combinación entre elementos de acero y hormigón; y para asegurar su conexión se suelen usar pernos de conexión. Sus ventajas son su bajo peso, facilidad de transporte y fácil ensamblaje.

### 2.5.2.3 Estructura de Madera (C)

Entre las características de la madera está su capacidad aislante, bajo peso y flexibilidad. El mezanine de madera permite realzar la estética de la vivienda, sin embargo, requiere de mantenimiento ya sea por condiciones climáticas como la humedad o el calor, y en otros casos por rayones o presencia de plagas.

## 2.6 Criterios de evaluación

Para el criterio de evaluación del análisis de alternativas se ha considerado la siguiente escala de calificación:



**Figura 2.7 Escala de evaluación [Martínez & Villamar, 2023]**

El criterio de evaluación cumple un papel fundamental en la selección de las alternativas, se tomarán en cuenta los siguientes criterios: preferencia del cliente, impacto/ruido, costo, mantenimiento de la estructura e impacto ambiental.

## 2.7 Ponderación de los criterios de evaluación

Debido que el cliente tiene preferencia a ciertos materiales, este es el criterio con mayor ponderación con un 30%.

El segundo criterio más importante es el impacto/ruido, dado que la vivienda se está construyendo en una urbanización y en los alrededores hay viviendas, este criterio cuenta con una ponderación del 25%.

El costo tiene igual importancia que el criterio anterior debido que la construcción es una inversión totalmente del cliente, por lo que, también cuenta con una ponderación del 25%.

El mantenimiento de una estructura es importante debido a que de ello depende que la misma no se deteriore con rapidez o de una forma inesperada, evitando así costosas reparaciones a futuro que incluso recaen en daños irreparables, por lo tanto, el valor de este criterio es de un 10%.

Por último, el impacto ambiental es otro factor fundamental debido que en las urbanizaciones se busca promover las áreas verdes y estructuras sustentables, sin embargo, en el presente proyecto su importancia se ve reducida en base a los criterios anteriormente mencionados, por lo que se le asigna el 10%.

## 2.8 Evaluación de las alternativas

### 2.8.1 Muros

Para la selección de muros de la sección 1 no se realizará valoración de alternativas debido que se cuenta con cierta cantidad de materiales para la realización de muros de hormigón armado. Y debido que el cliente desea que se use el material sobrante se concluye que para la *sección 1* se construirán *muros de hormigón armado*.

A continuación, se presenta la tabla de valoración de alternativas para selección de muro de la sección 2:

**Tabla 2.3 Valoración de alternativas de muro Sección 2 [Martínez & Villamar, 2023]**

Criterio Evaluado	Ponderación	Alternativas					
		A		B		C	
Preferencia del cliente	30%	4	1.20	3	0.90	2	0.6
Impacto/ruido	25%	2	0.50	3	0.75	4	1
Costo	25%	4	1.00	4	1.00	3	0.75
Mantenimiento	10%	3	0.30	3	0.30	4	0.4
Impacto ambiental	10%	4	0.40	3	0.30	3	0.3
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>3.40 / 5</b>		<b>3.25 / 5</b>		<b>3.05 / 5</b>	



La alternativa A (mampostería reforzada) tiene el mayor puntaje ya que satisface en gran medida cada uno de los criterios de evaluación propuestos, los cuales son:

- **Preferencia del cliente:** En esta etapa el cliente cuenta con poco o nulo material sobrante, por lo que un muro de mampostería reforzada resulta la opción más conveniente debido que de los 3 muros propuestos, es el que requiere menor cantidad de acero, sin embargo, su resistencia no es tan alta.
- **Impacto/Ruido:** La construcción de un muro de mampostería reforzada en comparación con los otros muros se posiciona en un nivel medio de ruido ya que implica un poco más de trabajo al tener que cortar acero y bloques o ladrillos.
- **Costo:** En términos de costo, un muro de mampostería reforzada es una opción más económica ya que la cantidad de acero es menor y no requiere de especialistas para su construcción, es decir, un maestro con cierto nivel de habilidad o experiencia lo puede construir correctamente.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento de un muro de mampostería reforzada es generalmente bajo. La mampostería es un material duradero y resistente que no requiere un cuidado especial. Por otro lado, mientras se garantice un acabado mínimo, se protegerá el acero que se encuentra en la mampostería.
- **Impacto ambiental:** En términos de impacto ambiental, un muro de mampostería reforzada es una buena opción si se usan ladrillos ya que estos se componen de arcilla lo cual es una materia abundante, por otro lado, el acero sí requiere de una extracción significativa para el medio, por lo que su uso se verá reducido en estos muros.

## 2.8.2 Mezanine

Actualmente se cuenta con una losa colaborante en el piso más alto de la vivienda, por este motivo, el cliente tiene gran preferencia por volver a usar el mismo sistema de piso, lo cual tiene gran afectación en la valoración.

**Tabla 2.4 Valoración de alternativas de mezanine [Martínez & Villamar, 2023]**

Criterio Evaluado	Ponderación	Alternativas					
		A		B		C	
Preferencia del cliente	30%	5	1.50	2	0.60	3	0.9
Impacto/ruido	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75
Costo	25%	3	0.75	2	0.50	4	1
Mantenimiento	10%	3	0.30	4	0.40	2	0.2
Impacto ambiental	10%	3	0.30	3	0.30	2	0.2
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>3.60 / 5</b>		<b>2.55 / 5</b>		<b>3.05 / 5</b>	

La alternativa A (fibrocemento) tiene el mayor puntaje ya que satisface en gran medida cada uno de los criterios de evaluación propuestos, los cuales son:

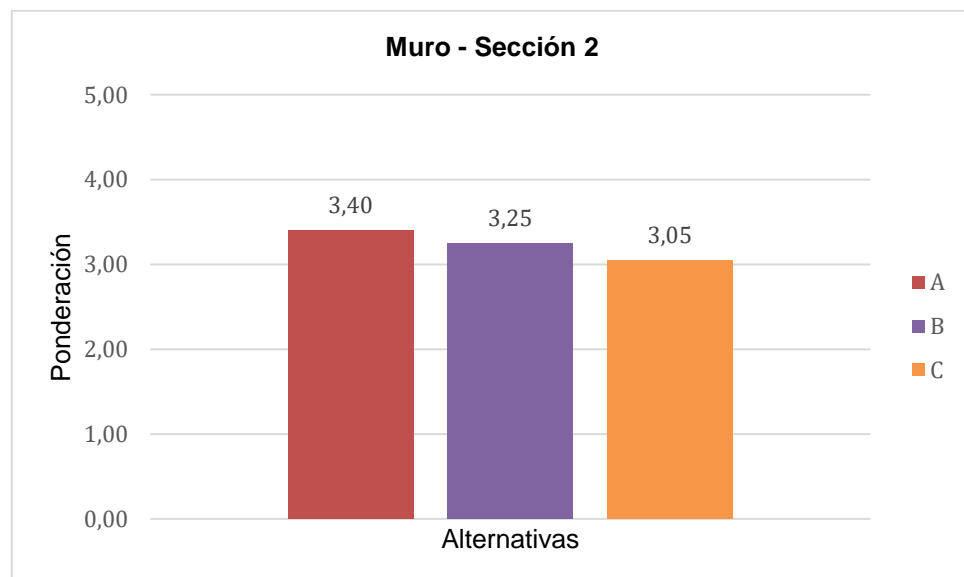
- **Preferencia del cliente:** El fibrocemento es un material versátil que puede ser utilizado en diversas aplicaciones de construcción, incluyendo entrepisos, además, el cliente lo prefiere dado que es un material con el que construyó el sistema de piso en la planta alta de la vivienda e incluso paredes.
- **Impacto/Ruido:** A nivel constructivo, el fibrocemento al ser un material liviano no requiere del uso de maquinarias pesadas para su instalación, excluyendo el sistema de las vigas que deben soportarlo, el cual puede ser pesado dependiendo de su diseño. Asimismo, el fibrocemento proporciona una buena absorción acústica y reduce la transmisión de ruido entre niveles.
- **Costo:** El fibrocemento es una opción económica en comparación con una losa Steel Deck y en el caso de la madera depende de qué madera se trate. Su

fabricación e instalación al no ser complejos tienen un costo más bajo en comparación con otros materiales, por lo que es una alternativa muy rentable.

- **Mantenimiento:** La alternativa A presenta un material duradero y resistente que requiere bajo mantenimiento siendo únicamente el sistema de vigas que lo soporta el que necesita una capa protectora de pintura. No se afecta por insectos, hongos o termitas como sucede con la madera, por lo que el entrepiso construido con fibrocemento tiene una vida útil prolongada y requiere de poco mantenimiento.
- **Impacto ambiental:** El fibrocemento resulta la opción más sostenible en comparación con una losa Steel Deck o de madera, debido que está compuesto por una combinación entre cemento, arena, fibras de refuerzo y agua, de esta forma no se recurre a la deforestación y/o proceso de fabricación donde las cantidades de CO<sub>2</sub> emitidas son de gran magnitud como sucede en las generadas por el cemento.

## 2.9 Selección de alternativas

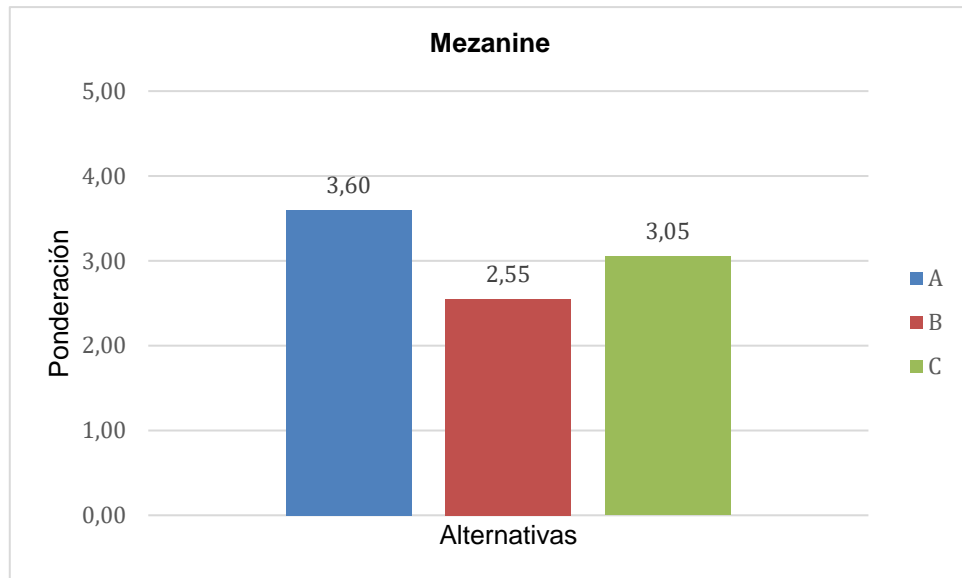
A continuación, se presenta el resumen con respecto a la selección de alternativas:



**Figura 2.8 Resumen de resultados – Muro Sección 2 [Martínez & Villamar, 2023]**

Al terminar de calificar las alternativas con respecto a la selección del tipo de muro de la sección 2 tomando en consideración los criterios establecidos, se llega a la

conclusión que la alternativa con mayor ponderación es la alternativa A la cual corresponde a mampostería reforzada.



**Figura 2.9 Resumen de resultados – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023]**

Por otra parte, al terminar de calificar las alternativas con respecto a la selección del mezanine tomando en consideración los criterios establecidos, se llega a la conclusión que la alternativa con mayor ponderación es la alternativa A la cual corresponde a fibrocemento.

# CAPÍTULO 3

## 3 DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Consideraciones de diseño

#### 3.1.1 Cálculo de cargas

##### 3.1.1.1 Carga muerta

Para el respectivo cálculo de carga muerta se utilizó los materiales evidenciados en la visita realizada al sitio, por lo que los materiales y sus especificaciones fueron obtenidas por fabricantes y normativas. Los elementos que constituyen la carga muerta de la estructura se mencionan a continuación:

- Muro de hormigón armado: uso en fachada e interiores
- Muro enchapado 1 lado: uso en fachada e interiores
- Muro enchapado 2 lados: uso en fachada e interiores
- Mampostería simple: uso en divisiones de espacios
- Cerámica/mortero: uso en acabado de pisos
- Instalaciones: eléctricas y sanitarias
- Tumbado: uso como cielo falso
- Fibrocemento: uso como material base de piso
- Cubierta metálica

**Tabla 3.1 Densidad de los materiales [Martínez & Villamar, 2023]**

Material	Densidad
	[kgf/m <sup>3</sup> ]
Hormigón armado	2400
Mortero	2000
Cerámica	200
Bloque 40x20x7 cm	1200
Tumbado	1000
Fibrocemento	142.5

**Tabla 3.2 Cargas muertas generales [Martínez & Villamar, 2023]**

Descripción	Espesor	Carga
	[cm]	[kgf/m <sup>2</sup> ]
Muro de hormigón armado	10	244.73
Muro enchapado de 1 lado	10	179.5
Muro enchapado 2 lados	15	281.42
Mampostería simple	10	150.12
Cerámica	1	20.39
Instalaciones		20
Tumbado	1	10.19
Fibro cemento	2	28.5
Cubierta metálica		4.15

El peso propio de los elementos estructurales como muros, columnas, vigas fue considerado en sus respectivos Frame y Shell en el modelado de la estructura, por lo que los pesos en cada nivel fueron considerados de la siguiente forma:

**Tabla 3.3 Carga muerta de entrepiso [Martínez & Villamar, 2023]**

Descripción	Carga
	[kgf/m <sup>2</sup> ]
Paredes	150.12
Cerámica	20.39
Instalaciones	20
Tumbado	10.19
Fibro cemento	28.5

**Tabla 3.4 Carga muerta de cubierta [Martínez & Villamar, 2023]**

Descripción	Carga
	[kgf/m <sup>2</sup> ]
Instalaciones	20
Tumbado	10.19
Cubierta metálica	4.15

### 3.1.1.2 Carga viva

La carga viva considerada en la estructura corresponde a uso residencial, lo que representa **200 kgf/m<sup>2</sup>** en entepiso y **70 kgf/m<sup>2</sup>** en cubierta.

### 3.1.2 Sismo

Se emplea el uso de un sismo de alta peligrosidad con una probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años, el cual tiene un periodo de retorno de 475 años.

#### 3.1.2.1 Factor Z

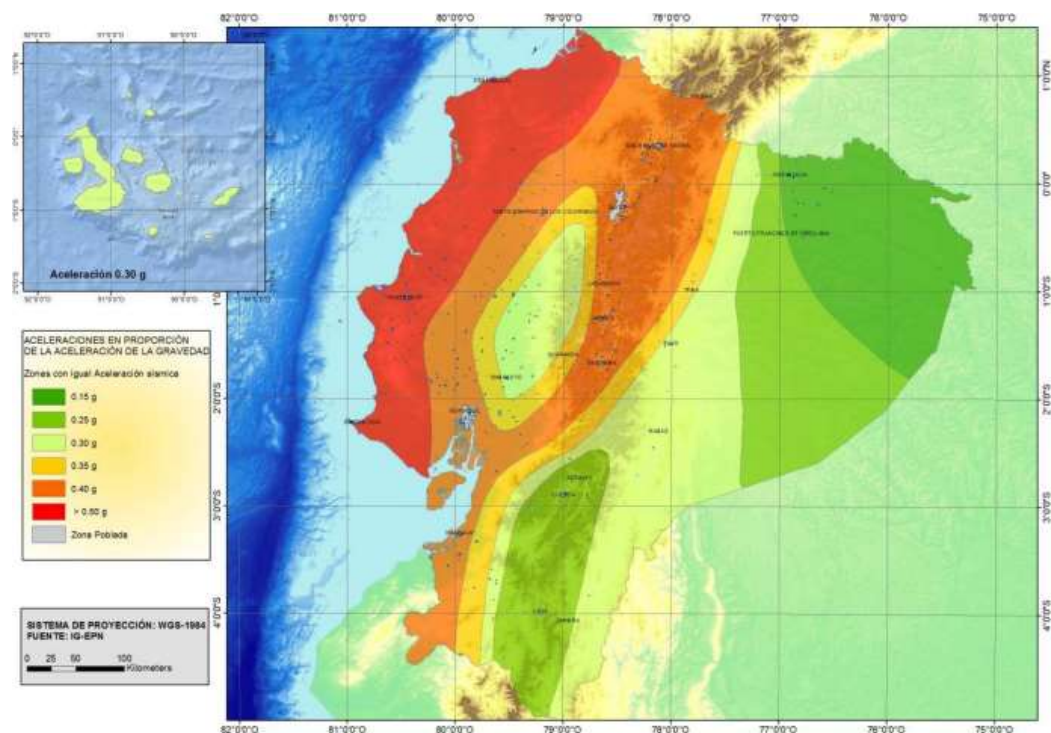


Figura 3.1 Mapa de zona sísmica de Ecuador, valor Z (NEC-SE-DS, 2015)

La edificación que se está analizando se encuentra ubicada en Samborondón, provincia del Guayas, por lo que el valor de Z es 0.4, siendo el tipo de suelo D.

### 3.1.2.2 Coeficientes Fa, Fd, Fs

**Fa:** Coeficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto

**Tabla 3.5 Tipo de suelo y Factores de sitio Fa (NEC-SE-DS, 2015)**

Tipo de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

**Fd:** Coeficiente de amplificación de ordenadas para diseño en roca

**Tabla 3.6 Tipo de suelo y Factores de sitio Fd (NEC-SE-DS, 2015)**

Tipo de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

**Fs:** Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos

**Tabla 3.7 Tipo de suelo y Factores Fs (NEC-SE-DS, 2015)**

Tipo de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2



### 3.1.2.3 Razón de amplificación espectral, coeficiente de importancia y factor r

- Razón de amplificación espectral ( $\eta$ ): 1.80 según la NEC-SE-DS para provincias de la Costa sin contar Esmeraldas
- Coeficiente de importante ( $I$ ): 1.0 según la NEC-SE-DS para estructuras consideradas no especiales ni de ocupación especial.
- Factor r: 1 según la NEC-SE-DS para todos los tipos de suelo exceptuando el tipo E.

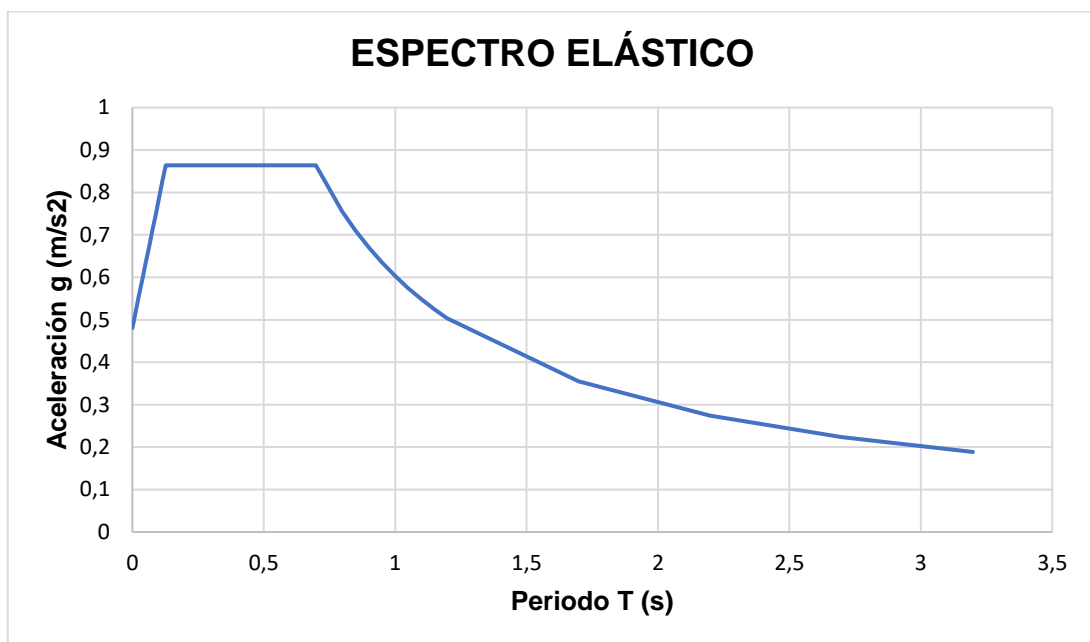


Figura 3.2 Espectro elástico de respuesta sísmica [Martínez & Villamar, 2023]

### 3.1.3 Periodo fundamental (T)

Para una edificación, la NEC establece dos métodos para calcular el periodo fundamental, de los cuales en el presente proyecto se usó el método 1.

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad (3.1)$$

Fuente: NEC (2015)

- Coeficiente según el tipo de edificio ( $C_t$ ): 0.073

**Tabla 3.8 Coeficiente  $C_t$  [NEC-SE-DS, 2015]**

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arrostros	0.072	0.8
Con arrostros	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

- Máxima altura de la edificación ( $h_n$ ): 7.25 m
- Coeficiente ( $\alpha$ ): 0.75

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

$$T = 0.073 * 7.25^{0.75} = 0.323$$

### 3.1.4 Método puntal equivalente para mampostería en modelado

Varios son los métodos desarrollados para el cálculo del aporte de la mampostería simple en un pórtico, siendo el método del puntal diagonal el más utilizado dado su simplicidad. Mediante el método del puntal diagonal se calcula un ancho equivalente tanto para pórticos con mampostería rellena o con aberturas, ahora la mampostería tiene la geometría de un puntal que será reemplazado en el modelo computacional (Gomez, 2020).

Muchos son los estudios realizados que se han realizado a fin de estimar un ancho de puntal adecuado que logre capturar el comportamiento de la mampostería llegando a la conclusión de que únicamente actúa una franja diagonal de un ancho variable (Gomez, 2020).

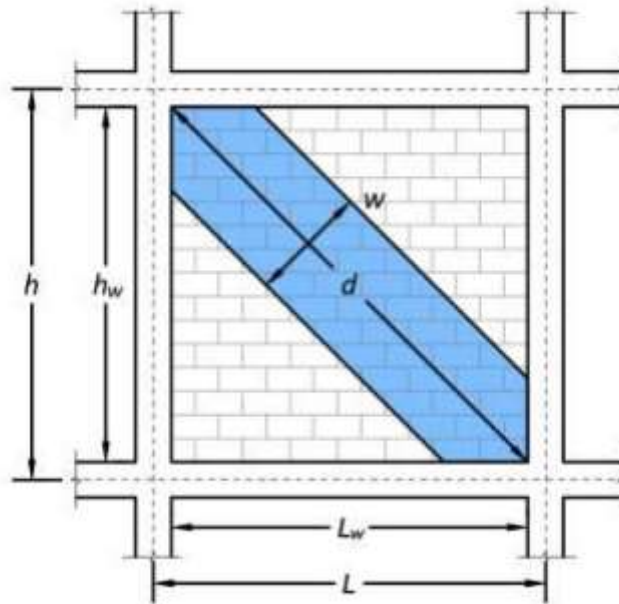
#### 3.1.4.1 Puntal equivalente en pórticos rellenos

El método de Holmes indica cómo calcular el ancho del puntal equivalente por medio de las siguientes ecuaciones:

$$w = \frac{1}{3}d \quad (3.2)$$

$$d = \sqrt{L_w^2 + h_w^2} \quad (3.3)$$

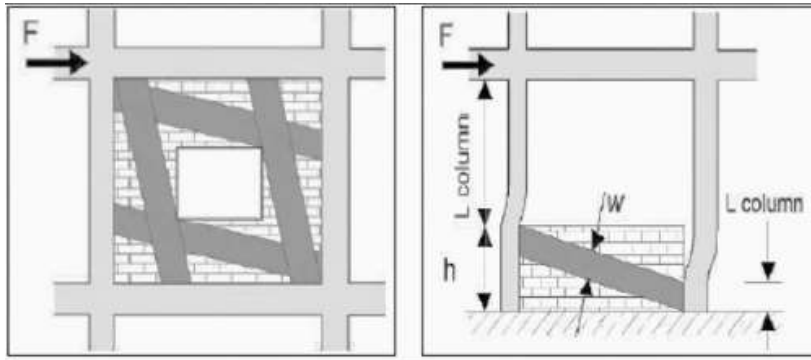
Fuente: Holmes



**Figura 3.3 Puntal equivalente en mampostería sin huecos (Juan Osorio, 2019)**

#### 3.1.4.2 Puntal equivalente en pórticos rellenos con aberturas

Por otra parte, es común encontrar aberturas en la mampostería debido a puertas, ventanas, tragaluces, entre otros, afectando a la resistencia efectiva de la mampostería. Se presentan 2 situaciones, siendo la primera el caso en que la abertura sea central donde los puntales son situados en el contorno de la mampostería y el segundo caso es donde el puntal causa un efecto de columna corta (Gomez, 2020). Véase figura 3.4



**Figura 3.4 Puntal equivalente en mampostería con aberturas (Gomez, 2020)**

La forma en cómo se representa esta reducción de resistencia en la mampostería con aberturas es calculando un ancho equivalente mediante las siguientes ecuaciones:

$$W_r = W(R_1)_i(R_2)_i \quad (3.4)$$

Siendo:

- $R_1$  Factor de reducción debido a presencia de aberturas

$$(R_1)_i = 0.6 \left( \frac{A_{open}}{A_{panel}} \right)^2 - 1.6 * \left( \frac{A_{open}}{A_{panel}} \right) + 1 \quad (3.5)$$

Se debe tener en cuenta que cuando el área de la abertura es mayor al 60% del área de la mampostería entonces el factor  $R_1$  toma el valor de 0.

- $R_2$  Factor de reducción debido a estado actual de la mampostería

El valor de  $R_2$  puede tomar uno de los siguientes valores:

**Tabla 3.9 Valor de R2 por condición de mampostería (Al-Chaar, 2002)**

Condición	Descripción
Buen estado	Mampostería sin daño visible alguno
Aceptable	Mampostería con fisuras menores
Mala	Mampostería con mortero desgastado y grietas significativas

El valor de  $R_2$  es muy variable ya que depende del criterio de cada diseñador con respecto a la eficiencia que puede brindar el muro según su estado, en este caso se elige:

- Buen estado:  $R_2=1$
- Aceptable:  $R_2= 0.7$
- Mala:  $R_2= 0.4$
- Cuando el área de la abertura supera el 60% del área de la mampostería sin considerar aberturas el valor de  $R_2$  es 0.

### 3.1.5 Modelado de la estructura

Para el modelado de la estructura (Figura 3.5) se utilizó un software de análisis estructural basándose en la arquitectura entregada previamente y complementando con la visita al sitio.

El modelo fundamentalmente está realizado con elementos Frame (vigas, columnas, puntales diagonales) y elementos Shell (muros estructurales).

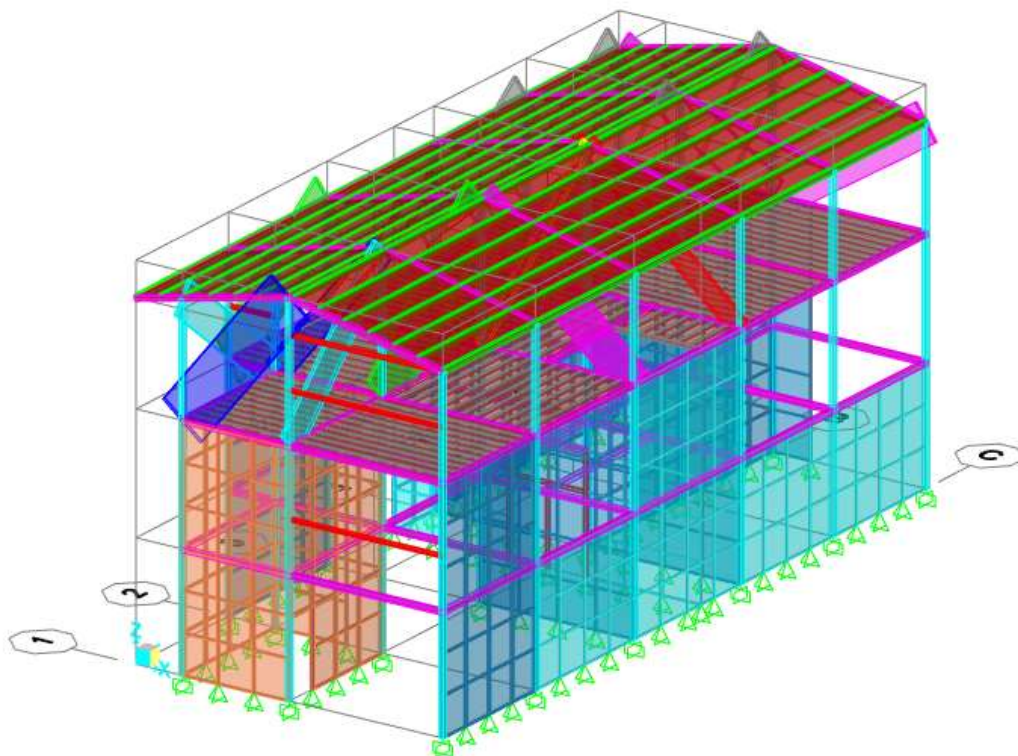


Figura 3.5 Modelo matemático (evaluación inicial) [Martínez & Villamar, 2023]

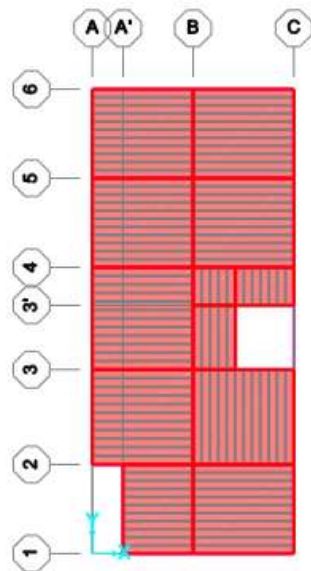
### 3.1.5.1 Materiales

Los materiales asignados a la estructura modelada en la Figura 3.6 fueron los siguientes:

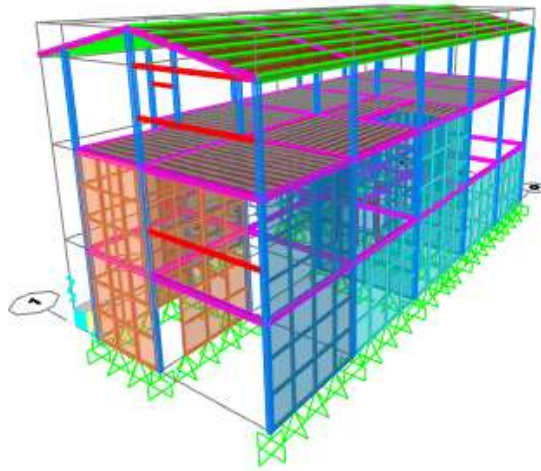
**Tabla 3.10 Materiales asignados [Martínez & Villamar, 2023]**

Elemento	Material
Vigas	Acero estructural ASTM A36
Columnas	Acero estructural ASTM A36
Perfiles metálicos	Acero estructural ASTM A36
Muro de hormigón armado	Hormigón de resistencia a la compresión $f'c$ 210 $kg/cm^2$ , varilla de acero de refuerzo Gr60 – fluencia 4200 $kg/cm^2$ .
Muro mampostería simple	Ver sección 3.1.5.3
Muro enchapado 1 lado	Hormigón de resistencia a la compresión $f'c$ 210 $kg/cm^2$ , malla de varilla de acero fluencia 6000 $kg/cm^2$ .
Muro enchapado 2 lados	Hormigón de resistencia a la compresión $f'c$ 210 $kg/cm^2$ , malla de varilla de acero fluencia 6000 $kg/cm^2$ .

### 3.1.5.2 Distribución de muros estructurales



**Figura 3.6 Vista en planta de estructura Piso Alto [Martínez & Villamar, 2023]**



**Figura 3.7 Elementos Shell (muros estructurales) [Martínez & Villamar, 2023]**

En la Figura 3.7 se puede apreciar elementos Shell de diversos colores, los cuales corresponden a los muros estructurales, siendo el naranja (muro de hormigón armado), azul (muro enchapado 2 lados) y celeste (muro enchapado 1 lado), su distribución se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 3.11 Dimensión y ubicación de muros estructurales [Martínez & Villamar, 2023]**

Ejes	Altura	Longitud	Espesor	Abertura	Tipo muro
	[m]				
1/A'-B	5.05	2.4	0.1	NO	Hormigón armado
2/A'-B	5.05	1.6	0.1	SI	Hormigón armado
3/B-C	5.05	3.45	0.15	NO	Enchapado 2 lados
3'/A'-B	2.5	2.6	0.1	NO	Enchapado 1 lado
3'/B-C	2.5	2.6	0.1	NO	Enchapado 1 lado
4/A-C	5.05	6.9	0.15	SI	Enchapado 2 lados
6/A-C	5.05	1.75	0.15	NO	Enchapado 2 lados

### 3.1.5.3 Distribución muros mampostería simple

Para la mampostería simple se utilizó el método del puntal explicado en la sección 3.1.4.1 y 3.1.4.2 de tal forma que se modela un puntal diagonal equivalente a la sección efectiva que aportaría el muro de mampostería simple, el mismo que tendría las siguientes propiedades:

$$f'_m = 0.3f_b * 0.1f_{mr} + 0.25f_c \quad (3.6)$$

Donde:

- $f_b$  Resistencia a la compresión del bloque
- $f_{mr}$  Resistencia a la compresión del mortero
- $f_c$  Resistencia a la compresión de relleno en el caso de usarse bloque hueco
- $f'_m$  Resistencia a la compresión de mampostería simple

Se elige un valor de resistencia a la compresión del mampuesto igual a  $35 \text{ kg/cm}^2$  según Tabla 6 de (INEN-3066, 2016) y un valor de  $125.18 \text{ kg/cm}^2$  según Tabla 3.13 de (Gomez, 2020).

$$f'_m = 0.3(35) * 0.1(125.18) + 0.25(125.18)$$

$$f'_m = 54.25 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la resistencia a la compresión de la mampostería es de  $54.25 \text{ kg/cm}^2$  y su módulo de elasticidad está dado por sección 3.3.3 de (NEC-SE-HM, 2014) igual a  $900 * f'_m \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$ .

$$E_m = 900 * \left( 54.25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$E_m = 49787.64 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Es importante aclarar que el espesor equivalente del muro se conserva como tal espesor de la pared.

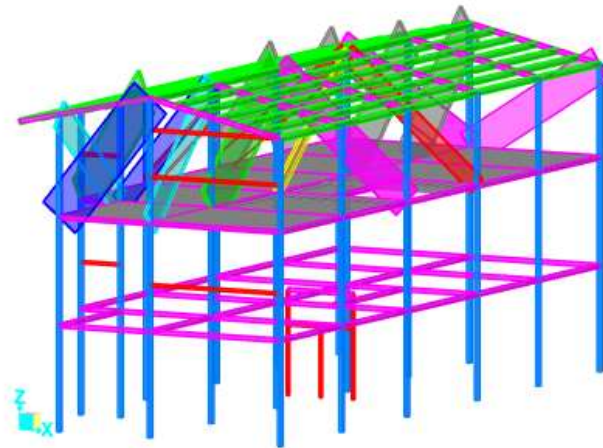
**Tabla 3.12 Puntal equivalente en mampostería sin hueco [Martínez & Villamar, 2023]**

PLANTA	EJE	hw	Lw	d	w
		[m]	[m]	[m]	[m]
PA	A/2-3	2.2	3.25	3.92	1.31
	A/4-5	2.2	3.05	3.76	1.25
	A/5-6	2.2	3.05	3.76	1.25
	B/2-3	2.2	3.25	3.92	1.31
	B/4-5	2.2	3.05	3.76	1.25
	B/5-6	2.2	3.05	3.76	1.25
	1/A-B	2.2	2.4	3.26	1.09

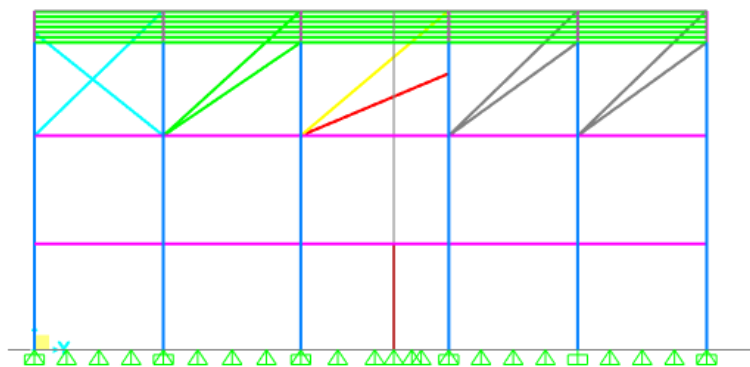


**Tabla 3.13 Puntal equivalente en mampostería con hueco [Martínez & Villamar, 2023]**

PLANTA	EJE	hw	Lw	Aopen	Apanel	R1	R2	Wr
		[m]	[m]	[m2]	[m2]			[m]
PA	B/1-2	2.2	3.05	2	6.71	0.58	1	0.72
	B/3-4	2.2	3.5	5	7.7	0.21	1	0.29
	A/3-4	2.2	3.5	4	7.7	0.33	1	0.46
	2/A-B	2.2	2.4	2	5.28	0.48	1	0.52
	3/B-C	2.2	3.45	2	7.59	0.62	1	0.85
	4/A-B	2.2	3.45	4	7.59	0.32	1	0.44
	4/B-C	2.2	3.45	4	7.59	0.32	1	0.44
	6/A-B	2.2	3.45	2	7.59	0.62	1	0.85
	6/B-C	2.2	3.45	2	7.59	0.62	1	0.85



**Figura 3.8 Modelado de edificación con puntales equivalentes [Martínez & Villamar, 2023]**



**Figura 3.9 Vista lateral de edificación, modelo matemático [Martínez & Villamar, 2023]**

### 3.1.5.4 Espectro de respuesta inelástico

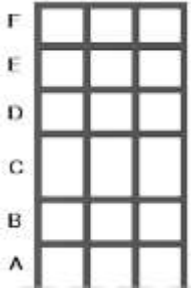
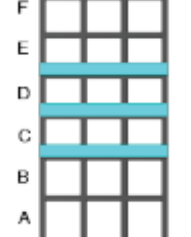
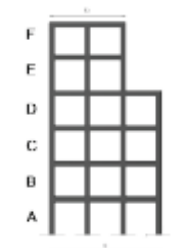
Para la inserción del espectro de respuesta inelástica en el modelo matemático se aplicó un coeficiente de disipación de energía que depende del tipo de estructura, por lo tanto, según la Tabla 16 en (NEC-SE-DS, 2015) el valor del coeficiente R es igual a **3** dado que es una estructura metálica de ductilidad limitada por los muros estructurales que abarcan hasta un segundo piso.

**Tabla 3.14 Coeficiente R en estructuras de ductilidad limitada [NEC-SE-DS, 2015]**

<b>Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada</b>	<b>R</b>
<b>Pórticos resistentes a momento</b>	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia.	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
<b>Muros estructurales portantes</b>	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería no reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

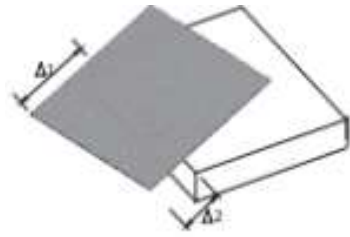
Además, se eligen valores de irregularidad en planta e irregularidad en elevación, los cuales dependen de la configuración geométrica de la estructura principal detalladas en las tablas 13 y 14 de la **(NEC-SE-DS, 2015)**.

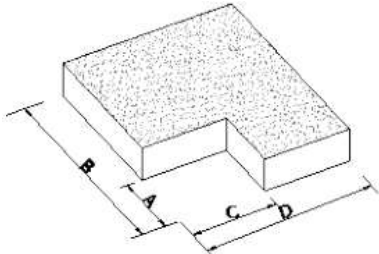
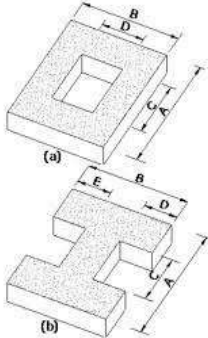
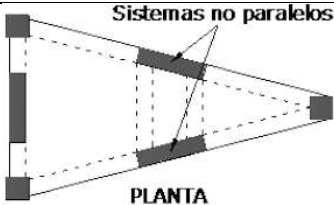
**Tabla 3.15 Coeficiente de irregularidad en elevación [NEC-SE-DS, 2015]**

<p><b>Tipo 1 – Piso flexible</b>  <math>\phi_{Ei} = 0.9</math>  Rigidez <math>K_C &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_D</math>  Rigidez <math>&lt; 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p><b>Tipo 2 – Distribución de masa</b>  <math>\phi_{Ei} = 0.9</math>  <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math> ó  <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p><b>Tipo 3 – Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_{Ei} = 0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	

Dado que no se tiene ni un caso de los vistos en la Tabla 3.15, el coeficiente de irregularidad en elevación se estima igual a 1.

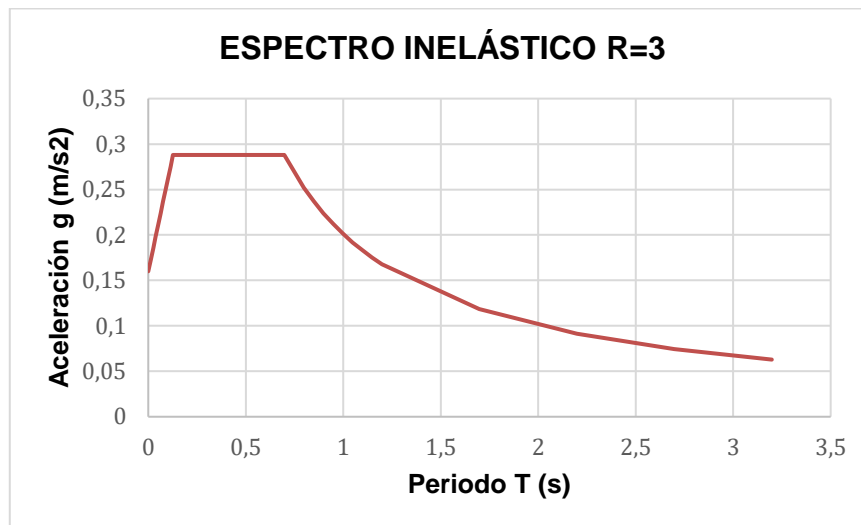
**Tabla 3.16 Coeficientes de irregularidad en planta [NEC-SE-DS, 2015]**

<p><b>Tipo 1 – Irregularidad Torsional</b>  <math>\phi_{pi} = 0.9</math>  <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}</math></p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1.2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
--	--

<p><b>Tipo 2</b> – Retrocesos excesivos en las esquinas  <math>\phi_{pi} = 0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p><b>Tipo 3</b> – Discontinuidades en el sistema de piso  <math>\phi_{pi} = 0.9</math>  a) <math>CxD &gt; 0.5AxB</math>  b) <math>[CxD + CxE] &gt; 0.5AxB</math></p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p><b>Tipo 4</b> – Ejes estructurales no paralelos  <math>\phi_{pi} = 0.9</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	

Dado que no se tiene ni un caso de los vistos en la Tabla 3.16, el coeficiente de irregularidad en planta se estima igual a 1.

Por lo tanto, el factor R en el espectro de respuesta sísmica inelástica no se ve afectado o modificado por ningún otro parámetro.



**Figura 3.10 Espectro de respuesta inelástico [Martínez & Villamar, 2023]**

### 3.1.5.5 Masa sísmica reactiva

Para determinar la masa del edificio que participará en el sismo se usó únicamente las cargas muertas como lo son:

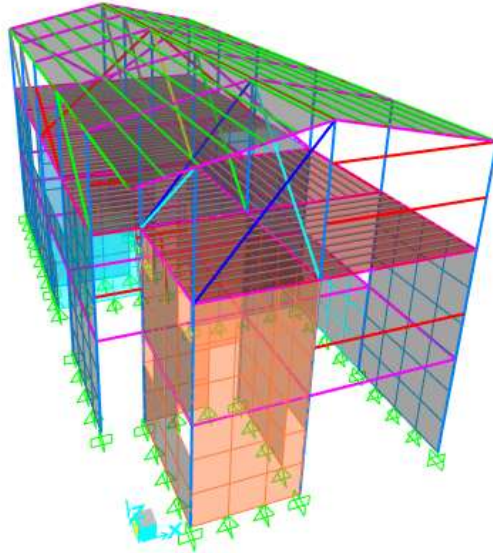
- Peso propio de elementos estructurales (DEAD)
- Peso correspondiente a instalaciones y acabados (SD)

### 3.1.6 Verificaciones (modelo inicial)

#### 3.1.6.1 Periodo de vibración

En la sección 3.1.3 se calculó el periodo de vibración o periodo fundamental de la estructura, el cual es 0.323s, por otra parte, en el software de cálculo se obtuvo un periodo de 0.386s proveniente el análisis modal espectral. En base a la normativa (NEC-SE-DS, 2015) el análisis modal espectral no debe ser mayor a un 30% del calculado en la sección 3.1.3, el modal encuentra por debajo de lo estimado (0.42s) lo cual es correcto sabiendo que se tiene una estructura con muros estructurales.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.38683; f = 2.58512



**Figura 3.11 T=0.386 Periodo de la estructura [Martínez & Villamar, 2023]**

### 3.1.6.2 Masa participativa

Según lo especificado en NEC 2015, el porcentaje de masa participativa de la estructura debe ser de al menos el 90% en cada sentido de análisis lo cual se cumple en la Tabla 3.17 con una participación de 95% y 91% en X e Y respectivamente.

**Tabla 3.17 Modal Load Participation Ratios - SAP2000**

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static [%]	Dynamic [%]
MODAL	Acceleration	UX	99.9822	95.5318
MODAL	Acceleration	UY	99.9128	91.1281

### 3.1.6.3 Análisis dinámico

El espectro inelástico que se usó para el análisis dinámico fue el mostrado en la Figura 3.10, donde se procedió a realizar una comparación entre el cortante basal estático y dinámica. Con el fin de cumplir lo dictado en la NEC-2015, se aplicó una

corrección al cortante dinámico del 2.47 y 2.55 en X e Y respectivamente debido a que estos no alcanzaban el 80% del estático.

**Tabla 3.18 Corrección de cortante [Martínez & Villamar, 2023]**

Dirección	V estático	V dinámico	FC
-	[Ton]	[Ton]	-
x	22.0274	8.93	2.46667413
y	22.0274	8.63	2.55242178

### 3.1.6.4 Derivas

Según lo establecido por la (NEC-SE-DS, 2015) sección 4.2.2 el límite máximo permitido para las derivas de piso en una estructura conformada por muros es del 1%, y se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta_M = 0.75R\Delta_E \quad (3.7)$$

Fuente: NEC-SE-DS (2015)

- $\Delta_M$  Deriva máxima inelástica (Di)
- $R$  Valor de 3 de acuerdo con Figura 3.10
- $\Delta_E$  Desplazamiento obtenido por fuerzas laterales

**Tabla 3.19 Derivas dirección X [Martínez & Villamar, 2023]**

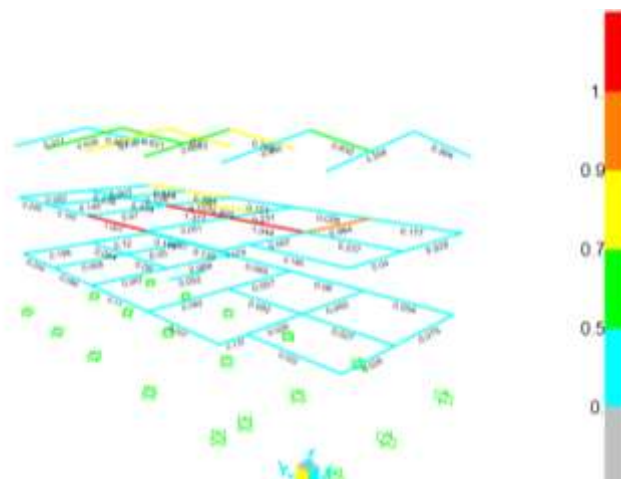
Label	Piso	hx	X SAP	Deriva entrepiso	Deriva elástica	R	Di	Di
		[m]	[m]	[m]				%
47	3	2.2	0.0295	0.0013	0.0006	3	0.0013	0.13%
43	2	2.55	0.0282	0.0174	0.0068	3	0.0153	1.53%
70	1	2.5	0.0108	0.0108	0.0043	3	0.0097	0.97%

**Tabla 3.20 Derivas dirección Y [Martínez & Villamar, 2023]**

Label	Piso	hx	Y SAP	Deriva entrepiso	Deriva elástica	R	Di	Di
		[m]	[m]	[m]				%
47	3	2.20	0.00071	0.00045	0.00021	3	0.00046	0.046
43	2	2.55	0.00025	0.00023	0.00009	3	0.00020	0.020
70	1	2.50	0.00002	0.00002	0.00001	3	0.00002	0.002

En la Tabla 3.19 se puede observar que las derivas en el sentido X de la estructura no cumplen en el nivel del entrepiso (Label 43) ya que se desplaza un 53% más de lo máximo establecido, lo que se puede solucionar al rigidizar la parte de la estructura que se encuentra flexible o donde ocurre el mayor desplazamiento. Por otra parte, en la Tabla 3.20 se evidencia un desplazamiento casi nulo de la estructura, lo cual es correcto y se debe a que la gran mayoría de muros se encuentran ubicados en esa dirección.

### 3.1.6.5 Vigas principales



**Figura 3.12 Demanda Capacidad (DCR) en vigas principales [Martínez & Villamar, 2023]**

El único perfil de vigas principales con el que se cuenta es HSS 100x100x3 mm, perfil que incluso es usado en secciones de cubierta como se puede observar en la Figura 3.12. Se cuenta con un DCR por debajo de 0.5 en la mayoría de las vigas, sin embargo, esto se debe a que todas estas vigas principales descansan sobre los muros estructurales, de forma que las cargas y esfuerzos son distribuidos en ellos. También se observan 3 elementos con un DCR mayor a 1 lo cual indica que necesitan ser reforzados y se evidencia el hecho de que al no tener un muro que soporte la viga, esta se vuelve insuficiente con sus dimensiones actuales.



### 3.1.6.6 Nervios de entrepiso

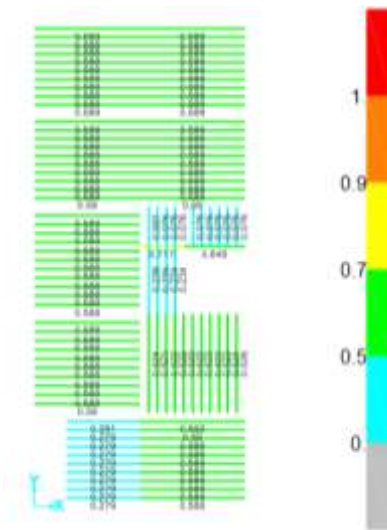


Figura 3.13 DCR Nervios de entrepiso [Martínez & Villamar, 2023]

Como se puede observar en la Figura 3.13, la capacidad del sistema de vigas que soportan el mezanine es por mucho lo que se requiere, teniendo prácticamente todos los DCR por debajo de 0.6, por lo tanto, el sistema de vigas es satisfactorio.

En la visita al sitio realizada, se pudo notar ligeras vibraciones en el entrepiso estudiado, sin embargo, como ya se aclaró en la Figura 3.13, el motivo no fue por capacidad estructural, sino al peralte de viga usado el cual por normativa debe ser  $(L/20)$  lo cual solicita un mínimo de 173mm en contraste al usado de 80mm.

### 3.1.6.7 Columnas

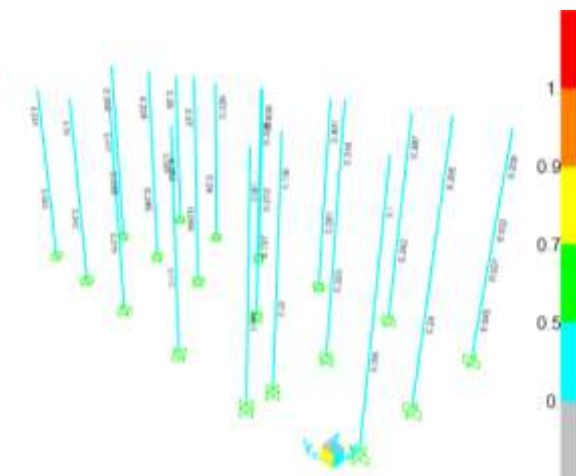
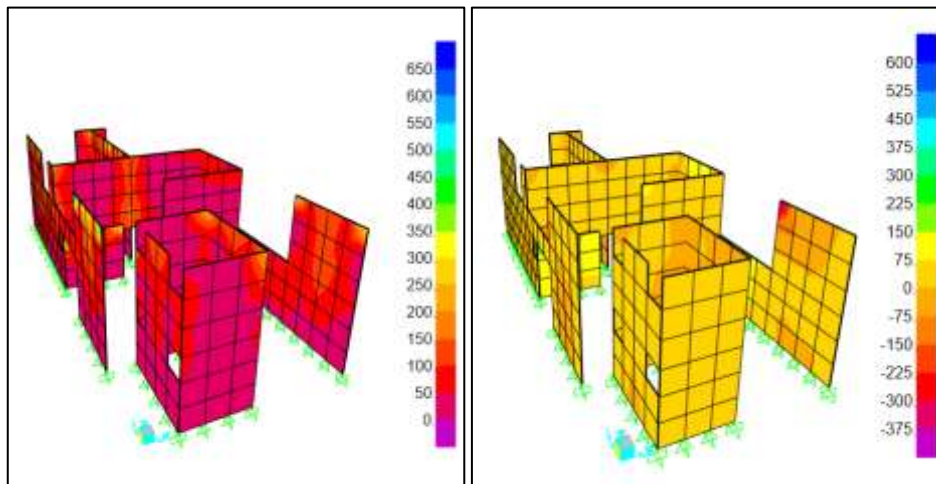


Figura 3.14 DCR Columnas [Martínez & Villamar, 2023]

El estado de las columnas, como se observa en la Figura 3.14 es satisfactorio y cumple cada demanda de la edificación al tener un DCR por debajo de 0.5 lo cual también se debe a los muros estructurales de la vivienda por el motivo de absorber la mayor parte de las demandas.

### 3.1.6.8 Muros estructurales



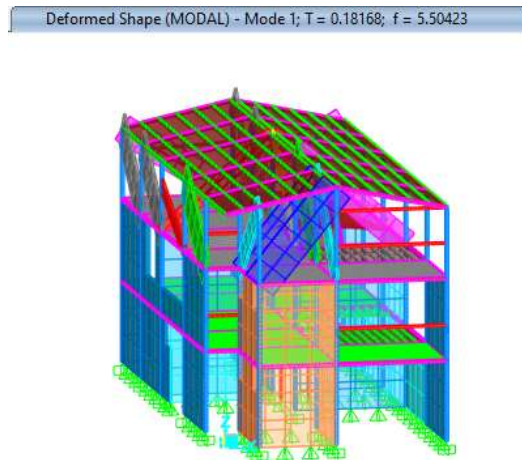
**Figura 3.15 Esfuerzos generados en los muros, sentido X e Y (Ton/m<sup>2</sup>) [Martínez & Villamar, 2023]**

Los esfuerzos de los muros estructurales tienen un promedio de 10 kg/cm<sup>2</sup>, véase Figura 3.15, siendo en las esquinas de los muros donde se evidencia un incremento de los esfuerzos. El diseño de los muros se encuentra en la sección de anexos.

### 3.1.7 Verificaciones (modelo final)

Se realizó el diseño de los elementos estructurales requeridos en el proyecto, por lo que, a su vez, se actualizó el modelo matemático y se obtuvo el comportamiento de la estructura con sus nuevas cargas.

### 3.1.7.1 Periodo de vibración



**Figura 3.16 Periodo de la estructura T=0.182s [Martínez & Villamar, 2023]**

El periodo obtenido luego de la implementación del mezanine y la colocación de los muros estructurales es menor al que se obtuvo en la sección 3.1.6.1, siendo ahora de 0.18s lo cual significa que la estructura es aún más rígida. El periodo cumple satisfactoriamente con lo establecido en la (NEC-SE-DS, 2015), sigue siendo menor al calculado en la sección 3.1.3 aumentado en un 30%.

### 3.1.7.2 Masa participativa

**Tabla 3.21 Modal Load Participation Ratios - SAP2000**

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static [%]	Dynamic [%]
MODAL	Acceleration	UX	99.948	94.8711
MODAL	Acceleration	UY	99.7361	90.9248

El porcentaje de masa participativa de la estructura disminuyó en casi un 1% tanto en X como en Y, esto sigue cumpliendo con el mínimo establecido en (NEC-SE-DS, 2015) de que sea por lo menos el 90%.

### 3.1.7.3 Análisis dinámico

El análisis dinámico de la estructura con sus implementaciones no sufrió cambios significativos, motivo por el cual no se realizó ninguna corrección de cortante y se continuó con los valores obtenidos previamente.

### 3.1.7.4 Derivas

**Tabla 3.22 Derivas dirección X [Martínez & Villamar, 2023]**

Label	Piso	hx	X SAP	Deriva entrepiso	Deriva elástica	R	Di	Di
		[m]	[m]	[m]				%
47	3	2.2	0.0020	0.0056	0.0025	3	0.0057	0.57%
43	2	2.55	0.0076	0.0043	0.0017	3	0.0038	0.38%
70	1	2.5	0.0033	0.0033	0.0013	3	0.0029	0.29%

**Tabla 3.23 Derivas dirección Y [Martínez & Villamar, 2023]**

Label	Piso	hx	Y SAP	Deriva entrepiso	Deriva elástica	R	Di	Di
		[m]	[m]	[m]				%
47	3	2.20	0.00067	0.00009	0.00004	3	0.00009	0.009%
43	2	2.55	0.00058	0.00033	0.00013	3	0.00029	0.029%
70	1	2.50	0.00025	0.00025	0.00010	3	0.00023	0.023%

Con la implementación del mezanine, los perfiles usados para arriostrar la cubierta y los muros de hormigón armado colocados para rigidizar la estructura en su parte más débil se logró cumplir con derivas máximas menores al 1%. La (NEC-SE-DS, 2015) requiere de máximas derivas de 1% para estructuras conformadas con muros, por lo tanto, es satisfactorio.

### 3.1.7.5 Vigas principales

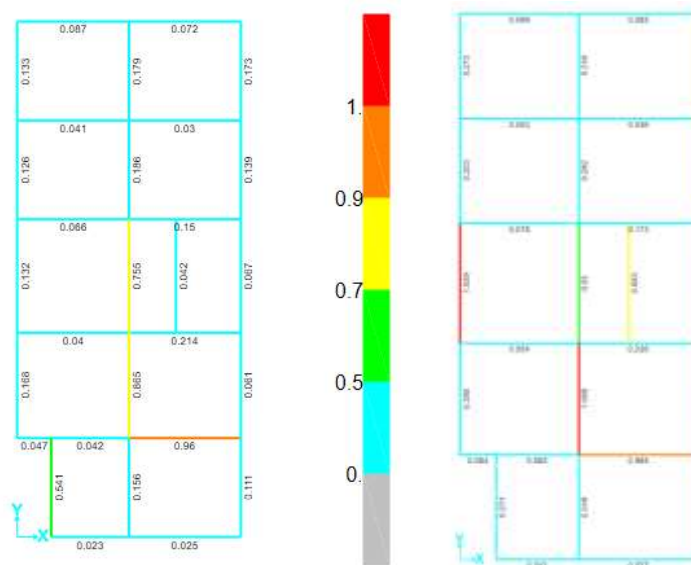


Figura 3.17 DCR Vigas principales primer y segundo entrepiso [Martínez & Villamar]

Como se observa en la Figura 3.17, las vigas de cada nivel, en su mayoría son satisfactorias al tolerar mayores demandas que las requeridas, no obstante, se requirió de un refuerzo en una viga cuyo DCR era de 1.41, por lo que se suelda otro perfil de igual sección debajo del mismo, generando un doble peralte, y se admiten bajo criterio ingenieril DCR de hasta 1.05%.

### 3.1.7.6 Nervios

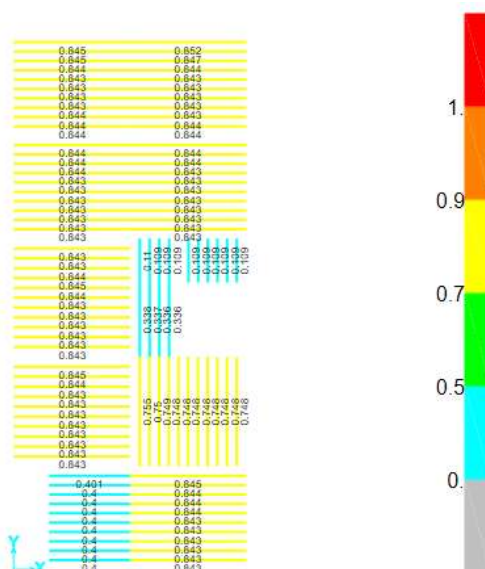


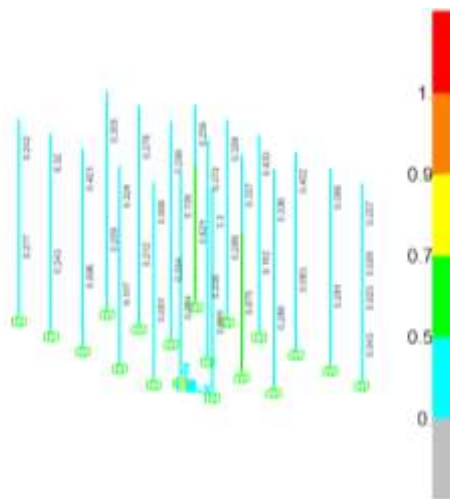
Figura 3.18 DCR Nervios Mezanine [Martínez & Villamar, 2023]

Los DCR que se muestran en la Figura 3.18 son mayores que los que se tienen en el piso construido (piso 2), llegando a valores óptimos cercanos a 0.9 debido a que se empleó un tipo de viga con menor capacidad (80x40x2) mm para reducir costos al haberse analizado el entrepiso construido y observar que las vigas estaban sobredimensionadas.

### 3.1.7.7 Refuerzo Tensores

El diseño de los tensores se contempla en la sección de Anexos, se utilizó como tensor un perfil de sección HSS 80x40x1.5mm, el cual sirvió para arriostrar la cubierta y el pórtico del eje 5 por el motivo que las derivas excedían en máximo permitido por la (NEC-SE-DS, 2015) del 1%.

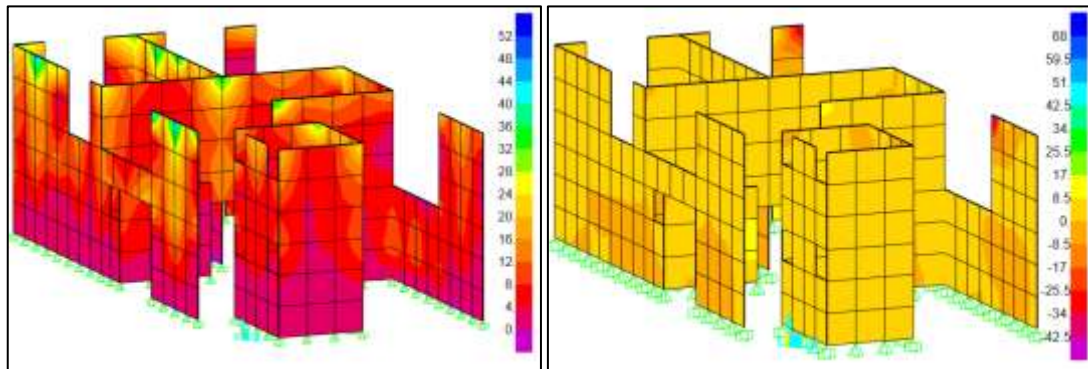
### 3.1.7.8 Columnas



**Figura 3.19 DCR Columnas [Martínez & Villamar, 2023]**

Tal como se observa en la Figura 3.19, los valores DCR de las columnas en comparación con la sección 3.1.6.7 han aumentado hasta en un 100% debido al mezanine implementado, sin embargo, no se identifica que ningún elemento tenga una capacidad menor a la demandada, por lo tanto, las columnas son satisfactorias.

### 3.1.7.9 Muros estructurales



**Figura 3.20 Esfuerzos generados en los muros, sentido X-Y (Kg/cm<sup>2</sup>) [Martínez & Villamar, 2023]**

Los esfuerzos de los muros estructurales tienen un promedio mayor al de su etapa inicial en su reevaluación (sección 3.1.6.8), actualmente promedia los 12 kg/cm<sup>2</sup> con esfuerzos mucho mayores en las esquinas de los muros que llegan hasta 30 kg/cm<sup>2</sup>, véase Figura 3.20. El diseño de los muros se encuentra en la sección de Anexos.

## 3.2 Especificaciones técnicas

### 001 – Anclaje con varilla – inyección de resina mampostería reforzada

Descripción:

Con el uso de un epóxico (resina) se realizará el anclaje de las respectivas varillas pertenecientes al refuerzo de los muros estructurales que se planea construir.

Materiales:

- Varillas de refuerzo  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>
- Resina Resintex 50
- Barreno de perforación

Equipo:

- Equipo suelda autógena
- Martillo neumático con compresor

- Equipo de inyección
- Herramientas menores

Mano de obra:

- Peón
- Operador Equipo Pesado
- Inspector de obra

Procedimiento:

Limpieza

Se debe realizar una profunda limpieza en el sitio ya que, si existe un piso con baldosas o cerámica, se necesitará dañar la superficie y el polvo es un enemigo de los epóxicos.

Perforación

Se ubica el lugar preciso donde se desea realizar el anclaje de las varillas, es decir en la viga de cimentación, y se perfora con ayuda de los equipos especializados la profundidad especificada en los planos estructurales y en el caso de no existir una indicación se debe de perforar un aproximado de 20cm evitando en la medida de lo posible dañar el refuerzo actual de la viga de cimentación.

Resina

Cada resina tiene un manual dado por el fabricante del producto donde se indica la forma adecuada de utilizar el producto, tipos de mezcla, especificaciones en general ligadas a los estándares y regulaciones del país.

Utilizar el equipo para inyección de resina y aplicarlos en los agujeros realizados que deben estar limpios y asegurarse de que no queden burbujas de aire atrapado en el proceso de inserción de resina.



#### Colocación de varillas

Insertar las varillas de refuerzo en los agujeros con resina, hacerlo justo después de aplicar la resina para evitar un fraguado pronto de la misma y que luego no se garantice un correcto anclaje, insertar la varilla girándola levemente hasta que llegue a tu tope.

#### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es la unidad de varilla de refuerzo anclada en sitio, ver detalles en APUs

### **002 – Anclaje con varilla – inyección de Muro Hormigón Armado**

#### Descripción:

Con el uso de un epóxico (resina) se realizará el anclaje de las respectivas varillas pertenecientes al refuerzo de los muros estructurales que se planea construir.

#### Materiales:

- Varillas de refuerzo  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>
- Resina Resintex 50
- Barreno de perforación

#### Equipo:

- Equipo suelda autógena
- Martillo neumático con compresor
- Equipo de inyección
- Herramientas menores

#### Mano de obra:

- Peón
- Operador Equipo Pesado
- Inspector de obra

Procedimiento:

#### Limpieza

Se debe realizar una profunda limpieza en el sitio ya que, si existe un piso con baldosas o cerámica, se necesitará dañar la superficie y el polvo es un enemigo de los epóxicos.

#### Perforación

Se ubica el lugar preciso donde se desea realizar el anclaje de las varillas, es decir en la viga de cimentación, y se perfora con ayuda de los equipos especializados la profundidad especificada en los planos estructurales y en el caso de no existir una indicación se debe de perforar un aproximado de 20cm evitando en la medida de lo posible dañar el refuerzo actual de la viga de cimentación.

#### Resina

Cada resina tiene un manual dado por el fabricante del producto donde se indica la forma adecuada de utilizar el producto, tipos de mezcla, especificaciones en general ligadas a los estándares y regulaciones del país.

Utilizar el equipo para inyección de resina y aplicarlos en los agujeros realizados que deben estar limpios y asegurarse de que no queden burbujas de aire atrapado en el proceso de inserción de resina.

#### Colocación de varillas

Insertar las varillas de refuerzo en los agujeros con resina, hacerlo justo después de aplicar la resina para evitar un fraguado pronto de la misma y que luego no se garantice un correcto anclaje, insertar la varilla girándola levemente hasta q llegue a tu tope.

#### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es la unidad de varilla de refuerzo anclada en sitio, ver detalles en APUs.

## **003-1 – Varilla de acero corrugado 8mm**

### Descripción:

Esta sección se refiere a la obtención de la varilla, corte, doblado, amarre y puesta en sitio del elemento como refuerzo estructural, en base a cada detalle establecido en los planos entregados para el comienzo de la obra.

### Materiales:

- Alambre recocido (galvanizado número 18)
- varilla Ø 8mm con fluencia 4200 kg/cm<sup>2</sup>

### Equipo:

- Equipo de corte (pulidora – cortadora)
- Herramientas básicas

### Mano de obra:

- Maestro de obra
- Fierro

### Procedimiento:

Las barras o varillas de refuerzo deben cumplir con lo detallado en las normativas (INEN 102 – Especificaciones para varillas corrugadas, ASTM 305 – varilla corrugada para refuerzo en concreto).

### Doblado

Se debe seguir a detalle lo descrito en los planos estructurales, el doblado se lo realiza en frío con las respectivas herramientas, no debe de existir afectación en aquellas barras que se encuentran en la conexión o punto de traslape para asegurar su máximo rendimiento. Los valores del doblado de varilla deben estar especificado en los planos, sin embargo, mínimamente la normativa indica que para varillas de 8mm el radio de doblado deber ser 3 veces el diámetro de la varilla (24 mm).

### Colocación

El acero para poder ser colocado debe estar libre de cualquier suciedad o sustancia que interfiera en la adherencia posterior con el concreto, así también, para colocarse se debe amarrar con alambre recocido número 18 con lo cual se logrará fijar adecuadamente las varillas para el vaciado del concreto en el elemento estructural.

### Traslapes

Los traslapes deben de ser al menos 50 veces el diámetro de la varilla y evitando siempre realizar muchos traslapes en la misma zona, es decir, realizarlos de forma escalonada para no tener zonas con altas concentraciones de acero, en este caso, la longitud de traslape mínima de la varilla debe ser 40 cm.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el kg de acero de refuerzo puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **003-2 – Varilla de acero corrugado 10mm**

### Descripción:

Esta sección se refiere a la obtención de la varilla, corte, doblado, amarre y puesta en sitio del elemento como refuerzo estructural, en base a cada detalle establecido en los planos entregados para el comienzo de la obra.

### Materiales:

- Alambre recocido (galvanizado número 18)
- Varilla Ø 10mm con fluencia 4200 kg/cm<sup>2</sup>

### Equipo:

- Equipo de corte (pulidora – cortadora)
- Herramientas básicas

Mano de obra:

- Maestro de obra
- Ferrero

Procedimiento:

Las barras o varillas de refuerzo deben cumplir con lo detallado en las normativas (INEN 102 – Especificaciones para varillas corrugadas, ASTM 305 – varilla corrugada para refuerzo en concreto).

Doblado

Se debe seguir a detalle lo descrito en los planos estructurales, el doblado se lo realiza en frío con las respectivas herramientas, no debe de existir afectación en aquellas barras que se encuentran en la conexión o punto de traslape para asegurar su máximo rendimiento. Los valores del doblado de varilla deben estar especificado en los planos, sin embargo, mínimamente la normativa indica que para varillas de 10mm el radio de doblado deber ser 3 veces el diámetro de la varilla (30 mm).

Colocación

El acero para poder ser colocado debe estar libre de cualquier suciedad o sustancia que interfiera en la adherencia posterior con el concreto, así también, para colocarse se debe amarrar con alambre recocido número 18 con lo cual se logrará fijar adecuadamente las varillas para el vaciado del concreto en el elemento estructural.

Traslapes

Los traslapes deben de ser al menos 50 veces el diámetro de la varilla y evitando siempre realizar muchos traslapes en la misma zona, es decir, realizarlos de forma escalonada para no tener zonas con altas concentraciones de acero, en este caso, la longitud de traslape mínima de la varilla debe ser 50 cm.

Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el kg de acero de refuerzo puesto en sitio, ver detalles en APUs.

#### **004 – Varilla de acero corrugado 5.5mm**

Descripción:

Esta sección se refiere a la obtención de la varilla, corte, doblado, amarre y puesta en sitio del elemento como refuerzo estructural, en base a cada detalle establecido en los planos entregados para el comienzo de la obra.

Materiales:

- Alambre recocido (galvanizado número 18)
- Varilla Ø 5.5mm con fluencia 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Equipo:

- Equipo de corte (pulidora – cortadora)
- Herramientas básicas

Mano de obra:

- Maestro de obra
- Fierro

Procedimiento:

Las barras o varillas de refuerzo deben cumplir con lo detallado en las normativas (INEN 102 – Especificaciones para varillas corrugadas, ASTM 305 – varilla corrugada para refuerzo en concreto).

Doblado

Se debe seguir a detalle lo descrito en los planos estructurales, el doblado se lo realiza en frío con las respectivas herramientas, no debe de existir afectación en aquellas barras que se encuentran en la conexión o punto de traslape para asegurar

su máximo rendimiento. Los valores del doblado de varilla deben estar especificado en los planos, sin embargo, mínimamente la normativa indica que para varillas de 5.5mm el radio de doblado deber ser 3 veces el diámetro de la varilla (17 mm).

#### Colocación

El acero para poder ser colocado debe estar libre de cualquier suciedad o sustancia que interfiera en la adherencia posterior con el concreto, así también, para colocarse se debe amarrar con alambre recocido número 18 con lo cual se logrará fijar adecuadamente las varillas para el vaciado del concreto en el elemento estructural.

#### Traslapes

Los traslapes deben de ser al menos 50 veces el diámetro de la varilla y evitando siempre realizar muchos traslapes en la misma zona, es decir, realizarlos de forma escalonada para no tener zonas con altas concentraciones de acero, en este caso, la longitud de traslape mínima de la varilla debe ser 28 cm.

#### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el kg de acero de refuerzo puesto en sitio, ver detalles en APUs.

### **005 – Bloque alivianado 7x20x40**

#### Descripción:

Esta sección se refiere al colocado de los bloques en las paredes de mampostería reforzada, esto incluye el propio bloque y la preparación del mortero para las juntas entre los mismos.

#### Materiales:

- Bloque alivianado de pómez (40x20x7 cm)

Equipo:

- Herramientas básicas

Mano de obra:

- Maestro de obra
- Albañil
- Peón

Procedimiento:

Preparación del área

Es importante contar con una superficie nivelada sin escombros, realizar un plomado para tener una guía tanto vertical como horizontal en la colocación de los bloques.

Mortero

Utilizando cemento, arena y agua en las proporciones adecuadas se prepara la mezcla con trabajabilidad necesaria.

Colocación

Se aplican capas de mortero no menores a 2cm en cada junta para pegar los bloques, y en caso de que se requiera del corte de los bloques para las esquinas, realizarlo con una amoladora procurando que el corte sea lo más limpio posible.

Si el diseño lo requiere, colocar grapas o acero entre hileras como se indica en los planos, por último, realizar acabados en los bloques en cada hilera para que no denote una mala vista en la estructura.

Curado

Mantener húmeda la pared por los próximos 7 días mínimo para que las juntas y zonas donde se colocó hormigón alcancen su máxima resistencia a la compresión.



Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de mampostería puesto en sitio, ver detalles en APU.

### **006 – Hormigón para mampostería reforzada $f'c=180$ kg/cm<sup>2</sup>**

Descripción:

Esta sección se refiere a la resistencia a la compresión que debe alcanzar el hormigón  $f'c=180$  kg/cm<sup>2</sup>, considerando su elaboración, colocación en sitio y curado en base a cada detalle establecido en los planos entregados para el comienzo de la obra, la normativa ecuatoriana NEC e instrucciones del personal a cargo.

Materiales:

- Cemento Fuerte tipo GU Saco 50kg – Holcim DISENSA
- Arena
- Grava
- Agua

Equipo:

- Concretera
- Vibrador de manguera

Mano de obra:

- Maestro de obra
- Peón
- Albañil

Procedimiento:

La forma de elaborar este tipo de hormigón se encuentra estipulado en el ACI 318 y las normativas NTE INEN 152 e NTE INEN 185.

### Elaboración

El primer trabajo por realizarse debe ser el encofrado, el cual será de madera o metal, el mismo debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua de la mezcla y también deberá tener la suficiente rigidez para contener la mezcla sin pandearse o colapsar.

### Dosificación

Según el diseño de mezcla, establece las proporciones de los materiales. La relación agua-cemento es crucial, ya que influye en la resistencia final y la durabilidad del hormigón. Para una resistencia de 18 MPa, la relación agua-cemento debe ser moderada y aprobada por el fiscalizador.

### Mezclado

Utiliza una mezcladora o un equipo adecuado para mezclar los materiales (concretera). Agrega el cemento, los agregados y el agua en las proporciones establecidas y mézclalos hasta obtener una pasta homogénea y uniforme.

### Colocación

Se debe colocar el hormigón mientras se encuentre fresco, se coloca de forma continua con ayuda del vibrador para asegurar una distribución homogénea y no hacer uso de más agua para ablandar la mezcla por lo que dicho acto disminuye la capacidad del hormigón.

### Curado

Después de colocar y compactar el hormigón, es esencial realizar un adecuado proceso de curado para evitar la pérdida prematura de humedad. El curado se realiza manteniendo la superficie del hormigón húmeda y protegiéndola de la luz solar directa durante al menos 7 días.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>3</sup> de hormigón f'c 180 kg/cm<sup>2</sup> puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **007 – Hormigón para muro de hormigón armado $f'c=180$ kg/cm<sup>2</sup>**

### Descripción:

Esta sección se refiere a la resistencia a la compresión que debe alcanzar el hormigón  $f'c=180$  kg/cm<sup>2</sup>, considerando su elaboración, colocación en sitio y curado en base a cada detalle establecido en los planos entregados para el comienzo de la obra, la normativa ecuatoriana NEC e instrucciones del personal a cargo.

### Materiales:

- Cemento Fuerte tipo GU Saco 50kg – Holcim DISENSA
- Arena
- Grava
- Agua

### Equipo:

- Concreteira
- Vibrador de manguera

### Mano de obra:

- Maestro de obra
- Peón
- Albañil

### Procedimiento:

La forma de elaborar este tipo de hormigón se encuentra estipulado en el ACI 318 y las normativas NTE INEN 152 e NTE INEN 185.

### Elaboración

El primer trabajo por realizarse debe ser el encofrado, el cual será de madera o metal, el mismo debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua de la mezcla

y también deberá tener la suficiente rigidez para contener la mezcla sin pandearse o colapsar.

#### Dosificación

Según el diseño de mezcla, establece las proporciones de los materiales. La relación agua-cemento es crucial, ya que influye en la resistencia final y la durabilidad del hormigón. Para una resistencia de 18 MPa, la relación agua-cemento debe ser moderada y aprobada por el fiscalizador.

#### Mezclado

Utiliza una mezcladora o un equipo adecuado para mezclar los materiales (concretera). Agrega el cemento, los agregados y el agua en las proporciones establecidas y mézclalos hasta obtener una pasta homogénea y uniforme.

#### Colocación

Se debe colocar el hormigón mientras se encuentre fresco, se coloca de forma continua con ayuda del vibrador para asegurar una distribución homogénea y no hacer uso de más agua para ablandar la mezcla por lo que dicho acto disminuye la capacidad del hormigón.

#### Curado

Después de colocar y compactar el hormigón, es esencial realizar un adecuado proceso de curado para evitar la pérdida prematura de humedad. El curado se realiza manteniendo la superficie del hormigón húmeda y protegiéndola de la luz solar directa durante al menos 7 días.

#### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>3</sup> de hormigón f'c 180 kg/cm<sup>2</sup> puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **008 – Montaje de perfiles A36**

### Descripción:

Esta sección se refiere al transporte, corte, montaje y colocación de elementos necesarios la instalación del perfil en sitio tal como se indica en los planos estructurales.

### Materiales:

- Perfil de acero A36, HSS
- Imprimación antioxidante

### Equipo:

- Andamios
- Soldadora
- Electrodo
- Cortadora

### Mano de obra:

- Montador de estructura metálica
- Ayudante montador de estructura metálica

### Procedimiento:

Cada perfil de acero estructural debe de cumplir con las especificaciones dadas en las normativas ASTM36, ASTM A325, ASTM A307 al igual que pernos o elementos adicionales que se usarán para el montaje e instalación de este a excepción de los electrodos que obedecen la normativa ASW A5.5.

Los perfiles deben de ser limpiados y recibir una capa de espray antioxidante, si el acero se embebe en hormigón, no es necesario aplicar la capa de antioxidante, cada elemento que deba ser unido por medio de soldadura debe ser cortado de forma precisando biseles y dimensiones, el cordón de soldadura para cada unión en caso de no ser especificada tendrá que ser mínimo 3mm (AWS D1.1).

Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el kg de acero estructural puesto en sitio, ver detalles en APUs.

### **009 – Planchas de fibrocemento**

Descripción:

Esta sección se refiere al transporte, corte, montaje y colocación de planchas de fibrocemento en entrepiso (mezanine).

Materiales:

- Eterboard 1.22m x 2.44m x 20mm
- Perfil Track 1 5/8 x 8 ". Gauge
- Perfil Stud 1 5/8 x 8". Gauge
- Fulminantes y clavo
- Tornillo LH para estructura
- Tornillos DRYWALL P/BR (EP) 6-20x1" (250 unidades)

Equipo:

- Taladro
- Herramientas básicas

Mano de obra:

- Perfilero

Procedimiento:

Preparación del área

Tener la superficie totalmente limpia y nivelada, medir las áreas donde se instalarán las planchas de fibrocemento, trazando guías horizontales y verticales.

### Corte

Cortar las planchas de fibrocemento según las necesidades del sitio, en cada uno de sus quiebres donde sea requerido tener dimensiones irregulares.

### Colocación

Movilizar cada plancha de fibrocemento siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante del producto la cual indica que deben de ser 2 personas las que carguen las planchas, alinear las planchas correctamente entre sí y asegurándose de que exista un espacio mínimo para la dilatación entre planchas debido a los cambios de temperatura (5mm).

Con el uso de tornillos o clavos fijar las planchas a la debida superficie siguiendo el mínimo y el máximo de distancia entre pernos, así como al final aplicar un sellador entre juntas para mejorar la estética en cuanto a acabado (en el caso de que se use el fibrocemento en paredes), si es un piso se puede obviar los acabados siempre y cuando se planee colocar baldosas o cerámica posteriormente.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de plancha de fibrocemento puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **010 – Montaje de tensores y doble sección A36**

### Descripción:

Esta sección se refiere al transporte, corte, montaje y colocación de elementos HSS para refuerzo estructural.

### Materiales:

- Perfil de acero A36, HSS
- Imprimación antioxidante

Equipo:

- Andamios
- Soldadora
- Electrodo
- Cortadora

Mano de obra:

- Montador de estructura metálica
- Ayudante montador de estructura metálica

Procedimiento:

Cada perfil de acero estructural debe de cumplir con las especificaciones dadas en las normativas ASTM36, ASTM A325, ASTM A307 al igual que pernos o elementos adicionales que se usarán para el montaje e instalación de este a excepción de los electrodos que obedecen la normativa ASW A5.5.

Los perfiles deben de ser limpiados y recibir una capa de espray antioxidante, si el acero se embebe en hormigón, no es necesario aplicar la capa de antioxidante, cada elemento que deba ser unido por medio de soldadura hacia el muro o columna de soporte, es importante tener en cuenta q la unión entre los tensores y el elemento estructural no debe quedar con ninguna zona libre de soldadura, el cordón de soldadura para cada unión en caso de no ser especificada tendrá que ser mínimo 3mm (AWS D1.1).

Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el kg de acero estructural puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **011 – Enlucido de mampostería reforzada**

Descripción:

Esta sección se refiere al transporte, elaboración y colocación del enlucido paredes.



#### Materiales:

- Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg/cm<sup>2</sup>
- Arena gruesa
- Agua

#### Equipo:

- Llana o paleta
- Nivel
- Regla
- Andamio
- Herramientas básicas

#### Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

#### Procedimiento:

##### Preparación de la superficie

Asegurarse de limpiar de forma que no existas restos de polvo o grasa, en caso de existir grietas en la pared, solucionar y reparar las grietas.

##### Mortero

Preparar el mortero con las especificaciones dadas en planos o mezclando cemento con arena agua hasta obtener una mezcla homogénea y sin grumos, dejando en reposo unos minutos para asegurar su hidratación.

Hidratar las paredes con agua limpia, de forma que no le quite agua a la mezcla del mortero.

### Colocación

Con una llana o paleta, comenzando de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo ir aplicando una capa de mortero extendiéndolo de forma uniforme con un espesor constante de 1.5 cm. Por último, con ayuda de una regla alisa la mezcla en la pared de forma que al mismo tiempo se dé un acabado liso.

### Curado

Mantener húmeda la pared por los próximos 7 días para asegurar un fraguado adecuado.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de enlucido puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **012 – Enlucido de paredes de mampostería reforzada**

### Descripción:

Esta sección se refiere al transporte, elaboración y colocación del enlucido paredes.

### Materiales:

- Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg/cm<sup>2</sup>
- Arena gruesa
- Agua

### Equipo:

- Llana o paleta
- Nivel
- Regla
- Andamio
- Herramientas básicas

### Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

Procedimiento:

Preparación de la superficie

Asegurarse de limpiar de forma que no existas restos de polvo o grasa, en caso de existir grietas en la pared, solucionar y reparar las grietas.

Mortero

Preparar el mortero con las especificaciones dadas en planos o mezclando cemento con arena agua hasta obtener una mezcla homogénea y sin grumos, dejando en reposo unos minutos para asegurar su hidratación.

Hidratar las paredes con agua limpia, de forma que no le quite agua a la mezcla del mortero.

Colocación

Con una llana o paleta, comenzando de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo ir aplicando una capa de mortero extendiéndolo de forma uniforme con un espesor constante de 1.5 cm. Por último, con ayuda de una regla alisa la mezcla en la pared de forma que al mismo tiempo se dé un acabado liso.

Curado

Mantener húmeda la pared por los próximos 7 días para asegurar un fraguado adecuado.

Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de enlucido puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **013-1 – Encofrado**

### Descripción

Proceso de construcción donde se generan moldes temporales para los elementos estructurales hasta su fundición.

### Materiales:

- Tabla dura de encofrado (20cm)
- Tiras de tabla s/d8
- Alambre galvanizado N 18
- Clavos de 2" a 4"

### Equipo:

- Andamio de piso metálico
- Herramientas menores

### Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

### Procedimiento

#### Diseño

El encofrado debe ser diseñado previamente, de tal forma que cumpla con las especificaciones del proyecto y tolere las cargas generadas por la estructura en su fase de construcción.

#### Limpieza

La superficie de la madera a emplearse debe de limpiarse ya que esta estará en contacto directo con el hormigón.

### Ensamblaje

Utilizar anclajes y rigidizadores para el encofrado de tal forma que se asegure la estructura y tolere el peso del concreto.

### Seguridad

Cumplir con las normas de seguridad al proporcionar o colocar barandas donde se requiere o señalando zonas donde se debe andar con precaución debido a los encofrados.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de encofrado puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **013-2 – Desencofrado**

### Descripción:

Proceso de construcción donde se quitan los moldes realizados previamente para cada elemento estructural ya que los mismos han alcanzado una resistencia basta para auto soportarse y cumplir con su función.

### Equipo:

- Andamio de piso metálico
- Herramientas menores

### Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

## Procedimiento

### Limpieza

Para un correcto desencofrado de los elementos vertidos previamente en hormigón es sumamente importante tener todo el entorno limpio para evitar accidentes.

### Inspección

Realizar una breve revisión de las superficies para asegurarse de que se encuentren listas para ser desencofradas.

### Desencofrado

Se comienza a desencofrar desde las zonas menos críticas hasta finalmente llegar a las zonas de mayor importancia. Con movimientos suaves y controlados para evitar causar grietas.

### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de encofrado puesto en sitio, ver detalles en APUs.

## **014 – Empaste de paredes**

### Descripción:

Proceso de construcción para obtener superficies uniformes y lisas.

### Materiales:

- SIKATOP empaste blanco 20 kg con resina
- Agua

### Equipo:

- Andamio de piso metálico
- Herramientas menores

Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

Procedimiento

Limpieza

La superficie debe de encontrarse limpia, sin ningún tipo de sustancia que provoque la pérdida de adherencia, si existe alguna grieta, repararla antes de empezar a aplicar el empaste.

Aplicación

En capas uniformes se debe aplicar el empaste, revisando que no se genere grumos o excesos, utilizar técnicas conocidas como el aplicar en forma de cruce el empaste, es decir trazos entre sí perpendiculares.

Curado

Se debe dejar que seque y cure según las especificaciones del producto antes de realizar cualquier otro trabajo sobre el empaste, es necesario luego aplicar una mano de lija para borrar cualquier imperfección del empaste de tal forma que la pared quede lista para ser pintada.

Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de superficie empastada, ver detalles en APUs.

## **015 – Pintura de paredes**

Descripción:

Proceso para obtener superficies pintadas.

#### Materiales:

- Pintura de caucho
- Lija de agua N°100
- Lija N°2 fierro

#### Equipo:

- Herramientas menores

#### Mano de obra:

- Peón
- Pintor
- Maestro de obra

#### Procedimiento

##### Preparación

Mezcla la pintura de acuerdo con las instrucciones del fabricante para lograr la consistencia adecuada (uniforme y homogénea)

##### Protección

Se requiere del uso de mascarilla para el personal que se encuentra pintando, evitando los olores generados por la mezcla de pintura, así como la protección de las zonas adyacentes, es decir, colocar cartón o plástico sobre el piso o en aquellas zonas que pueden resultar pintadas de forma involuntaria.

##### Aplicación

Usar brochas, rodillos o incluso pistolas de pintura en aquella superficie que se desee pintar, aplicar por lo menos 2 capas de pintura.

Tomar en cuenta detalles importantes en el acabado, bordes con líneas rectas y esquinas sin excedentes de pintura.



Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> de superficie pintada, ver detalles en APU.

### **016 – Cerámica 30x30**

Descripción:

Proceso aplicado a la construcción para tener una superficie decorada con un material de alta resistencia que permite tener un suelo liso y brillante.

Materiales:

- Porcelanato
- Pegante para porcelanato
- Agua
- Empore

Equipo:

- Amoladora
- Cortadora
- Herramientas menores

Mano de obra:

- Peón
- Albañil
- Maestro de obra

Procedimiento

Preparación

La superficie debe de encontrarse limpia y sobre todo nivelada para garantizar un piso correctamente instalado o no desperdiciar ligante.

#### Adhesivo

Se requiere de un ligante o pegante para la cerámica, usualmente se usa Bondex para cerámica o un mortero común.

#### Colocación

Las baldosas deben ser colocadas con una ligera presión y previamente haber colocado ligante con ayuda de un peine dentado ya que así se distribuye el adhesivo de forma uniforme.

#### Juntas

Se utilizan separadores o espaciadores entre cerámicas con el fin de general juntas que serán selladas con el mismo mortero o ligante, es importante aprovechar estar juntas para utilizar dispositivos de nivelación q garanticen la uniformidad del piso.

#### Pago:

La unidad de pago del rubro descrito es el m<sup>2</sup> cerámica colocada en sitio, ver detalles en APU.

# CAPÍTULO 4

## 4 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Objetivos

#### 4.1.1 Objetivo General

Evaluar el impacto ambiental del rediseño de la edificación de uso residencial que cuenta con distintos tipos de muros estructurales mediante el estudio de impacto ambiental con la finalidad de garantizar una estructura más sostenible.

#### 4.1.2 Objetivos Específicos

1. Analizar las actividades en cada etapa del rediseño que generen un considerable efecto tanto beneficioso como adverso en el medio ambiente.
2. Identificar los factores del entorno que están experimentando un mayor impacto durante la ejecución de las tareas.
3. Establecer medidas de mitigación para aquellas actividades que produzcan un impacto negativo en el medio ambiente.

### 4.2 Descripción del proyecto

La industria de la construcción se encuentra en constante crecimiento produciendo una alta demanda en la utilización de recursos naturales, y por ende genera altas tasas de polución (Augusto, 2019).

En el presente proyecto se evaluará el impacto ambiental de cada alternativa a través de la metodología de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) debido que es un tipo de proyecto referente a ampliación y rehabilitación de la infraestructura.

Se tiene 3 alternativas para el diseño de muros de corte: mampostería reforzada, muro enchapado y muro de hormigón armado; y 3 alternativas para el diseño del mezanine: fibrocemento, Steel Deck y madera.

Sin embargo, se analizará los materiales y los factores que influyen en el proceso constructivo de las alternativas anteriormente mencionadas.

En la construcción de los muros se destaca la presencia de materiales como bloques de hormigón, acero estructural y hormigón. Por otra parte, para la construcción del mezanine destacan materiales como la madera, planchas de fibrocemento, acero galvanizado, hormigón y acero estructural.

#### 4.2.3 Materiales de muros estructurales

A continuación, se describe sobre el impacto ambiental de cada uno de los materiales empleados en la construcción de los muros estructurales:

##### 4.2.3.1 Bloque de hormigón

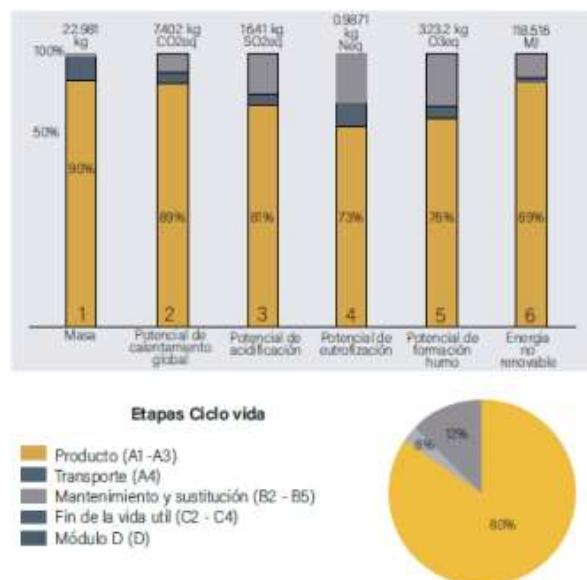


Figura 4.1 Matriz de ciclo de vida – Bloque de hormigón [ Rubiano Martínez, 2022]

A través de esta matriz se puede concluir que el insumo extraído genera un nivel de contaminación del 90%, mientras que el transporte correspondiente al 10% de la extracción también contribuye a la contaminación. En cuanto al impacto

ambiental, se observa que tiene una influencia del 73% en el potencial de eutrofización del agua, con un valor de 0.98% KG, y afecta la calidad ambiental. Además, su producción está relacionada con un 76% en el potencial de formación de humo, donde se generan 323.2 kg de contaminación de ozono debido al sobrecalentamiento. Por último, se destaca que este proceso consume una gran cantidad de energía no renovable, representando un 89% con un total de 118.516 MJ, y esta producción de ladrillos genera una cantidad de energía, trabajo o calor equivalente a evaporar una roca de 40 MJ (Rubiano Martínez, 2022).

#### **4.2.3.2 Acero estructural**

La producción de hierro y acero genera volúmenes significativos de aguas residuales y emisiones atmosféricas. Si no se gestionan adecuadamente, estas emisiones pueden causar una grave degradación del suelo, el agua y el aire (Ambiental, 2020).

El acero tiene el potencial de ser un material altamente sostenible debido a su durabilidad, resistencia y facilidad de reciclaje. No obstante, la producción de acero se enfrenta a desafíos debido a su dependencia del coque, que se obtiene mediante la carbonización del carbón a altas temperaturas, y la utilización de combustibles fósiles en sus procesos. Esto hace que la producción de acero sea intensiva en energía. Por cada tonelada de acero producida, se emiten aproximadamente 1,8 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Además, la producción de acero genera compuestos nocivos y contaminantes como el monóxido de carbono (CO), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que contribuyen a la lluvia ácida y pueden afectar tanto al suelo como a la vegetación. (Science, 2022)

#### **4.2.3.3 Hormigón**

De acuerdo con la Asociación Global de Cemento y Hormigón (GCCA), la producción de cemento, un componente esencial en la fabricación del hormigón es responsable de aproximadamente el 7% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estas emisiones son tres veces mayores que las generadas

por el tráfico aéreo. Además, se conoce que al producir una tonelada de cemento se libera casi una tonelada de CO<sub>2</sub> (France 24, 2021).

Por otra parte, la producción de hormigón también tiene un impacto negativo en la contaminación del agua. Durante su fabricación, se utilizan productos químicos como el óxido de calcio e hidróxido de calcio, los cuales pueden resultar dañinos para la vida acuática si son vertidos en cuerpos de agua. Adicionalmente, la extracción de materias primas necesarias para la fabricación del hormigón, como arena, grava y piedra caliza, puede ocasionar la destrucción de hábitats naturales y el desplazamiento de la fauna (Diario, 2022).

#### **4.2.4 Materiales de mezanine**

A continuación, se describe sobre el impacto ambiental de cada uno de los materiales empleados en la construcción del mezanine, sin embargo, no se detallará sobre el hormigón ni el acero estructural debido que aquello ya se mencionó en la sección 4.2.3.

##### **4.2.4.1 Madera**

Este recurso posee características únicas que lo convierten en un elemento renovable y reciclable. Entre sus ventajas destaca su baja energía incorporada. Este concepto se refiere a la cantidad de energía requerida para cosechar, extraer, fabricar y transportar un material o producto hasta su lugar de uso. La madera no solo tiene la capacidad de acumular grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, sino que también su fabricación genera emisiones de gases de efecto invernadero considerablemente más bajas en comparación con otros materiales. La producción de una tonelada de madera genera tan solo 33 kilos de emisiones netas de carbono (TecnoFast, 2021).

Por otra parte, la madera tiene la capacidad inherente de absorber el dióxido de carbono de forma natural, lo que la convierte en una opción inigualable cuando se busca un material responsable en términos de cuidado del medio ambiente. A diferencia de la mayoría de los materiales comúnmente utilizados, la madera no emite gases tóxicos hacia el interior de las construcciones (Madera21, 2017).

#### 4.2.4.2 Planchas de fibrocemento

El fibrocemento se reconoce como un material sustentable debido a su contribución en la preservación del medio ambiente al reducir el impacto ambiental. Esto se debe a la disminución en el consumo de agua y la generación de residuos durante los procesos de producción (Esquinas Herrera, 2019).

La utilización de construcción en seco implica una completa eliminación del consumo de agua, reemplazándola por materiales industrializados como placas de yeso y fibrocemento. Estos materiales no solo reducen el tiempo necesario para la construcción, sino que también ofrecen beneficios significativos en términos de ahorro energético. Se ha observado un impacto positivo en el Sistema de Construcción en Seco al incorporar ciertos factores que refuerzan sus ventajas y lo posicionan como un enfoque constructivo que prioriza el cuidado del medio ambiente y mejora la calidad de vida de las comunidades (Etex, 2022).

#### 4.2.4.3 Acero galvanizado

**Tabla 4.1 Valores típicos de la galvanización de un kilogramo de acero [ISO 1461]**

<b>Valores típicos de la galvanización de un kilogramo de acero</b>	
Energía total	3,4 – 5,3 MJ
Potencial de Calentamiento Global	0,1 – 0,33 kg CO2 equivalente

La galvanización ofrece una durabilidad a largo plazo con un impacto ambiental relativamente bajo en términos de energía y otros impactos globales relevantes, especialmente en comparación con el valor energético del acero que protege. Un análisis de los estudios de ciclo de vida disponibles realizado por Life Cycle Engineering en Turín, Italia, ha identificado los valores mencionados en la tabla 4.1. El rango de valores refleja las variaciones en los tipos de acero, factores geográficos y metodologías utilizadas en los estudios. Estas cargas se han evaluado considerando todo el ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el transporte de los productos terminados a los clientes (Woolley, s.f).

### **4.3 Línea base ambiental**

Dado que el presente proyecto ya cuenta con el diseño arquitectónico y estructural, se desarrollará únicamente su línea de base ambiental a partir del rediseño del mezanine y los muros estructurales.

### **4.4 Actividades del proyecto**

Para el rediseño de la vivienda del presente proyecto se ven involucradas tres fases: construcción, operación y abandono. Es necesario describir cada una de las actividades de cada fase con el fin de identificar su impacto ambiental a través de la Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental.

#### **4.4.1 Fase de adquisición de materia prima**

En esta fase se considera únicamente la obtención de materiales como hierro, cemento y bloques huecos usados para la realización de los muros de hormigón armado y mampostería reforzada.

#### **4.4.2 Fase de construcción**

Esta fase inicia con el transporte de los materiales, tales como: perfiles de acero y planchas de fibrocemento.

En el caso de la construcción de los muros de hormigón armado, primero se realiza el armado y colocación del encofrado; posteriormente, el transporte, mezcla y colocación del hormigón; y finalmente se realiza el curado.

En cambio, para la construcción de la mampostería reforzada primero se coloca las varillas de refuerzo en forma vertical y se las ancla al suelo. Posteriormente se colocan los bloques huecos de tal forma que las varillas queden dentro de los bloques, estos bloques se pegan con mortero.

Por otra parte, para la construcción del mezanine primero transporta los perfiles, luego se realiza el corte y dimensionamiento de los perfiles para proceder con el



montaje de la estructura a través de procesos de soldadura y finalmente proceder con la colocación de las planchas de fibrocemento.

#### 4.4.3 Fase de operación

Una vez finalizada la fase de construcción se procede con la puesta en marcha de la edificación, es decir, la instalación sanitaria y eléctrica que solo es considerada para el mezanine. A su vez, se realizan inspecciones de soldadura.


#### 4.4.4 Fase de abandono

Cuando se llega al final del proceso constructivo, se realiza el transporte de los escombros y procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

### 4.5 Identificación de impactos ambientales

Para el análisis de impacto ambiental se usará la matriz de Leopold. Esta matriz tiene el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que pueden verse afectadas por esas acciones. (Ponce, s.f.)

**Tabla 4.2 Modelo de matriz de Leopold**

	Acciones
Condiciones Ambientales	

La M hace referencia a la magnitud, la cual puede tener un valor del 1 al 10 según el grado de afectación al medio ambiente, siendo 1 el de la menor magnitud y 10 el de mayor magnitud; y este a su vez va con signo positivo (+) si el impacto es positivo, caso contrario va con signo negativo (-).

Por otra parte, I se relaciona a la importancia relativa a los efectos ambientales de acuerdo con el peso del criterio de evaluación.

Para medición de la magnitud, se usará la valoración cualitativa según Tito (2020):

**Tabla 4.3 Valoración Cualitativa [Tito, 2020]**

Características	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 irreversible
Magnitud	Poca incidencia		Medianamente incidencia	Alta incidencia	

Con respecto a la valoración de la importancia, se usarán los siguientes pesos para cada una de las características:

**Tabla 4.4 Pesos para evaluación de I [Martínez & Villamar, 2023]**

Característica	Nomenclatura	Peso
Extensión	E	0.45
Duración	D	0.30
Reversibilidad	R	0.25
<b>Total</b>		<b>1</b>

Por ende, para calcular el índice de importancia se usa la siguiente expresión:

$$I = W_e * E + W_d * D + W_r * R \quad (4.1)$$

*Fuente: Tito (2020)*

Donde:

$I$  = Valor de importancia del impacto ambiental

$E$  = Valor de extensión y  $W_e$  = Peso de extensión

$D$  = Valor de duración y  $W_d$  = Peso de duración

$R$  = Valor de reversibilidad y  $W_r$  = Peso de reversibilidad

Tabla 4.5 Matriz de impacto ambiental – Muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023]

				Adquisición de materia	Construcción			Operación		Abandono		Impactos			
				Hierro (Armado)	Encofrado	Transporte, mezcla y colocación del hormigón	Curado	Instalación sanitaria/eléctrica	Inspección de soldadura	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos				+
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-2 5.375	/	-5 4.7	/	/	/	4 4	-2 4.25	1	3	4	
		2. Agua	B. Superficial	-2 2.45	-2.5 1	-10 1.75	-5 3.8	/	/	4 4.375	4 3.625	2	4	6	
		3. Atmósfera	C. Temperatura	-5 3.875	/	-7.5 6.125	/	/	/	-2.5 5.75	2.5 6.75	1	3	4	
	B. Condiciones biológicas	1. Flora	A. Árboles	/	-7.5 6.25	/	/	/	/	/	/	0	1	1	
	C. Factores culturales	1. Recreación	A. Espacio aceptable por el ser humano	/	-1 2.125	-2 3.25	/	/	/	/	5 3.125	/	1	2	3
		2. Estética e interés humano	B. Aceptación del cliente	/	5 4.25	/	/	/	7.5 4.575	2.5 3.125	/	3	0	3	
	Impactos				+	0	1	0	0	0	1	4	2		
					-	3	3	4	1	0	0	1	1		
					Total	3	4	4	1	0	1	5	3		

**Tabla 4.6 Matriz de impacto ambiental – Mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023]**

				Obtención de materia prima		Construcción		Operación		Abandono		Impactos			
				Obtención de hierro (Armado)	Fabricación de bloques huecos	Colocación de bloques huecos y acero refuerzo	Transporte, mezcla y colocación del hormigón	Instalación sanitaria/eléctrica	Inspección de soldadura	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos				
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-2 5.375	-2 4.625	-1 4			1.5 1.825	-2 4.375					
		2. Agua	B. Superficial	-2 2.45	-2.5 2.45	-2.5 2.45	-5 3.875		2.5 4.375	1 3.625					
		3. Atmósfera	C. Temperatura	-5 3.875	-5 5	-5 5	-7.5 2.45		-2.5 3.2	-2.5 4.25					
	B. Condiciones biológicas	1. Flora	A. Árboles												
	C. Factores culturales	1. Recreación e interés humano	A. Espacio aceptable por el ser humano				-2.5 4.375			5 3.125					
		2. Estréctica e interés humano	B. Aceptación del cliente			7.5 4.075	2 2.45		7.5 3.825	5 4.25					
	Impactos			+	0	0	1	1	0	1	4	1			
	Impactos			-	3	3	2	4	0	1	1	1			
	Impactos			Total	3	3	3	5	0	2	5	2			

**Tabla 4.7 Matriz de impacto ambiental – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023]**

				Construcción				Operación		Abandono		Impactos				
				Transporte de perfiles	Corte y dimensionamiento de perfiles	Soldadura de perfiles	Montaje de planchas de fibrocemento	Instalación sanitaria/eléctrica	Inspección de soldadura	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos				+	-
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-2.5 2.125							2.5 3.8	-1 3.8	1	2	3	
		2. Agua	B. Superficial					2.5 5.125		2 3.125		4 3.625		3	0	3
		3. Atmósfera	C. Temperatura	-2.5 4.25	-5 3.125	-5 4.075				-3 6.125		1 3.125		1	4	5
	B. Condiciones biológicas	1. Flora	A. Árboles											0	0	0
	C. Factores culturales	1. Recreo	A. Espacio aceptable por el ser humano			-2 3.5	5 3.25	-1 2.375			7.5 3.125			2	2	4
		2. Estética e interés humano	B. Aceptación del cliente				7.5 5.875	5 3.125	7.5 4.575		5 3.125			4	0	4
	Impactos				+	0	0	0	2	2	1	4	2			
					-	2	1	2	0	1	0	1	1			
				Total	2	1	2	2	3	1	5	3				

#### 4.6 Valoración de impactos ambientales

Después de evaluar cuidadosamente la magnitud e importancia de la acción analizada en el entorno ecológico, se procede a utilizar la siguiente expresión para determinar el nivel de repercusión ambiental generado (Tito 2020):

$$IA = \pm \sqrt{I * |M|} \quad (4.2)$$

Fuente: Tito (2020)

Luego de que se ha calculado el valor del impacto ambiental, es posible determinar el grado o nivel de dicho impacto a través de la siguiente tabla:

**Tabla 4.8 Escala de valoración cualitativa [Tito, 2020]**

<b>Calificación del impacto ambiental</b>	<b>Valor del índice de impacto ambiental (IA)</b>
Altamente significativo	$ IA  \geq 6.5$
Significativo	$6.5 \geq  IA  \geq 4.5$
Despreciable	$ IA  < 4.5$
Benéfico	$ IA  > 0$

A partir de estos valores recopilados, se crea una representación gráfica en forma de matriz de calor, lo que permite identificar de manera óptima los elementos que experimentan una mayor influencia positiva o negativa en función de la acción, siendo las más negativas aquellas de rojo y las positivas las de verde.

Tabla 4.9 Matriz de valoración de impacto ambiental - Muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023]

FACTORES AMBIENTALES			Adquisición de materia prima	Construcción			Operación		Abandono		Impactos		
			Obtención de hierro (Armado)	Encofrado	Transporte, mezcla y colocación del hormigón	Curado	Instalación sanitaria	Inspección de soldadura	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos			
A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-3.28	0.00	-4.85	0.00	0.00	0.00	4.00	-2.92	4	-11	-7.04
	2. Agua	C. Subterránea	-2.21	-1.58	-4.18	-4.36	0.00	0.00	4.18	3.81	7.991	-12.3	-4.35
	3. Atmósfera	C. Temperatura	-4.40	0.00	-6.78	0.00	0.00	0.00	-3.79	4.11	4.108	-15	-10.9
B. Condiciones biológicas	1. Flora	A. Árboles	0.00	-6.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	-6.85	-6.85
C. Factores culturales	1. Recreo	A. Espacio aceptable	0.00	-1.46	-2.55	0.00	0.00	0.00	3.95	0.00	3.953	-4.01	-0.05
	2. Estética e interés humano	B. Aceptación del cliente	0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	5.86	2.80	0.00	13.26	0	13.26
Impactos	+		0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	5.86	14.93	7.92			
	-		-9.89	-9.89	-18.36	-4.36	0.00	0.00	-3.79	-2.92			
	Total		-9.89	-5.28	-18.36	-4.36	0.00	5.86	11.14	5.00			

**Tabla 4.10 Matriz de valoración de impacto ambiental – Mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023]**

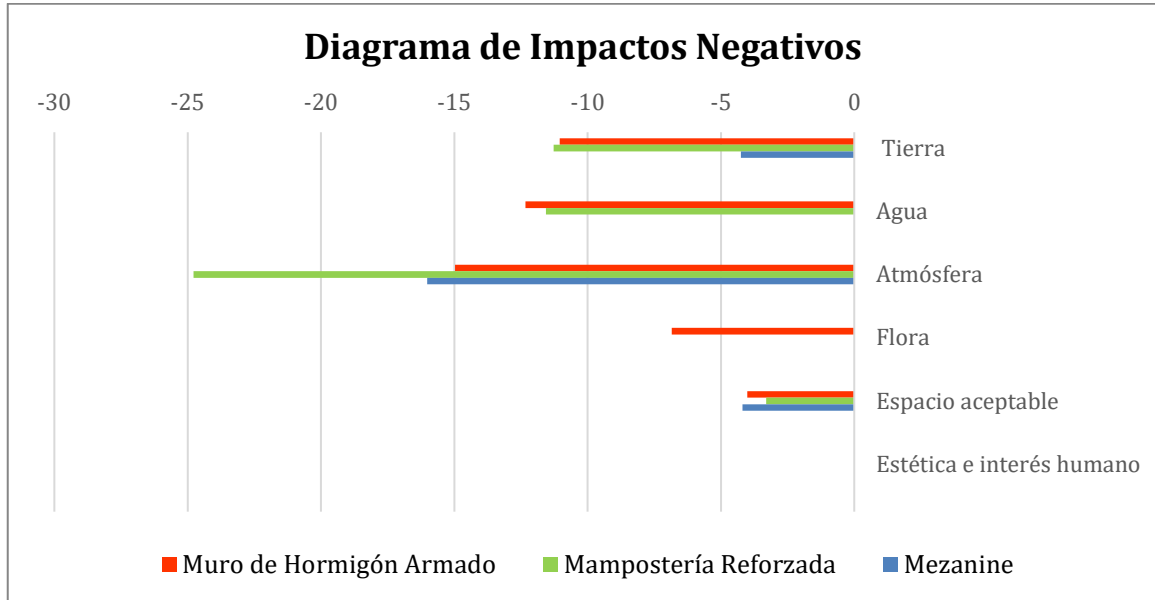
FACTORES AMBIENTALES				Obtención de materia prima		Construcción		Operación		Abandono		Impactos			
				Obtención de hierro (Armado)	Fabricación de bloques huecos	Colocación de bloques huecos y acero refuerzo	Transporte, mezcla y colocación del hormigón	Instalación sanitaria/eléctrica	Inspección de soldadur	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos				
A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-3.28	-3.04	0.00	-2.00	0.00	0.00	1.65	-2.96	1.655	-11.3	-9.62		
			2. Agua	C. Subterránea	-2.21	-2.47	-2.47	-4.40	0.00	0.00	3.31	1.90	5.211	-11.6	-6.35
					3. Atmósfera	C. Temperatura	-4.40	-5.00	-5.00	-4.29	0.00	-2.83	-3.26	0.00	0
	1. Flora	A. Árboles	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
			1. Recreo	A. Espacio aceptable			0.00	0.00	0.00	-3.31	0.00	0.00	3.95	0.00	3.953
	2. Estética e interés humano	B. Aceptación del cliente			0.00	0.00	5.53	2.21	0.00	5.36	4.61	0.00	17.71	0	17.71
Impactos			+	0.00	0.00	5.53	2.21	0.00	5.36	13.52	1.90				
	-	-9.89	-10.52	-7.47	-14.00	0.00	-2.83	-3.26	-2.96						
	Total	-9.89	-10.52	-1.95	-11.78	0.00	2.53	10.26	-1.05						



**Tabla 4.11 Matriz de valoración de impacto ambiental – Mezanine [Martínez & Villamar, 2023]**

				Construcción				Operación		Abandono		Impactos			
				Transporte de perfiles	Corte y dimensionamiento de perfiles	Soldadura de perfiles	Montaje de planchas de fibrocemento	Instalación sanitaria/eléctrica	Inspección de soldadura	Transporte de escombros	Procesamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos				
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Tierra	C. Suelos	-2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	-1.95	3.082	-4.25	-1.17	
		2. Agua	C. Subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.00	2.50	3.81	9.887	0	9.887	
		3. Atmósfera	C. Temperatura	-3.26	-3.95	-4.51	0.00	0.00	0.00	-4.29	1.77	1.768	-16	-14.2	
	B. Condiciones biológica	1. Flora	A. Árboles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	
	C. Factores culturales	1. Recreo	A. Espacio aceptable	0.00	0.00	-2.65	4.03	-1.54	0.00	4.84	0.00	8.872	-4.19	4.686	
		2. Estética e interés humano	B. Aceptación del cliente	0.00	0.00	0.00	6.64	3.95	5.86	3.95	0.00	20.4	0	20.4	
				+	0.00	0.00	0.00	10.67	7.53	5.86	14.38	5.58			
				-	-5.56	-3.95	-7.16	0.00	-1.54	0.00	-4.29	-1.95			
				Total	-5.56	-3.95	-7.16	10.67	5.99	5.86	10.09	3.63			

A su vez, también se realizó un diagrama de barras con el fin de poder comparar el impacto positivo y negativo de la construcción de los muros y el mezanine hacia el medio ambiente.

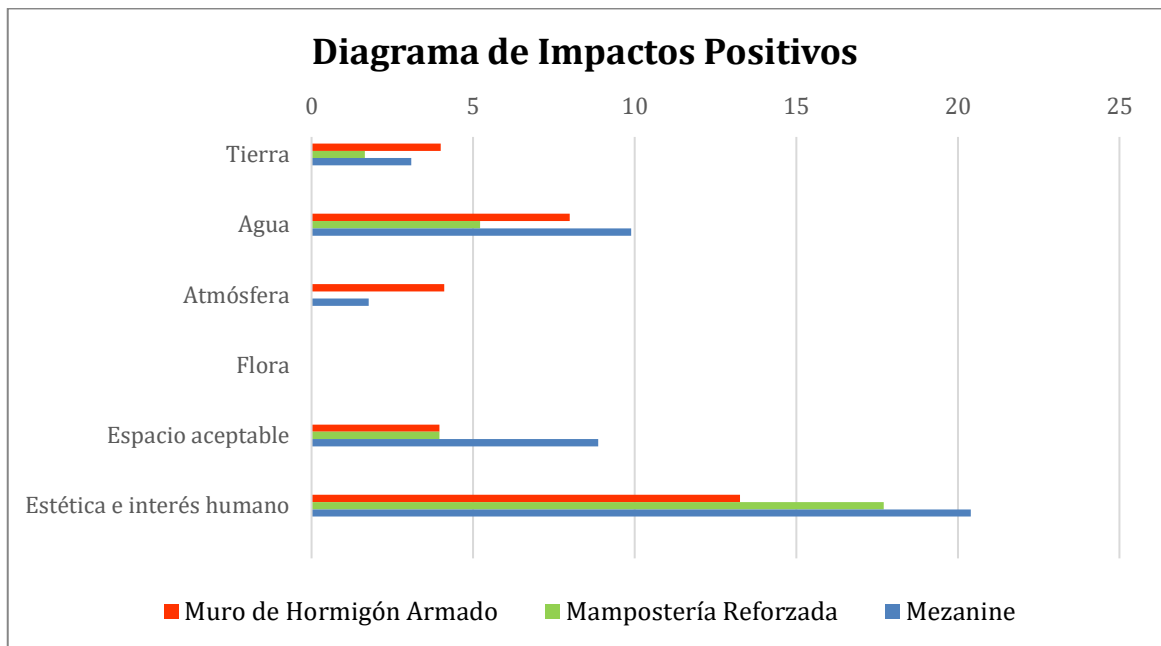


**Figura 4.2 Diagrama de barras de impactos negativos [Martínez & Villamar, 2023]**

Analizando los resultados obtenidos en cuanto a los impactos negativos de las distintas actividades respecto a los factores ambientales, se observa que el factor más afectado es el aire (atmósfera). Esto se debe a que las tres actividades requieren de procesos de soldadura lo cual ocasiona contaminación a la atmósfera debido que desprende humos y gases.

A su vez, el uso de hormigón también influye en el impacto de la atmósfera debido que es de los materiales más contaminantes en el sector de la construcción por su producción de CO<sub>2</sub>, tal como se había mencionado en la sección 4.2.3.

Por otra parte, entre los factores ambientales más afectados se encuentra el suelo (tierra) y la flora (árboles) debido que en el caso del muro de hormigón armado se requiere de encofrado de madera y a su vez las varillas deben ser ancladas al suelo.



**Figura 4.3 Diagrama de barras de impactos positivos [Martínez & Villamar, 2023]**

Referente a los impactos positivos, el factor más alto es el de estética e interés humano, el cual está directamente relacionado con la aceptación del cliente. Es decir, el cliente está completamente satisfecho con las actividades y los materiales que se están usando en el presente proyecto.

## 4.7 Medidas de prevención/mitigación

### 4.7.1 Proceso de soldadura

- Considerando que, si se aplica una concentración de gas CO<sub>2</sub> del 100% sobre una mezcla de gas argón, se generará un incremento en la temperatura del arco, lo que resultará en una mayor vaporización y producción de humos metálicos. (Metalurgia, s.f)  
Por aquello, se sugiere que el operador debe tener en consideración la potencia que usa, es decir, debe usar un amperaje bajo que a su vez le permita soldar de manera correcta.
- A su vez, el operador debe limpiar siempre la superficie del elemento que vaya a soldar con el fin de minimizar los humos de soldadura.

- Verificar que el personal use los equipos de protección personal necesario, tales como: mascara de soldar, mascarilla respiratoria para humos metálicos, guantes de cuero y zapatos de seguridad.

#### **4.7.2 Hormigón**

- Utilizar residuos de cemento como agregado grueso.
- Implementar el uso de hormigón amigable con el ambiente, es decir, productos bajo en carbono y que aseguren reducción de la huella de carbono.

#### **4.7.3 Encofrado**

- Promover la reutilización de encofrados de madera para otros proyectos con el fin de no talar más árboles para su producción.
- Controlar la cantidad de encofrado necesario con el fin de reducir desperdicios.
- Verificar que los carpinteros usen las herramientas adecuadas y en buen estado para evitar la generación de residuos innecesarios.

#### **4.8 Conclusiones**

Las actividades que generan un considerable efecto negativo al medio ambiente son la soldadura, el uso del hormigón y el encofrado.

Se analizó cada actividad a través de las matrices de impacto ambiental que se realizó de cada alternativa del rediseño.

A su vez, se identificó cuáles son los factores ambientales que sufrían mayor impacto en cada una de las actividades del proyecto, los cuales son el aire, el suelo y la flora.

Finalmente, se establecieron las medidas de mitigación y prevención de las actividades que tienen gran repercusión negativa sobre el medio ambiente.

# CAPÍTULO 5

## 5 PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

Para la planificación del rediseño de la vivienda se realiza el siguiente desglose de las etapas de trabajo:

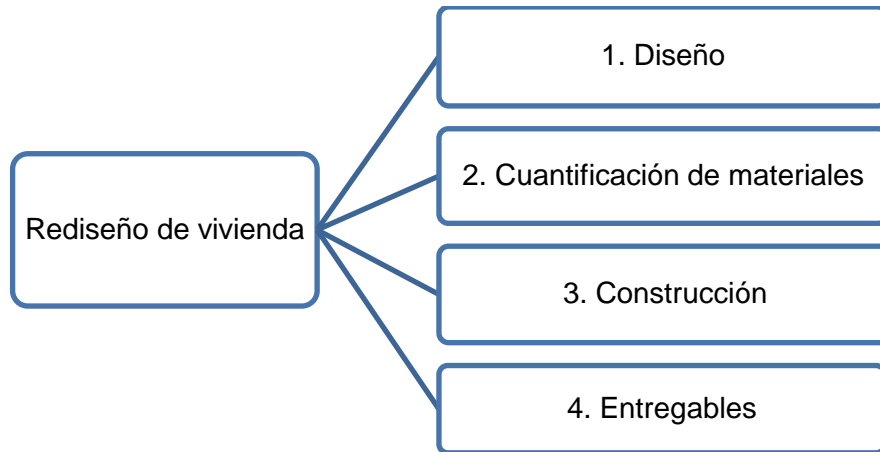


Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo [Martínez & Villamar, 2023]

A continuación, se describen las tareas que forman parte de cada fase del proceso de desarrollo del proyecto:

Referente al diseño, entran las actividades relacionadas al prediseño y el diseño estructural.

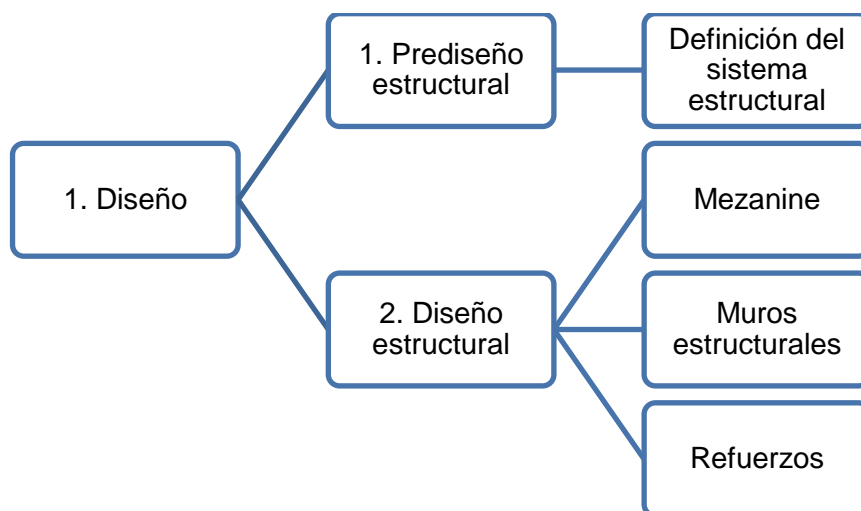
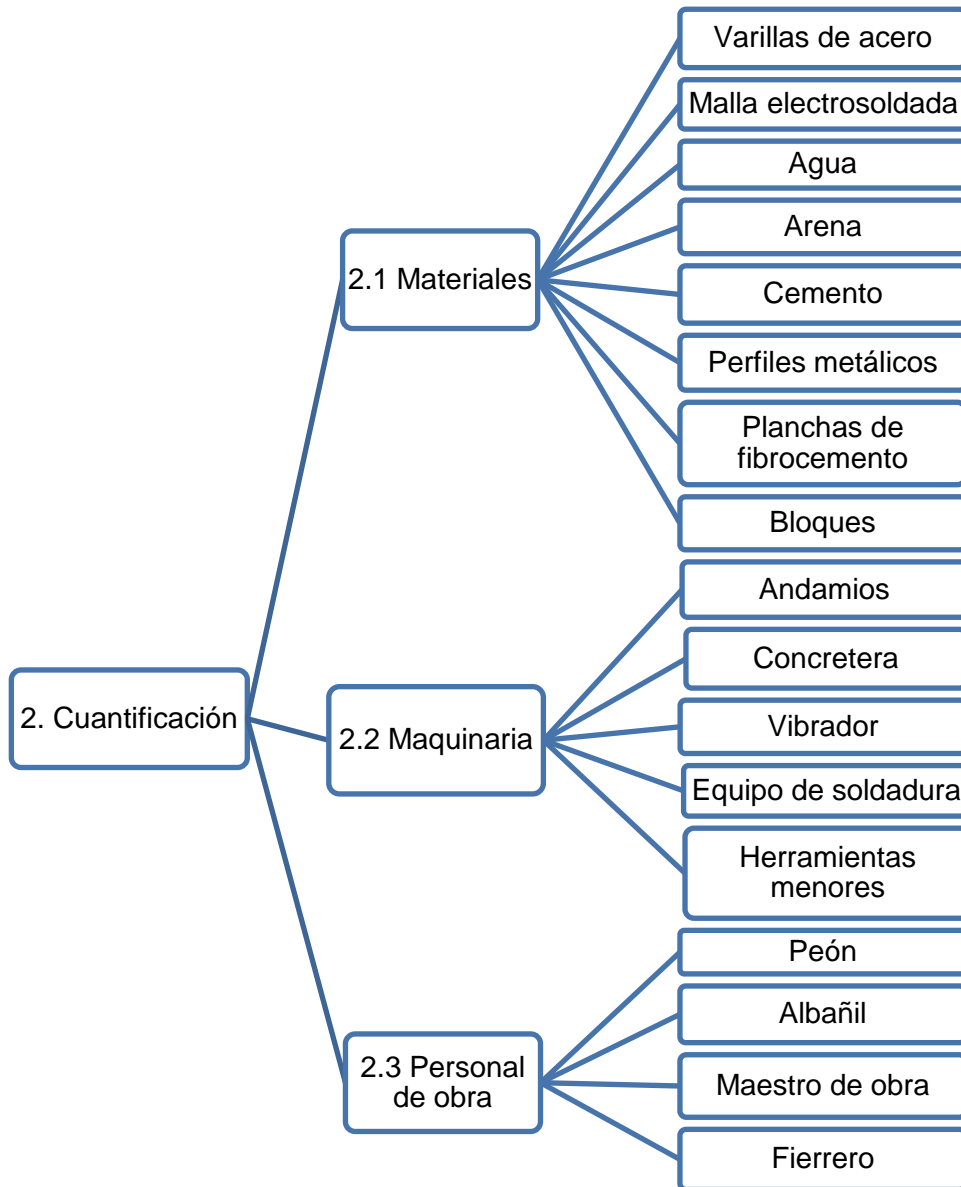


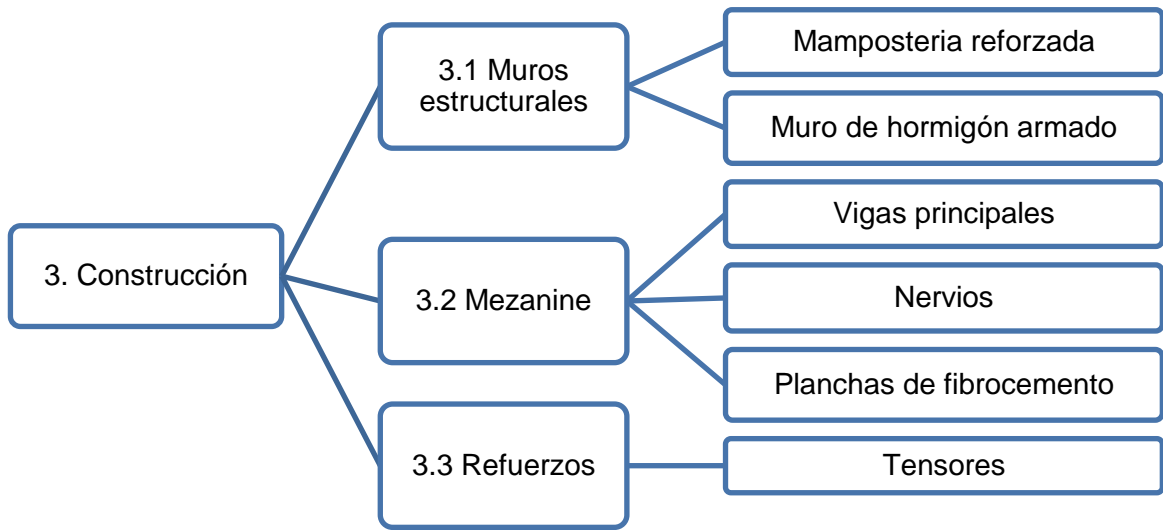
Figura 5.2 EDT – Diseño [Martínez & Villamar, 2023]

Ya realizado el diseño de los elementos, se procede a calcular la cantidad de materiales necesarios para elaborar el presupuesto.



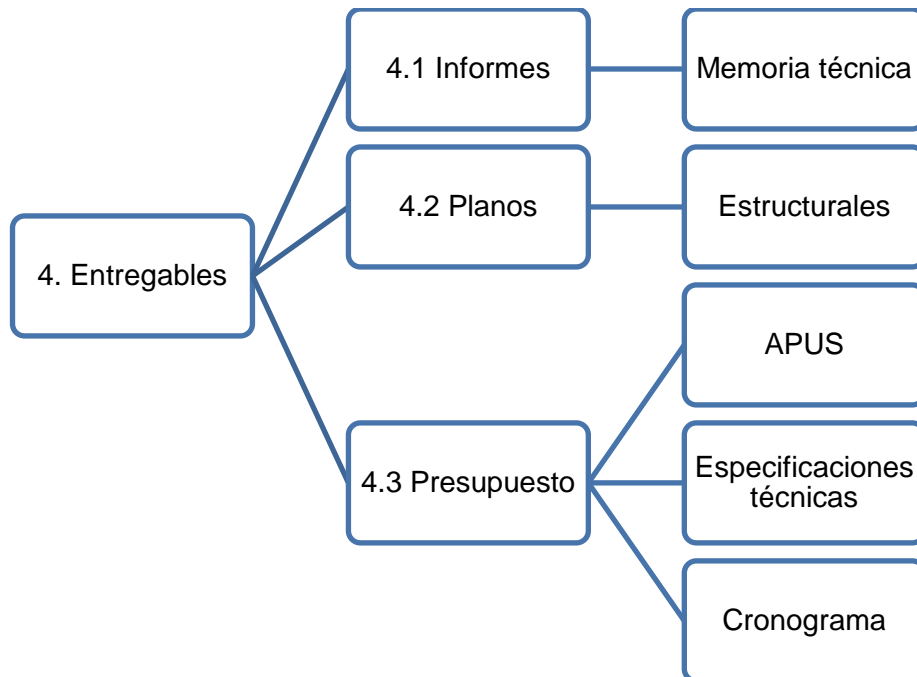
**Figura 5.3 EDT – Cuantificación [Martínez & Villamar, 2023]**

Una vez que se han completado todas las tareas anteriores, se inicia la fase de construcción, en la que se ponen en marcha todas las actividades previamente establecidas. Durante esta etapa, es fundamental seguir el cronograma previamente elaborado para lograr la máxima adherencia al plan de tiempo y costos proyectados.



**Figura 5.4 EDT – Construcción [Martínez & Villamar, 2023]**

Para culminar el proyecto, es fundamental proporcionar la documentación requerida para su realización.



**Figura 5.5 EDT – Entregables [Martínez & Villamar, 2023]**

## 5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

**Tabla 5.1 Listado de Rubros [Martínez & Villamar, 2023]**

<b>Código</b>	<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. Unitario</b>
001	Anclaje con varilla - inyección de resina mampostería reforzada	u	\$ 5,91
002	Anclaje con varilla - inyección de resina muro de hormigón armado	u	\$ 5,91
003	Acero de refuerzo 8-10mm $f_y=4200$ kgf/cm <sup>2</sup>	kg	\$ 2,55
004	Acero de refuerzo 5.5mm $f_y=4200$ kgf/cm <sup>2</sup>	kg	\$ 2,55
005	Bloque aliviano 7x20x40	m <sup>2</sup>	\$ 8,40
006	Hormigón para mampostería reforzada $f'_c=180$ kgf/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	\$ 105,70
007	Hormigón para muro de hormigón armado $f'_c=180$ kgf/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	\$ 105,70
008	Montaje de perfiles A36	kg	\$ 4,50
009	Instalación de plancha de fibrocemento	m <sup>2</sup>	\$ 34,08
010	Montaje de tensores e incremento de sección A36	kg	\$ 4,50
011	Enlucido de mampostería reforzada	m <sup>2</sup>	\$ 6,31
012	Enlucido de muro de hormigón armado	m <sup>2</sup>	\$ 6,31
013	Encofrado y desencofrado de muro	m <sup>2</sup>	\$ 11,32
014	Empaste de paredes (dos manos)	m <sup>2</sup>	\$ 5,30
015	Pintura de paredes	m <sup>2</sup>	\$ 8,61
016	Instalación de cerámica 30x30	m <sup>2</sup>	\$ 29,49



**Tabla 5.2 001- Anclaje con varilla – inyección de resina mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 001

**Rubro** Anclaje con varilla - inyección de resina mampostería reforza **Unidad** u

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Acero para puente - Planchones	kg	0,328	\$ 1,48	\$ 0,49		
Resina Resintex 50	gal	0,026	\$ 14,07	\$ 0,37		
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	0,178	\$ 1,28	\$ 0,23		
Oxigeno cilindro 6m3	u	0,002	\$ 60,00	\$ 0,12		
Barreno de perforación 1 1/2"x3m	u	0,0008	\$ 217,00	\$ 0,17		
Varios	glb	0,4	\$ 1,00	\$ 0,40		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 1,77</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Equipo de suelda autogena	Hora	0,2	\$ 2,00	\$ 0,40	0,25	\$ 0,10
Martillo neumatico con compresor	Hora	0,2	\$ 20,00	\$ 4,00	0,25	\$ 1,00
Equipo de inyección (cemento)	Hora	0,2	\$ 30,00	\$ 6,00	0,25	\$ 1,50
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,03
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 2,63</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	0,2	\$ 3,83	\$ 0,77	0,25	\$ 0,19
Operador Equipo Pesado	Hora	0,2	\$ 4,55	\$ 0,91	0,25	\$ 0,23
Inspector de obra	Hora	0,2	\$ 4,55	\$ 0,91	0,25	\$ 0,23
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 0,65</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 5,05
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,86
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 5,91</b>

**Tabla 5.3 002 - Anclaje con varilla – inyección de resina muro de hormigón armado**  
**[Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 002

**Rubro** Anclaje con varilla - inyección de resina muro de hormigón arr **Unidad** u

<b>MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Costo</b>		
Acero para puente - Planchones	kg	0,328	\$ 1,48	\$ 0,49		
Resina Resintex 50	gal	0,026	\$ 14,07	\$ 0,37		
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	0,178	\$ 1,28	\$ 0,23		
Oxigeno cilindro 6m3	u	0,002	\$ 60,00	\$ 0,12		
Barreno de perforación 1 1/2"x3m	u	0,0008	\$ 217,00	\$ 0,17		
Varios	glb	0,4	\$ 1,00	\$ 0,40		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 1,77</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Equipo de suelda autogena	Hora	0,2	\$ 2,00	\$ 0,40	0,25	\$ 0,10
Martillo neumatico con compresor	Hora	0,2	\$ 20,00	\$ 4,00	0,25	\$ 1,00
Equipo de inyección (cemento)	Hora	0,2	\$ 30,00	\$ 6,00	0,25	\$ 1,50
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,03
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 2,63</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hr</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Peón	Hora	0,2	\$ 3,83	\$ 0,77	0,25	\$ 0,19
Operador Equipo Pesado	Hora	0,2	\$ 4,55	\$ 0,91	0,25	\$ 0,23
Inspector de obra	Hora	0,2	\$ 4,55	\$ 0,91	0,25	\$ 0,23
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 0,65</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Costo</b>		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 5,05
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,86
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 5,91</b>

**Tabla 5.4 003 – Acero de refuerzo 8-10mm fy=4200 kgf/cm2 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 003

**Rubro** Acero de refuerzo 8-10mm fy=4200 kgf/cm2 **Unidad** kg

<b>MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Costo</b>		
Alambre galvanizado No. 18	kg	0,05	\$ 2,40	\$ 0,12		
Acero galvanizado fy=4200	kg	1	\$ 1,28	\$ 1,28		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 1,40</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Cortadora/dobladora de hierro	Hora	1	\$ 0,51	\$ 0,51	0,04	\$ 0,02
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,04	\$ 0,08
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,03
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,13</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hr</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,04	\$ 0,15
Fierrero	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,04	\$ 0,15
Maestro de obra	Hora	2	\$ 4,29	\$ 8,58	0,04	\$ 0,34
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 0,65</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Costo</b>		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>						<b>\$ -</b>

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 2,18
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,37
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 2,55</b>

**Tabla 5.5 004 – Acero de refuerzo 5.5mm fy=4200 kgf/cm2 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 004

**Rubro** Acero de refuerzo 5.5mm fy=4200 kgf/cm2 **Unidad** kg

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Alambre galvanizado No. 18	kg	0,05	\$ 2,40	\$ 0,12		
Acero galvanizado fy=4200	kg	1	\$ 1,28	\$ 1,28		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 1,40</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Cortadora/dobladora de hierro	Hora	1	\$ 0,51	\$ 0,51	0,04	\$ 0,02
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,04	\$ 0,08
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,03
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,13</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,04	\$ 0,15
Fierrero	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,04	\$ 0,15
Maestro de obra	Hora	2	\$ 4,29	\$ 8,58	0,04	\$ 0,34
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 0,65</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 2,18
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,37
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 2,55</b>

**Tabla 5.6 005 – Bloque alivianado 7x20x40 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 005

**Rubro** Bloque aliviano 7x20x40

**Unidad** m2

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg - Holcim DISENSA	saco	0,12	\$ 7,68	\$ 0,92		
Bloque liviano de 7x20x40	u	13	\$ 0,29	\$ 3,77		
Arena	m3	0,03	\$ 13,75	\$ 0,41		
Agua	m3	0,01	\$ 0,85	\$ 0,01		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 5,11</b>		
EQUIPOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,04	\$ 0,08
Herramientas menor (5% mano de obra)						\$ 0,27
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,35</b>
MANO DE OBRA						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,14	\$ 0,55
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,14	\$ 0,55
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,14	\$ 0,61
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 1,71</b>
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 7,18
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 1,22
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 8,40

**Tabla 5.7 006 – Hormigón para una mampostería reforzada f'c=180 kgf/cm<sup>2</sup> [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 006

**Rubro** Hormigón para mampostería reforzada f'c=180kgf/cm<sup>2</sup> **Unidad** m<sup>3</sup>

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg - Holcim DISENSA	saco	6,7	\$ 7,68	\$ 51,46		
Arena	m <sup>3</sup>	0,65	\$ 13,50	\$ 8,78		
Ripio	m <sup>3</sup>	0,95	\$ 18,00	\$ 17,10		
Agua	m <sup>3</sup>	0,24	\$ 0,85	\$ 0,20		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 77,54</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Concretera 1 saco	Hora	1	\$ 4,48	\$ 4,48	0,50	\$ 2,24
Vibrador de manguera	Hora	1	\$ 4,06	\$ 4,06	0,50	\$ 2,03
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 2,54
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 6,81</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,50	\$ 1,92
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,50	\$ 1,94
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,50	\$ 2,15
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 6,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 90,34
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 15,36
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 105,70</b>

**Tabla 5.8 007 – Hormigón para muro de hormigón armado f'c=180kgf/cm2 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 007

**Rubro** Hormigón para muro de hormigón armado f'c=180kgf/cm2 **Unidad** m3

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg - Holcim DISENSA	saco	6,7	\$ 7,68	\$ 51,46		
Arena	m3	0,65	\$ 13,50	\$ 8,78		
Ripio	m3	0,95	\$ 18,00	\$ 17,10		
Agua	m3	0,24	\$ 0,85	\$ 0,20		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 77,54</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Concretera 1 saco	Hora	1	\$ 4,48	\$ 4,48	0,50	\$ 2,24
Vibrador de manguera	Hora	1	\$ 4,06	\$ 4,06	0,50	\$ 2,03
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 2,54
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 6,81</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,50	\$ 1,92
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,50	\$ 1,94
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,50	\$ 2,15
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 6,00</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 90,34
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 15,36
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 105,70

**Tabla 5.9 008 – Montaje de perfiles A36 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 008

**Rubro** Montaje de perfiles A36

**Unidad** kg

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Acero laminado A36, en perfiles laminados en caliente	kg	1,7	\$ 1,73	\$ 2,94		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,94</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Equipo y elementos auxiliares para s	Hora	1,7	\$ 3,57	\$ 6,07	0,03	\$ 0,18
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,01
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,19</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Montador de estructura metalica	Hora	1,7	\$ 8,57	\$ 14,57	0,03	\$ 0,44
Ayudante montador de estructura me	Hora	1,7	\$ 5,49	\$ 9,33	0,03	\$ 0,28
						\$ -
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 0,72</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>						<b>\$ -</b>

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 3,85
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,65
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 4,50</b>



**Tabla 5.10 009 – Instalación de plancha de fibrocemento [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 009

**Rubro** Instalación de plancha de fibrocemento

**Unidad** m2

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
ETERBOARD 1,22mts x 2,44 mts x 20mm	pln	0,34	\$ 48,79	\$ 16,59		
Perfil Track 1 5/8 x 8". Gauge 25	u	0,5	\$ 1,68	\$ 0,84		
Perfil Stud 1 5/8 x 8". Gauge 25	u	0,77	\$ 1,88	\$ 1,45		
Fulminantes y clavo	u	0,68	\$ 0,55	\$ 0,37		
Tornillo LH para estructura	u	10,02	\$ 0,01	\$ 0,10		
Tornillos DRYWALL P/BR (EP) 6-20X1" (250 und)	u	0,12	\$ 7,50	\$ 0,90		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 20,25</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,22
						\$ -
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 0,22</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Perfilero	Hora	2	\$ 4,33	\$ 8,66	1,00	\$ 8,66
						\$ -
						\$ -
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 8,66</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 29,13
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 4,95
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 34,08

**Tabla 5.11 010 – Montaje de tensores e incremento de sección A36 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 010

**Rubro** Montaje de tensores e incremento de sección A36 **Unidad** kg

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Acero laminado A36, en perfiles laminados en caliente	kg	1,7	\$ 1,73	\$ 2,94		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,94</b>		
EQUIPOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Equipo y elementos auxiliares para s	Hora	1,7	\$ 3,57	\$ 6,07	0,03	\$ 0,18
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,01
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,19</b>
MANO DE OBRA						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Montador de estructura metálica	Hora	1,7	\$ 8,57	\$ 14,57	0,03	\$ 0,44
Ayudante montador de estructura me	Hora	1,7	\$ 5,49	\$ 9,33	0,03	\$ 0,28
						\$ -
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 0,72</b>
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 3,85
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,65
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 4,50

**Tabla 5.12 011 – Enlucido de mampostería reforzada [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 011

**Rubro** Enlucido de mampostería reforzada

**Unidad** m2

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg	saco	0,3	\$ 7,68	\$ 2,30		
Arena gruesa	m3	0,03	\$ 13,75	\$ 0,41		
Agua	m3	0,05	\$ 0,85	\$ 0,04		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,76</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,14	\$ 0,29
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,09
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 0,38</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	2	\$ 3,83	\$ 7,66	0,14	\$ 1,10
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,14	\$ 0,55
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,14	\$ 0,61
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 2,26</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 5,40
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,92
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 6,31</b>

**Tabla 5.13 012 – Enlucido de muro de hormigón armado [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 012

**Rubro** Enlucido de muro de hormigón armado

**Unidad** m2

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 kg	saco	0,3	\$ 7,68	\$ 2,30		
Arena gruesa	m3	0,03	\$ 13,75	\$ 0,41		
Agua	m3	0,05	\$ 0,85	\$ 0,04		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,76</b>		
EQUIPOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,14	\$ 0,29
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,09
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 0,38</b>		
MANO DE OBRA						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	2	\$ 3,83	\$ 7,66	0,14	\$ 1,10
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,14	\$ 0,55
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,14	\$ 0,61
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 2,26</b>		
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 5,40
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,92
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 6,31

**Tabla 5.14 013 – Encofrado y desencofrado de muro [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 013

**Rubro** Encofrado y desencofrado de muro

**Unidad** m2

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Tabla dura de encofrado (20cm)	u	0,5	\$ 4,50	\$ 2,25		
Tiras de tabla s/d8	u	0,25	\$ 1,40	\$ 0,35		
Alambre galvanizado N° 18	kg	1,95	\$ 2,40	\$ 4,68		
Clavos de 2" a 4"	kg	0,05	\$ 1,60	\$ 0,08		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 7,36</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,13	\$ 0,25
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,09
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 0,34</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	2	\$ 3,83	\$ 7,66	0,13	\$ 0,96
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,13	\$ 0,48
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,13	\$ 0,54
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 1,98</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 9,68
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 1,65
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 11,32</b>

**Tabla 5.15 014 – Empaste de paredes (dos manos) [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 014

**Rubro** Empaste de paredes (dos manos)

**Unidad** m2

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
SIKATOP empaste blanco 20 kg con resina	kg	1	\$ 1,59	\$ 1,59		
Agua	m3	1	\$ 0,85	\$ 0,85		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,44</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Andamio de piso metalico	Hora	1	\$ 2,00	\$ 2,00	0,14	\$ 0,29
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,09
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>						<b>\$ 0,38</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,14	\$ 0,55
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,14	\$ 0,55
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,14	\$ 0,61
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>						<b>\$ 1,71</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
				\$ -		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>						<b>\$ -</b>

<b>SUBTOTAL P</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 4,53
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 0,77
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>\$ 5,30</b>

**Tabla 5.16 015 – Pintura de paredes [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 015

**Rubro** Pintura de paredes

**Unidad** m2

<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Pintura de caucho	gal	0,05	\$ 18,05	\$ 0,90		
Lija de agua N°100	pliego	1	\$ 0,60	\$ 0,60		
Lija N° 2 fierro	pliego	1	\$ 0,60	\$ 0,60		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 2,10</b>		
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Compresor	Hora	1	\$ 0,75	\$ 0,75	0,40	\$ 0,30
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,16
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 0,46</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,40	\$ 1,53
Pintor	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,40	\$ 1,55
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,40	\$ 1,72
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 4,80</b>		
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 7,36
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 1,25
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 8,61

**Tabla 5.17 016 – Instalación de cerámica 30x30 [Martínez & Villamar, 2023]**

**Nombre del proyecto** Rediseño de una vivienda en Villa Club

**Código del rubro** 016

**Rubro** Instalación de cerámica 30x30

**Unidad** m2

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
Porcelanato Absuty Crema Rect 30x30	m2	1,05	\$ 12,50	\$ 13,13		
Pegante para porcelanato	kg	8,2	\$ 0,60	\$ 4,92		
Agua potable	lt	0,03	\$ 0,85	\$ 0,03		
Empore	kg	0,1	\$ 2,70	\$ 0,27		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
<b>Subtotal Materiales (M)</b>				<b>\$ 18,34</b>		
EQUIPOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Amoladora	Hora	0,25	\$ 2,00	\$ 0,50	0,48	\$ 0,24
Cortadora	Hora	0,25	\$ 6,00	\$ 1,50	0,48	\$ 0,71
Herramientas menor (5% mano de o						\$ 0,20
						\$ -
<b>Subtotal Equipos (E)</b>				<b>\$ 1,15</b>		
MANO DE OBRA						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	Hora	1	\$ 3,83	\$ 3,83	0,48	\$ 1,82
Albañil	Hora	1	\$ 3,87	\$ 3,87	0,48	\$ 1,84
Maestro de obra	Hora	1	\$ 4,29	\$ 4,29	0,48	\$ 2,04
						\$ -
						\$ -
<b>Subtotal Mano de Obra (O)</b>				<b>\$ 5,71</b>		
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
<b>Subtotal Transporte (T)</b>				<b>\$ -</b>		

SUBTOTAL P	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 25,20
COSTO INDIRECTO 17%	\$ 4,28
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 29,49



### 5.3 Descripción de cantidades de obra

La cuantificación de los rubros se realizó mediante el cumplimiento de las siguientes actividades en el software REVIT 2023.

- Modelado estructural: En Revit se realizó el modelo exacto del proyecto, incorporando en el modelo columnas, paredes, muebles, techos y cada componente involucrado en la construcción.
- Parámetros y propiedades: Al mismo tiempo que se iba modelando la estructura, se iba asignando adecuadamente las propiedades de los elementos y aquello que los diferencia.
  - o Parámetros compartidos: Son todos aquellos atributos que diferencian o unifican los elementos, pueden ser modificados de tal forma que se logra obtener cualquier dato utilizando incluso fórmulas.
- Vista de cantidades: Se crearon vistas de cantidades para visualizar cada elemento que forma parte del modelado, se personalizaron de tal forma que se tiene datos como volumen total, número elementos de secciones iguales, cantidad de acero en general.
- Documentación: El programa de Revit permite a su vez exportar los datos que se visualizan en las tablas hacia Excel para un mejor manejo o filtrado dependiendo de lo requerido.

Otra de las grandes ventajas que brinda el software Revit es la creación de planos, los cuales fueron realizados en el presente proyecto, de forma que las modificaciones que se realizan en diferentes etapas se logran acoplar autónomamente dado que el software acopla la metodología BIM de trabajo, permitiendo simplificar muchos procesos y al mismo tiempo disminuir los fallos producidos en el dibujo, motivo que permitió tener tanto planos como cantidades de materiales.

## 5.4 Valoración integral del costo del proyecto

Tabla 5.18 Presupuesto planificado [Martínez & Villamar, 2023]

CÓDIGO	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>MAMPOSTERIA REFORZADA</b>					
001	Anclaje con varilla - inyección de resina mampostería reforzada	u	24,00	\$ 5,91	\$ 141,78
003	Acero de refuerzo 8-10mm fy=4200 kgf/cm2	kg	66,165	\$ 2,55	\$ 168,88
005	Bloque aliviano 7x20x40	m2	30,50	\$ 8,40	\$ 256,12
006	Hormigón para mampostería reforzada f'c=180kgf/cm2	m3	0,63	\$ 105,70	\$ 66,59
011	Enlucido de mampostería reforzada	m2	69,00	\$ 6,31	\$ 435,72
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 1.069,09</b>
<b>MAMPOSTERIA DE HORMIGON ARMADO</b>					
002	Anclaje con varilla - inyección de resina muro de hormigón armado	u	28,00	\$ 5,91	\$ 165,41
004	Acero de refuerzo 5.5mm fy=4200 kgf/cm2	kg	65,93	\$ 2,55	\$ 168,28
013	Encofrado y desencofrado de muro	m2	15,30	\$ 11,32	\$ 173,24
007	Hormigón para muro de hormigón armado f'c=180kgf/cm2	m3	0,97	\$ 105,70	\$ 102,53
012	Enlucido de muro de hormigón armado	m2	16,50	\$ 6,31	\$ 104,19
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 713,65</b>
<b>MEZANINE</b>					
008	Montaje de perfiles A36	kg	1138,25	\$ 4,50	\$ 5.127,42
009	Instalación de plancha de fibrocemento	m2	103,45	\$ 34,08	\$ 3.525,84
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 8.653,26</b>
<b>REFORZAMIENTO</b>					
010	Montaje de tensores e incremento de sección A36	kg	159,82	\$ 4,50	\$ 719,93
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 719,93</b>
<b>ACABADOS</b>					
014	Empaste de paredes (dos manos)	m2	85,5	\$ 5,30	\$ 453,02
015	Pintura de paredes	m2	85,5	\$ 8,61	\$ 736,11
016	Instalación de cerámica 30x30	m2	103,45	\$ 29,49	\$ 3.050,41
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.239,53</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>\$15.395,47</b>

Para el cálculo del costo unitario por unidad de construcción, se dividió en tres partes: mezanine, muro de mampostería reforzada y muro de hormigón armado.

**Tabla 5.19 Costo por metro cuadrado [Martínez & Villamar, 2023]**

	<b>ÁREA (M2)</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO/M2</b>
Mezanine	103,45	\$ 12.423,61	\$ 120,09
Mampostería reforzada	34,50	\$ 2.028,74	\$ 58,80
Muro de hormigón armado	8,25	\$ 943,13	\$ 114,32
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>146,20</b>	<b>\$ 15.395,47</b>	<b>\$ 293,22</b>

Se considera que el coste por metro cuadrado está dentro del rango de obras/proyectos que requieran la implementación del mezanine y reforzamiento.

## **5.5 Cronograma de obra**

A continuación, se presenta el cronograma de obra del rediseño de la vivienda, el cual tiene una duración de 43 días.

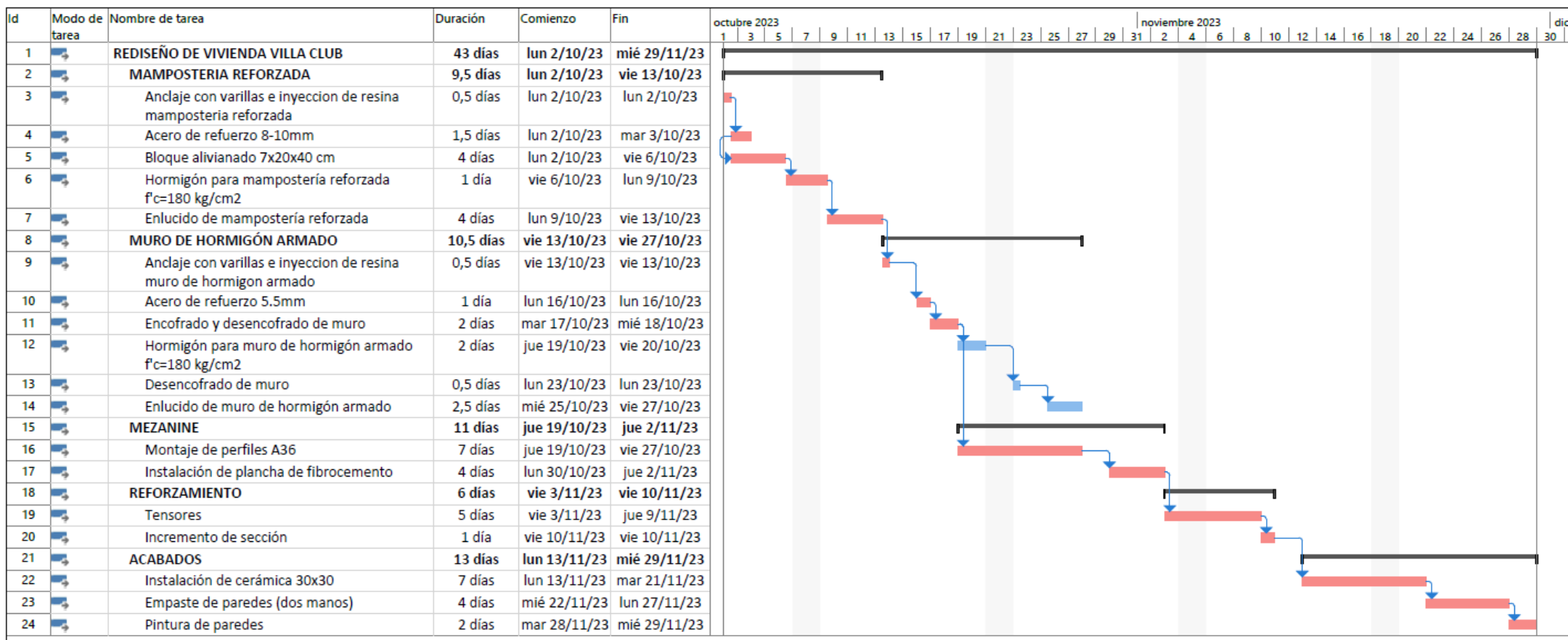


Figura 5.6 Cronograma de obra [Martínez & Villamar, 2023]

# CAPÍTULO 6

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- **Se realizó la evaluación exhaustiva de la estructura existente con el uso combinado de los softwares de análisis estructural SAP2000 y SeismoStruct, mismos que brindaron resultados detallados sobre la capacidad de carga, distribución de esfuerzos y respuesta ante cargas sísmicas de cada elemento estructural.** Estos softwares especializados son ampliamente reconocidos en la industria por su capacidad para modelar y analizar sistemas estructurales complejos.
- **Se determinó la capacidad actual de la estructura mediante la aplicación de métodos de análisis lineal en los softwares ya mencionados logrando identificar los elementos y zonas de la vivienda que representan un riesgo y, por ende, fueron reforzadas.** Al aprovechar las características y funcionalidades de estos programas, se ha obtenido una comprensión profunda de la respuesta de la estructura actual ante diferentes tipos de cargas y eventos sísmicos.
- **Se diseñó el mezanine mediante cálculos en conformidad con las normativas vigentes en Ecuador y con el manejo de softwares estructurales, garantizando que el mezanine y la estructura en conjunto sea capaz de soportar las cargas previstas minimizando el riesgo ante fallos estructurales.** En conjunto, este enfoque de diseño y comprobación basado en normativas y softwares de análisis representa una combinación sólida entre las bases tradicionales de ingeniería y las herramientas modernas.
- **Se elaboró los planos estructurales y presupuesto con ayuda del software REVIT, misma que permite cuantificar y visualizar de forma detallada cada aspecto del proyecto al integrar de forma moderna y eficiente la representación gráfica de la estructura en general.**

- La obtención de las cantidades necesarias para el presupuesto directamente desde REVIT aporta un alto grado de precisión al proceso de estimación de costos. A su vez, esto minimiza el margen de error en la evaluación financiera y facilita la toma de decisiones fundamentadas en relación con los recursos financieros.
- **Se estableció un cronograma de obra en base a la experiencia y el rendimiento establecido para cada una de las actividades propuestas durante la construcción del proyecto.** Esto resulta esencial para coordinar las diferentes etapas de construcción y mantener el proyecto dentro de los plazos establecidos.

### **Recomendaciones**

Referente al diseño estructural, se recomienda realizar verificaciones de la cimentación de la estructura actual, acompañada a su vez de un estudio de suelos. En cuanto al proceso de operación del proyecto, es recomendable realizar un cronograma valorado con el fin de tener un mayor control tanto del tiempo como del presupuesto.

Por otra parte, se considera importante realizar ensayos experimentales sobre el comportamiento de muros estructurales en viviendas de poca altura con el fin de comprobar aquello con los resultados teóricos.

# BIBLIOGRAFÍA

- Al-Chaar, G. (2002). Behavior of Masonry-Infilled Nonductile Reinforced Concrete Frames.
- Alcocer, S. (s.f.). Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado.
- Ambiental, C. (abril de 2020). Afectación del medio ambiente por la producción de hierro y acero. <https://conambiental.com/afectacion-del-medio-ambiente-por-la-produccion-de-hierro-y-acero/#:~:text=Durante%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20hierro,del%20agua%20y%20del%20aire.>
- Augusto, V. S. (2019). La contaminación atmosférica por las actividades de la industria de la construcción. [https://www.researchgate.net/profile/Javier-Vera-Solano/publication/336749294\\_Air\\_pollution\\_from\\_construction\\_industry\\_activities\\_in\\_Colombia/links/5db0b5fc299bf111d4c022e9/Air-pollution-from-construction-industry-activities-in-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier-Vera-Solano/publication/336749294_Air_pollution_from_construction_industry_activities_in_Colombia/links/5db0b5fc299bf111d4c022e9/Air-pollution-from-construction-industry-activities-in-Colombia.pdf)
- Barros Bastidas, L., & Peñafiel Plazarte, M. (2015). Análisis comparativo económico - estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos.
- Cabezas, J. (2016). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015).
- Crisafulli. (2018). Redalyc. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358509002/html/#:~:text=Los%20p%C3%B3rticos%20resistentes%20a%20momentos%20poseen%20elevada%20capacidad%20de%20disipaci%C3%B3n,y%20fuerza%20axial%20en%20columnas.>
- Dávila, I. J. (2005). ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO POR DESEMPEÑO DE. En I. J. Dávila.
- Diario, E. (2022). El hormigón provoca el 8% de las emisiones mundiales de CO2: ¿qué alternativas existen? [https://www.eldiario.es/consumoclaro/hormigon-provoca-8-emisiones-mundiales-co2-alternativas-existen\\_1\\_9827092.html#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20hormig%C3%B3n%20es,libera%20CO2%20a%20la%20atm%C3%B3sfera.](https://www.eldiario.es/consumoclaro/hormigon-provoca-8-emisiones-mundiales-co2-alternativas-existen_1_9827092.html#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20hormig%C3%B3n%20es,libera%20CO2%20a%20la%20atm%C3%B3sfera.)
- Esquinas Herrera, Á. (2019). El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126350/Esquinas%20-%20El%20fibrocemento%20como%20recurso%20material%20al%20dise%C3%B1o%20de%20productos%20de%20uso%20colectivo.pdf?sequence=1>

- Etex. (2022). Beneficios de la construcción en seco. <https://www.etex.com.ec/beneficios-de-la-construccion-en-seco/>
- France 24. (2021). El hormigón, tercer emisor mundial de gases de efecto invernadero. <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20211019-el-hormig%C3%B3n-tercer-emisor-mundial-de-gases-de-efecto-invernadero>
- Gomez, C. &. (2020). Diseño del reforzamiento estructural. en diseño del reforzamiento estructural (pág. 282). Quito.
- INEC. (2010). Ecuador en cifras. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion\\_y\\_Demografia/CPV\\_aplicativos/datos\\_generales\\_cpv/09daule.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/CPV_aplicativos/datos_generales_cpv/09daule.pdf)
- INEN. (2015). Servicio Ecuatoriano de Normalización. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_nec\\_se\\_re\\_26-3.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_nec_se_re_26-3.pdf)
- INEN-3066, N. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana. Quito.
- Infocorrosión. (2021). Estructura metálica y concreto; Ventajas de construir en acero. <https://www.infocorrosion.com/index.php/noticia/notas-patrocinadas/item/1183-estructura-metalica-y-concreto-ventajas-de-construir-en-acero>
- Juan Osorio, J. R. (2019). En influencia de los muros de mampostería (pág. 55). Medellín, Colombia.
- Madera21. (2017). La madera, un aliado para reducir el impacto medioambiental de la construcción. <https://www.madera21.cl/blog/2017/02/15/la-madera-un-aliado-para-reducir-el-impacto-medioambiental-de-la-construccion/>
- Metalurgia. (s.f). Cómo puedes reducir la contaminación del aire de los procesos de soldadura. <https://www.areametalurgia.com/post/c%C3%B3mo-puedes-reducir-la-contaminaci%C3%B3n-del-aire-de-los-procesos-de-soldadura>
- Monsalve Dávila, J. (2005). Análisis y diseño sísmico por desempeño de edificios de muros estructurales.
- National Geographic. (2023). El palpitante Cinturón de Fuego. [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego\\_15178](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego_15178)
- NEC-SE-DS. (2015). NEC-SE-DS. En Normativa Ecuatoriana de la Construcción (pág. 149).
- NEC-SE-HM. (2014). ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Ponce, V. M. (s.f.). La matriz de Leopold para evaluación del impacto ambiental.



Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. Scielo.

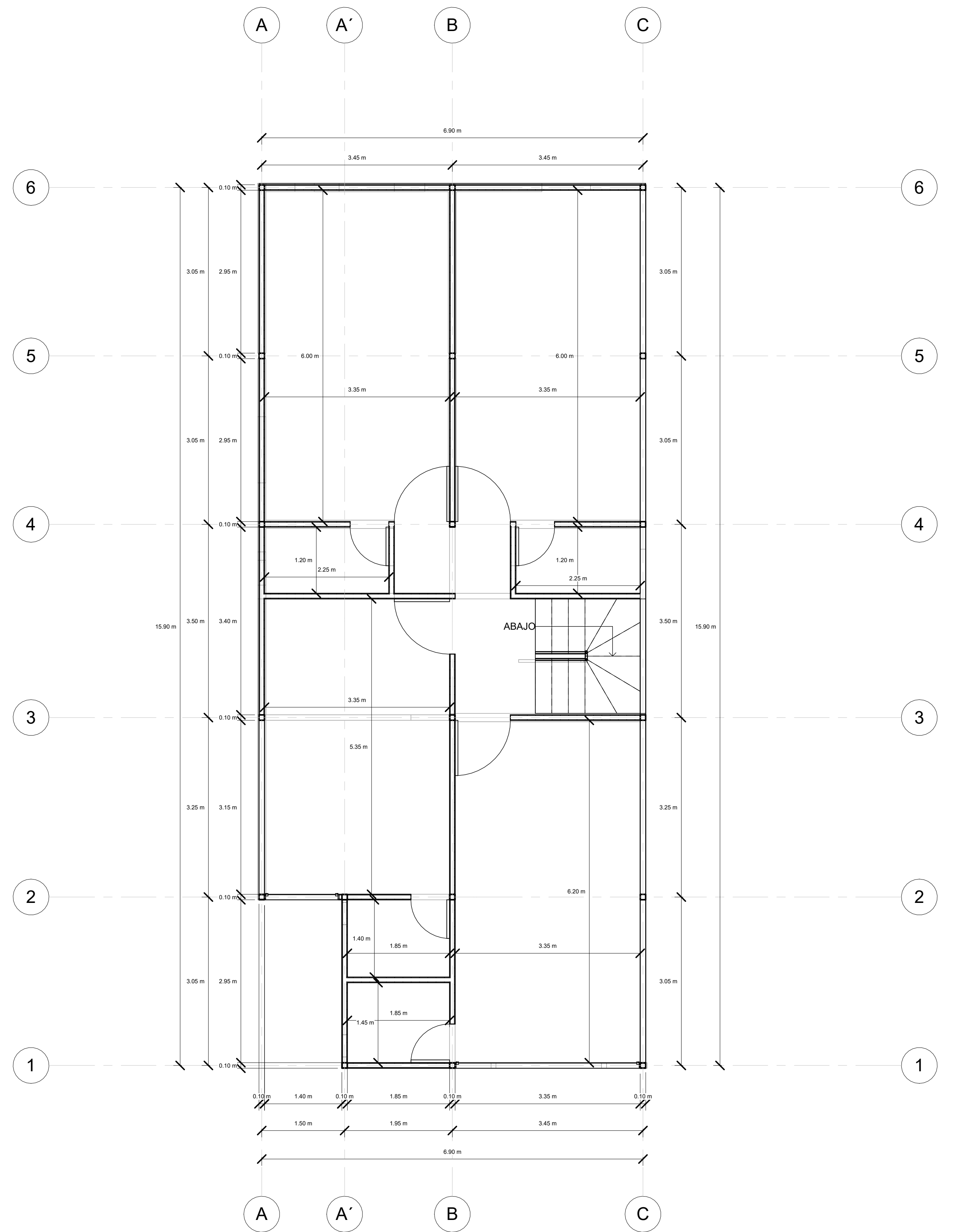
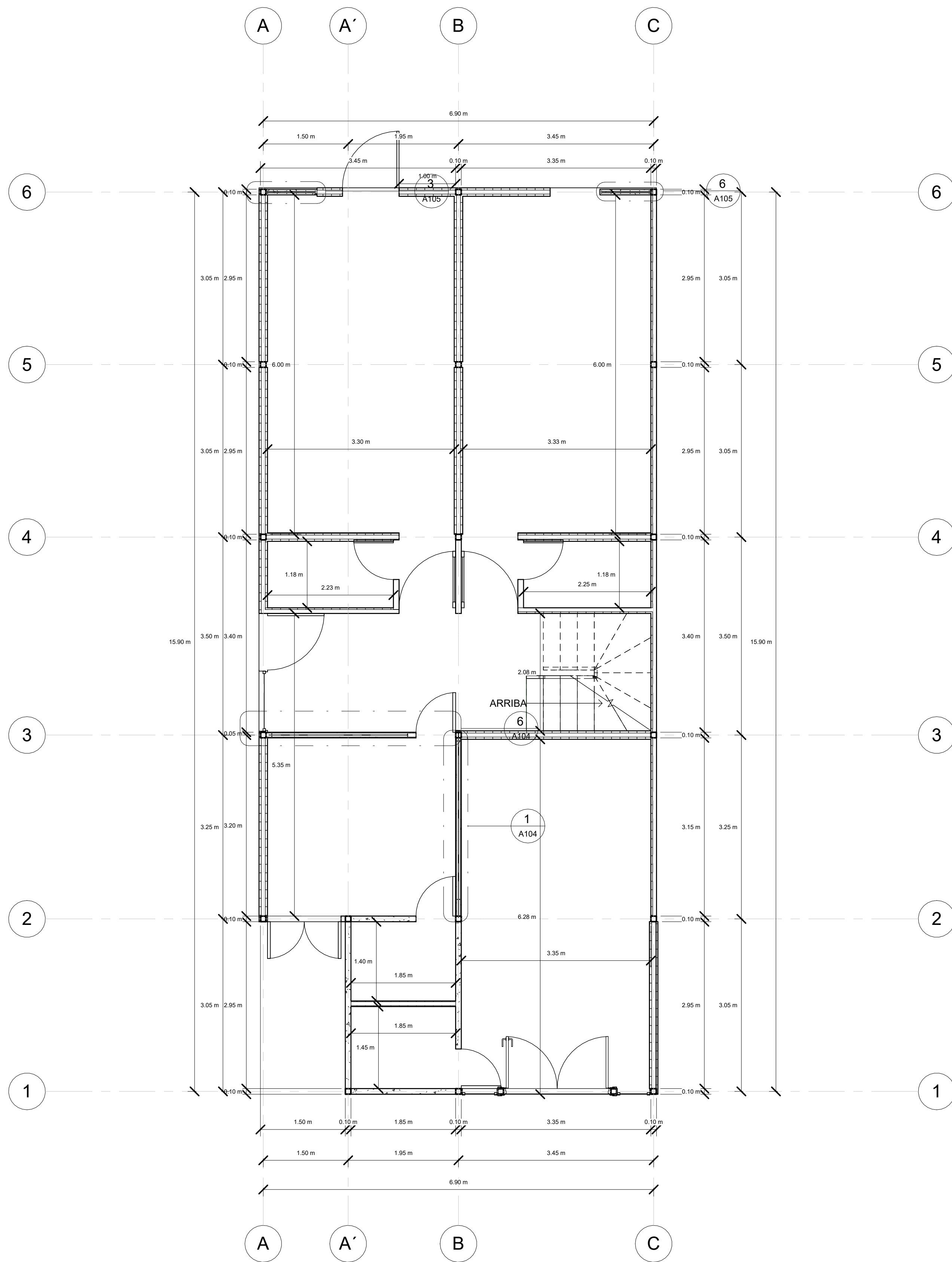
Rubiano Martínez, C. J. (2022). Evaluación del impacto ambiental de mampuestos con modelos BIM. [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/7547/Rubiano\\_Cristhian\\_2022.pdf?sequence=1](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/7547/Rubiano_Cristhian_2022.pdf?sequence=1)

Science, C. (2022). Acero sostenible: ¿qué tiene que ver el cambio climático con el acero? <https://climatescience.org/es/advanced-steel-climate>

TecnoFast. (2021). Razones por que la madera es el material de construcción más amigable con el medio ambiente. [https://tecnofast.cl/2021/06/17/5-razones-de-por-que-la-madera-es-el-material-de-construccion-mas-amigable-con-el-medio-ambiente/#:~:text=La%20madera%20no%20s%C3%B3lo%20acumula,del%20concreto%20\(8%20veces%20m%C3%A1s\)](https://tecnofast.cl/2021/06/17/5-razones-de-por-que-la-madera-es-el-material-de-construccion-mas-amigable-con-el-medio-ambiente/#:~:text=La%20madera%20no%20s%C3%B3lo%20acumula,del%20concreto%20(8%20veces%20m%C3%A1s))

Woolley, T. (s.f). La galvanización y la construcción sostenible. <http://tingalfa.com.ar/wp-content/uploads/2016/09/la-galvanizacion-y-la-construccion-sostenible.pdf>

# **PLANOS Y ANEXOS**



1 01 Planta Baja  
1 : 50

2 02 Piso\_1  
1 : 50

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

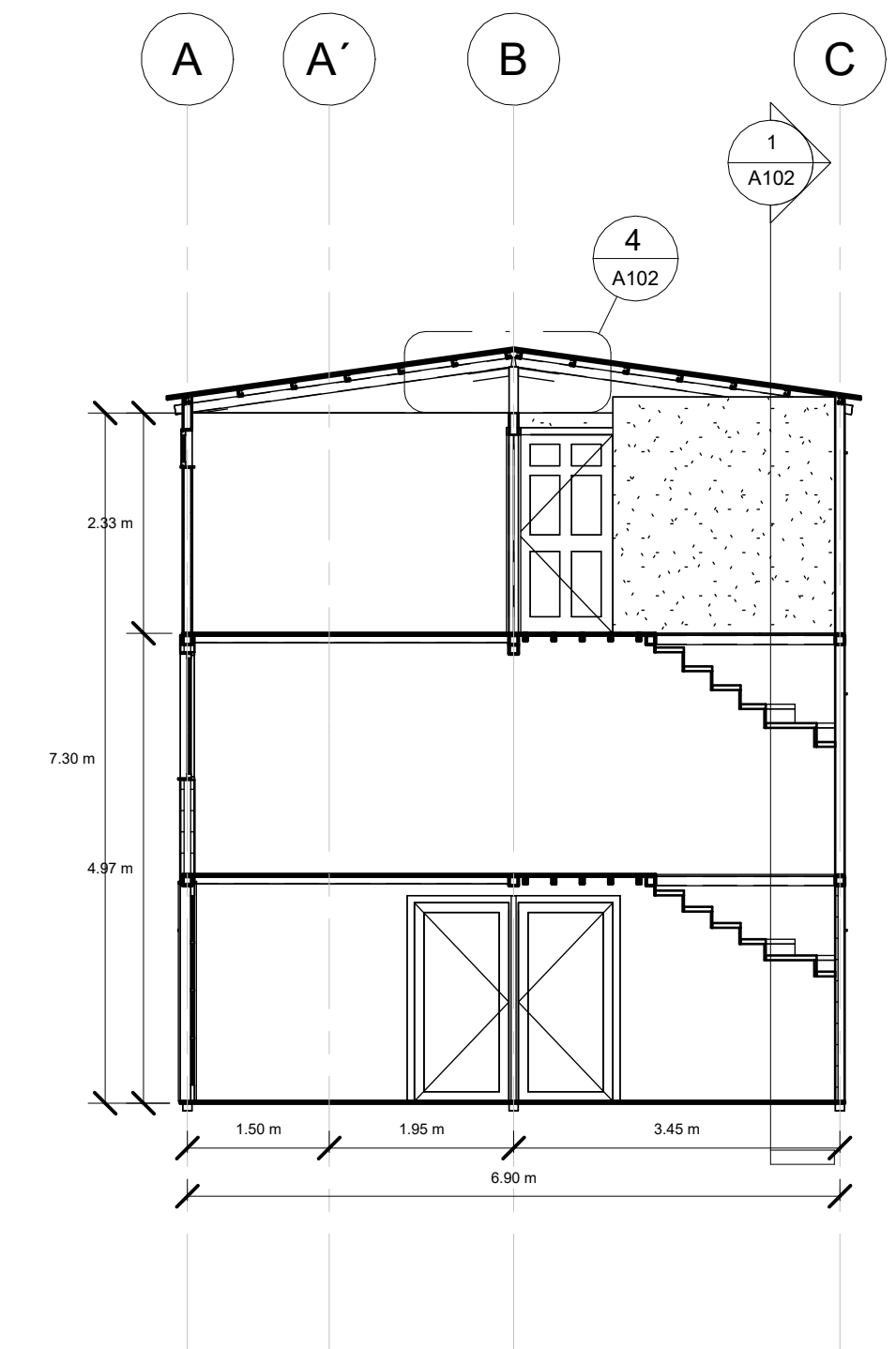
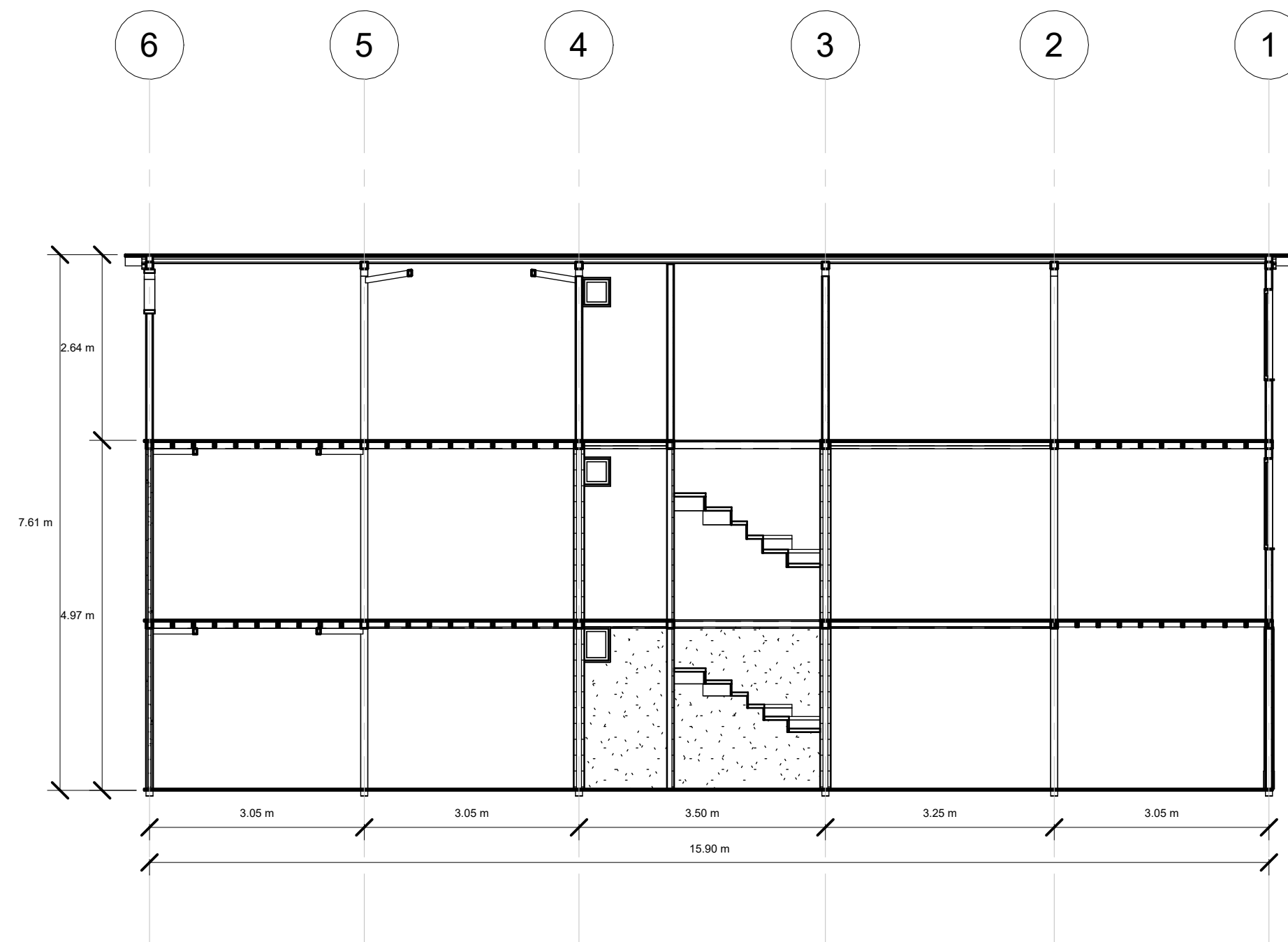
- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

**NOTAS GENERALES**

- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

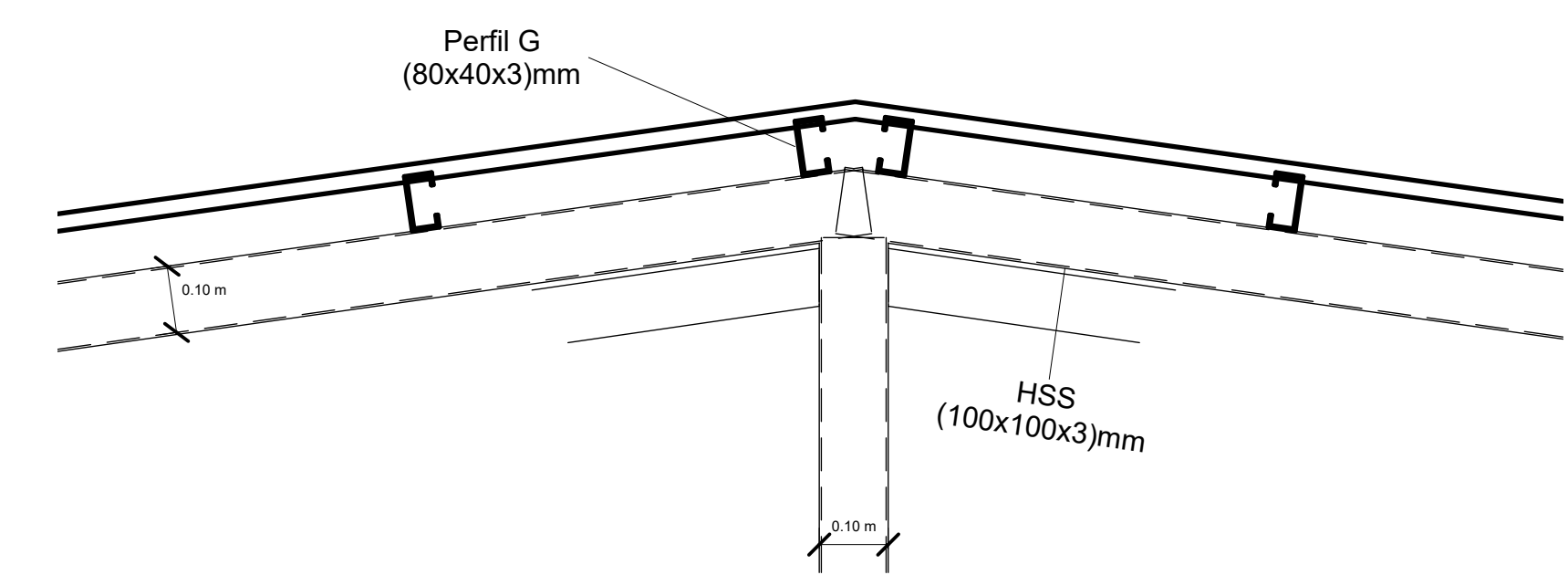
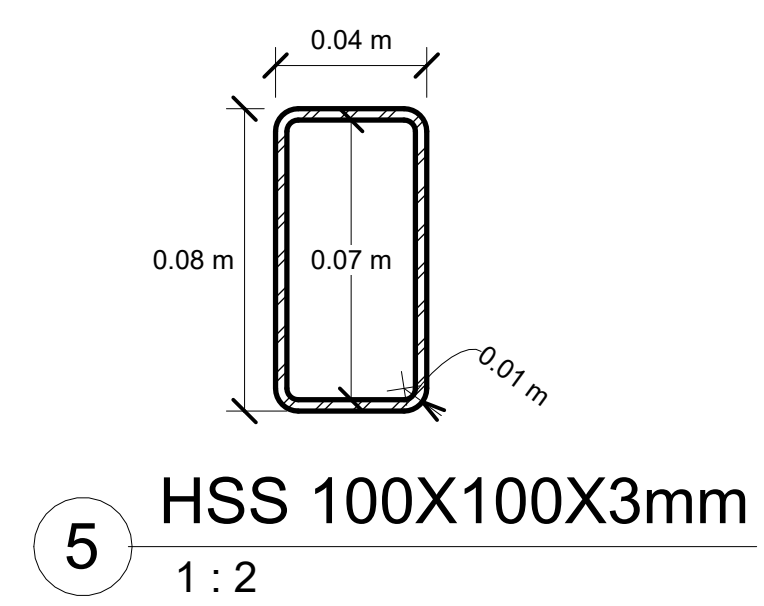
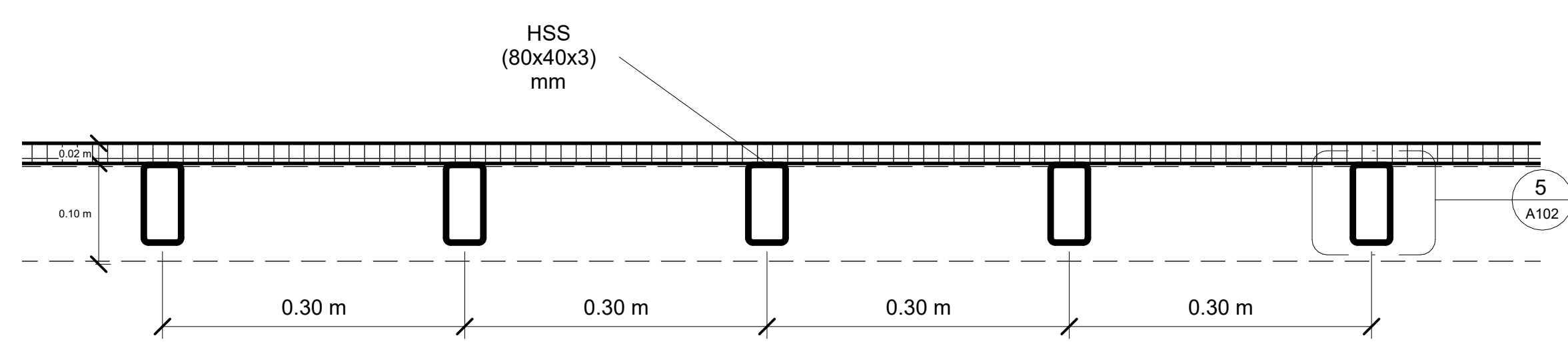
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Vivienda Villa Club		
CONTENIDO: Vistas en Planta		
Coordinador de Materia Intergradora: PhD. Andrés Velastegui	Autores: Laura Nathaly Villamar Quishpe José Gregorio Martínez Herrera	Fecha de entrega: 02/08/2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Carlos Quishpe		Lámina: A101 Escala: 1:50



1 Sección 1  
1 : 75

2 Sección 2  
1 : 75



3 Detalle - Sección 1  
1 : 5

4 Detalle - Sección 2  
1 : 10

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

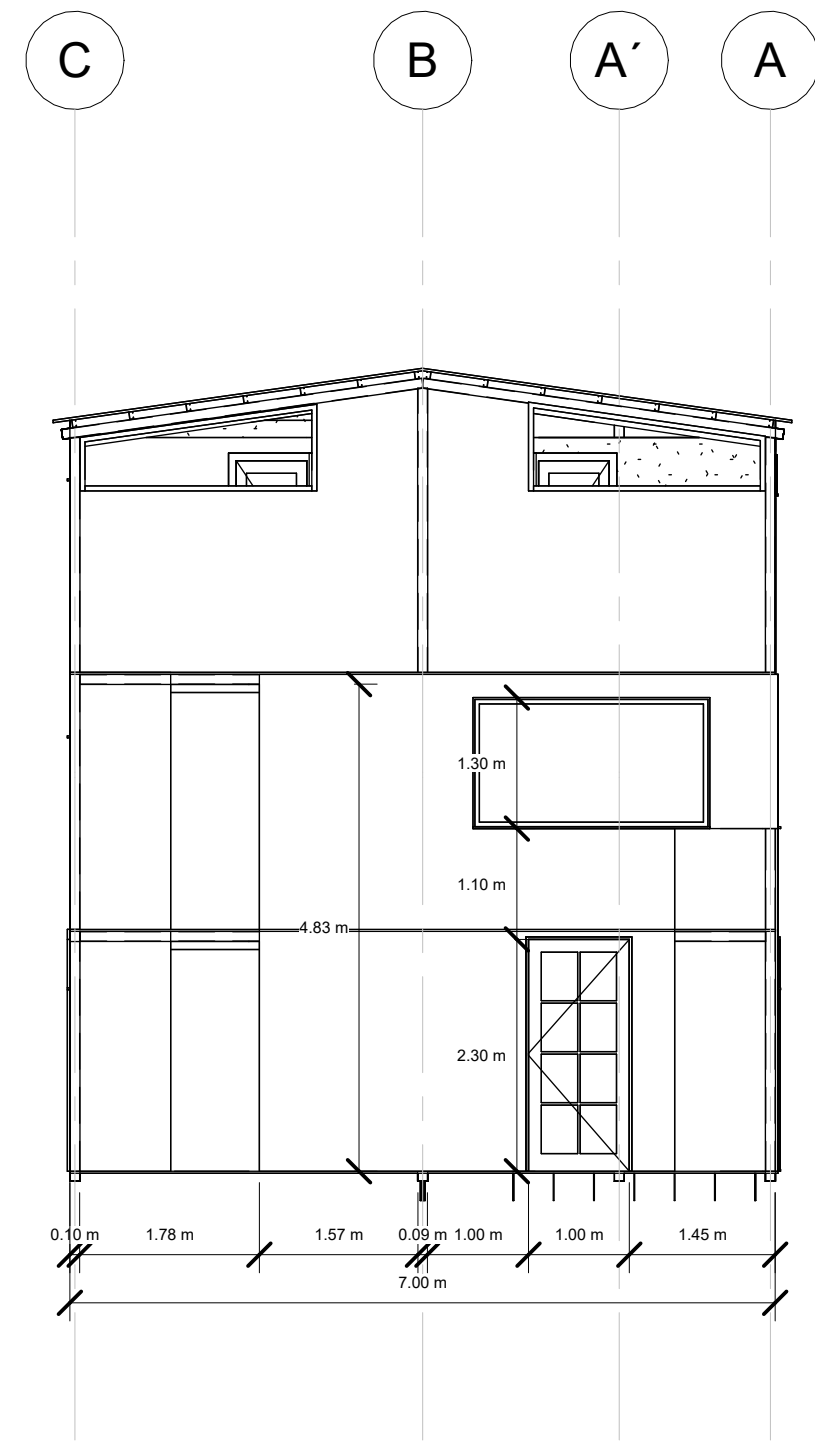
- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

**NOTAS GENERALES**

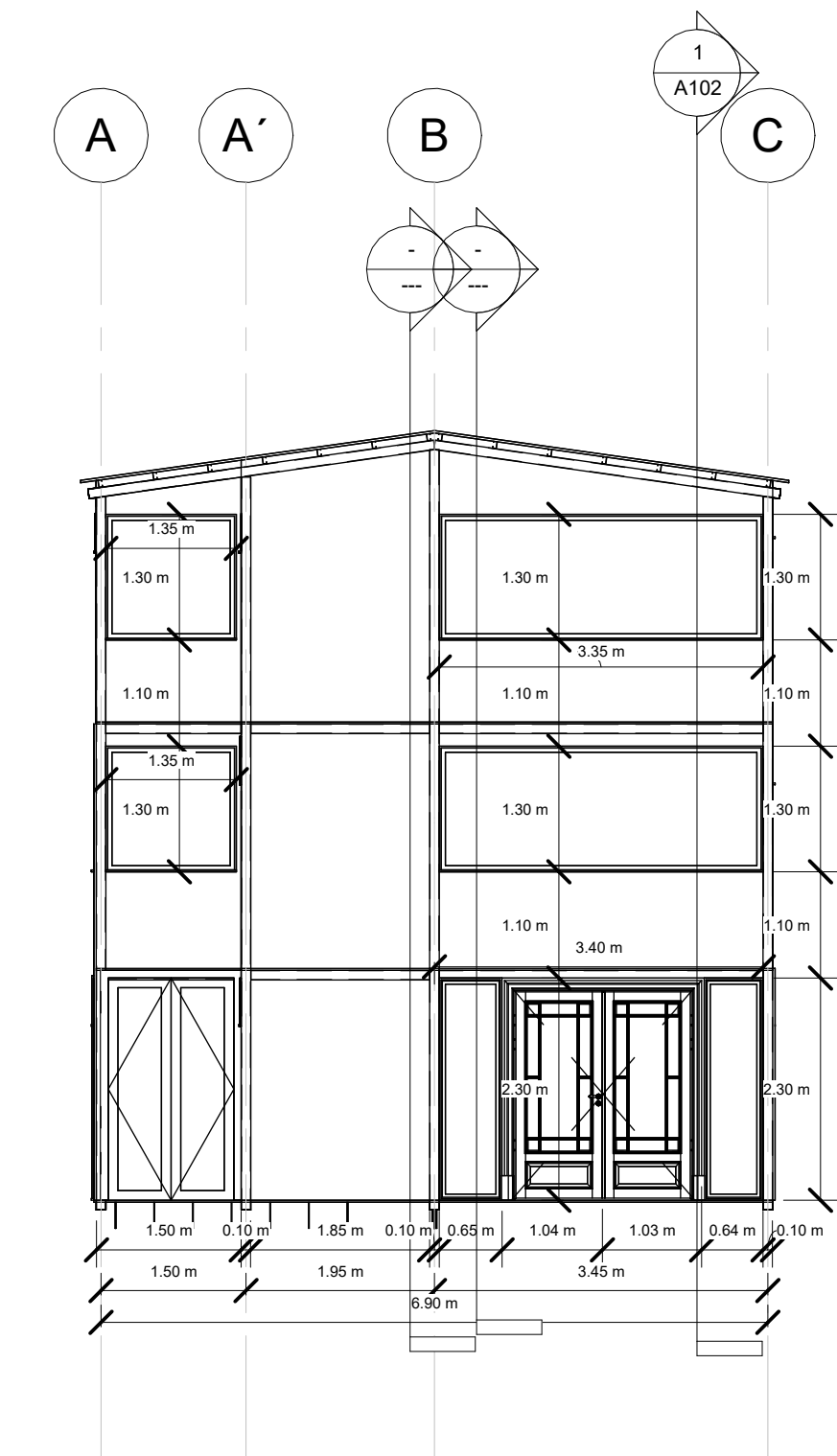
- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

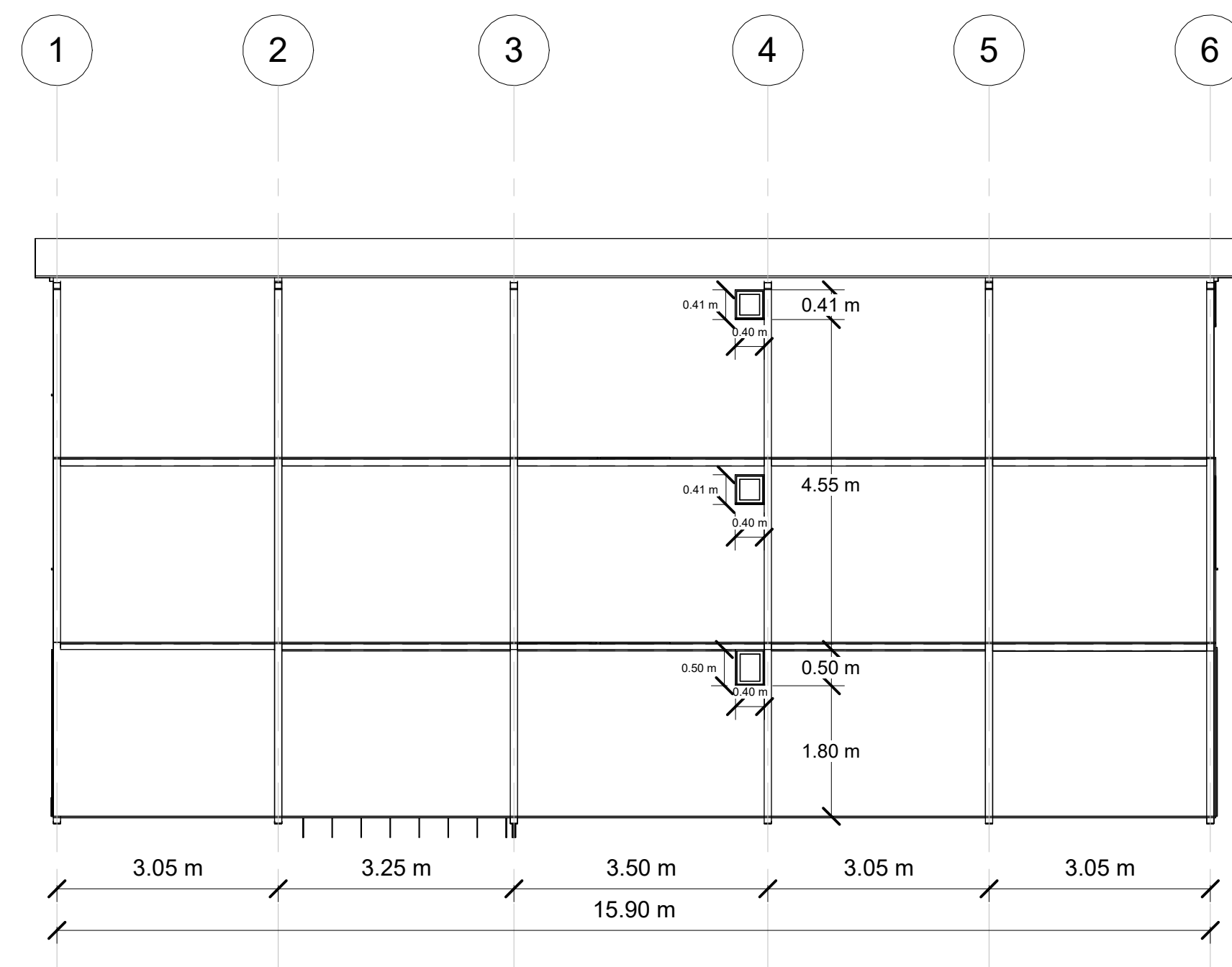
PROYECTO: Vivienda Villa Club		
CONTENIDO: Sección y Detalle		
Coordinador de Materia Interintegradora: PhD. Andrés Velastegui	Autores: Laura Nathaly Villamar Quishpe José Gregorio Martínez Herrera	Fecha de entrega: 02/08/2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Carlos Quishpe		Lámina: A102 Escala: Como se indica



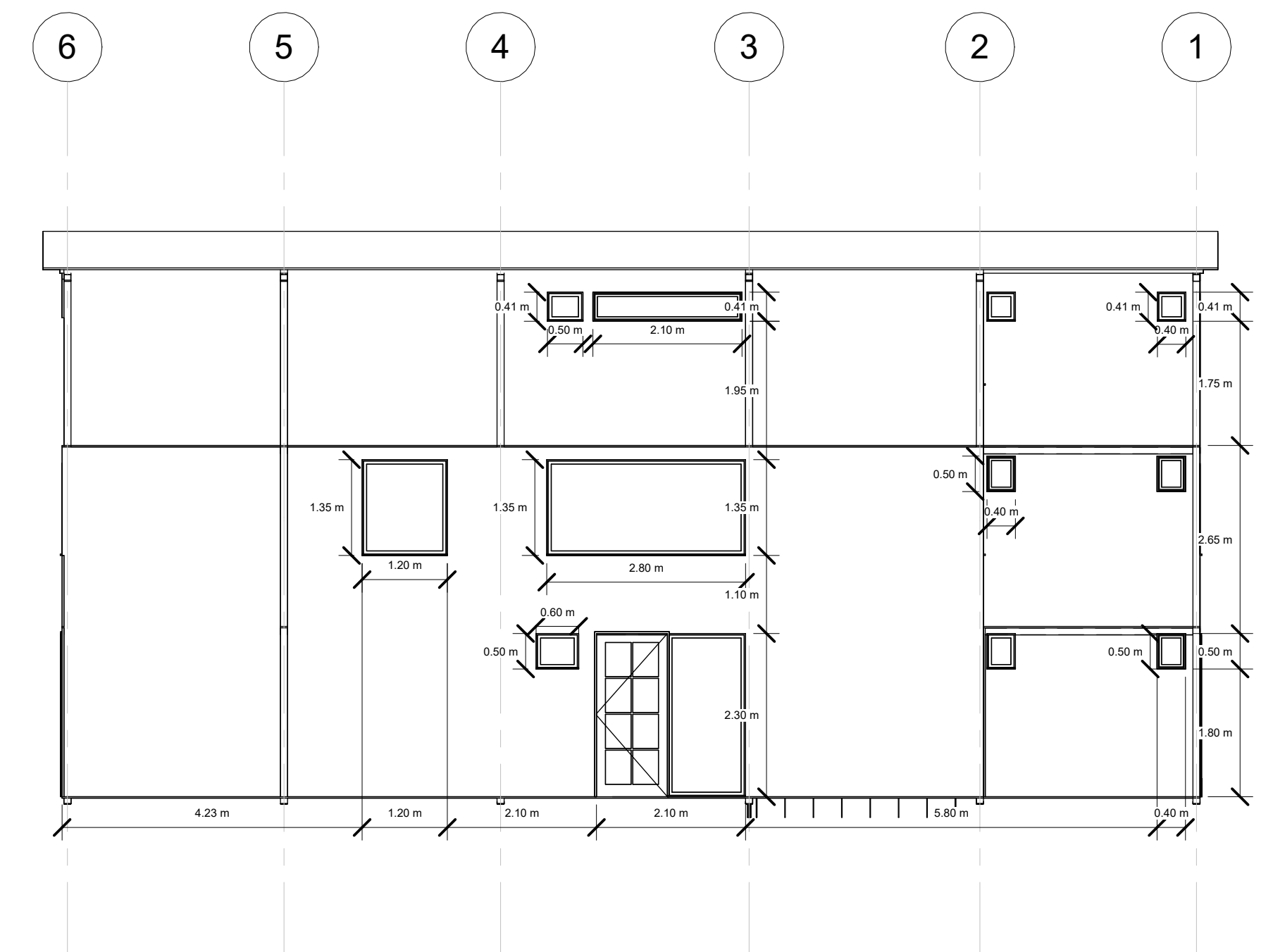
1 Fachada Posterior  
1 : 75



4 Fachada Frontal  
1 : 75



2 Fachada Lateral Derecha  
1 : 75



3 Fachada Lateral Izquierda  
1 : 75

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

### NOTAS GENERALES

- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEEN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

### ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

Vivienda Villa Club

CONTENIDO:

Fachadas

Coordinador de Materia Intergradora:  
PhD. Andrés Velastegui

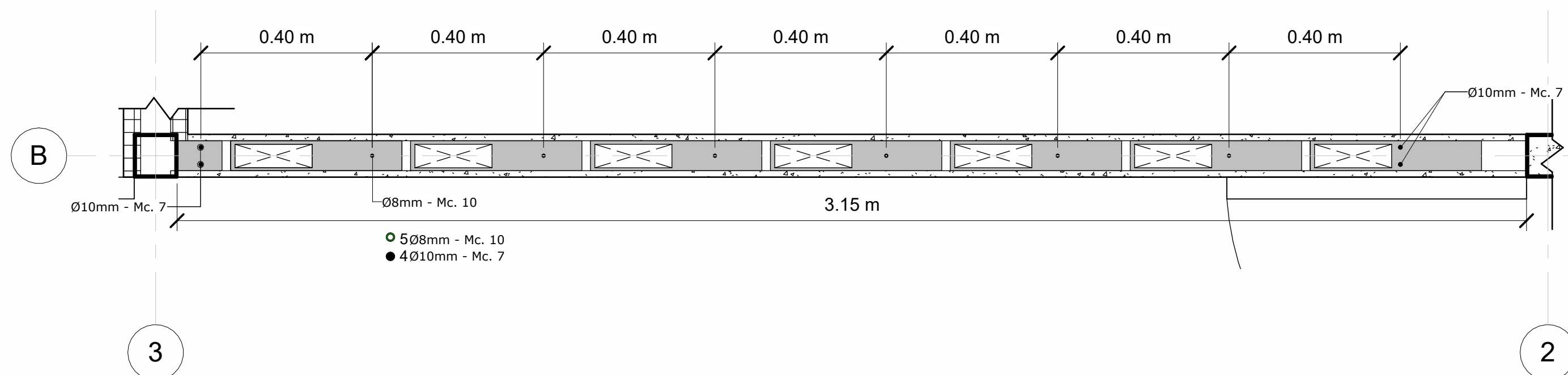
Autores:  
Laura Nathaly Villamar Quishpe  
José Gregorio Martínez Herrera

Fecha de entrega:  
02/08/2023

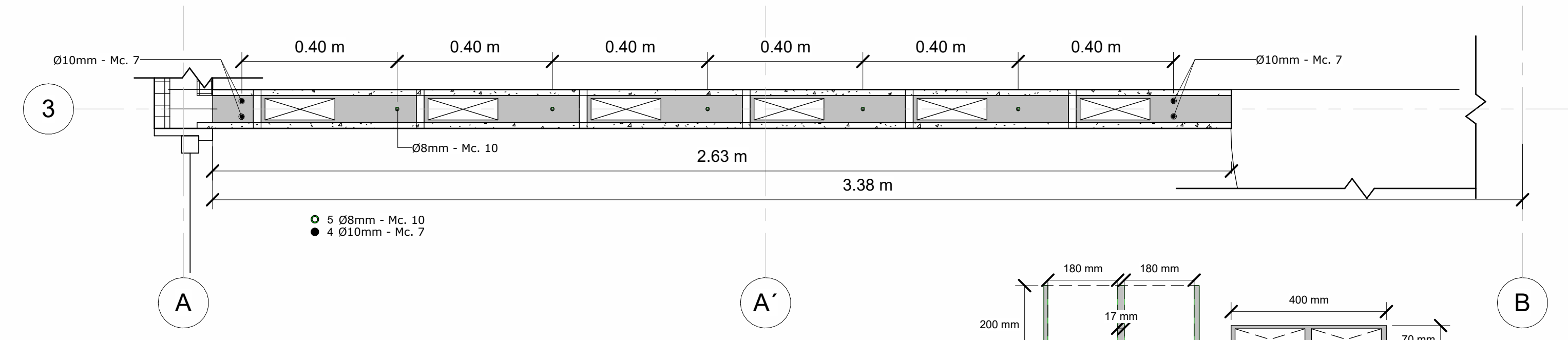
Tutor de Área de Conocimiento:  
M.Sc. Carlos Quishpe

Lámina:  
A103

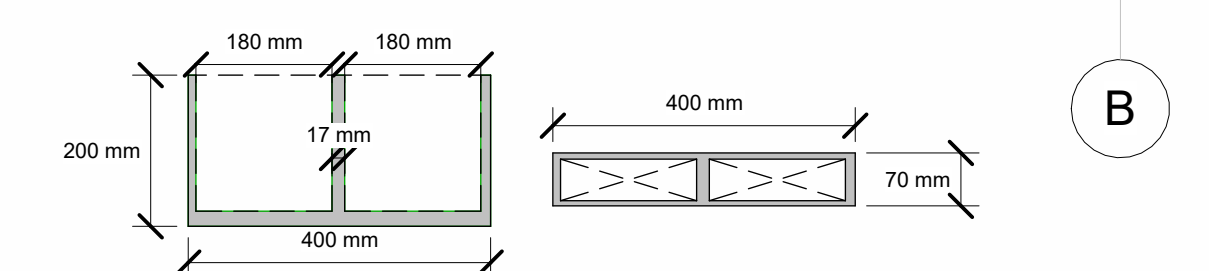
Escala:  
1 : 75



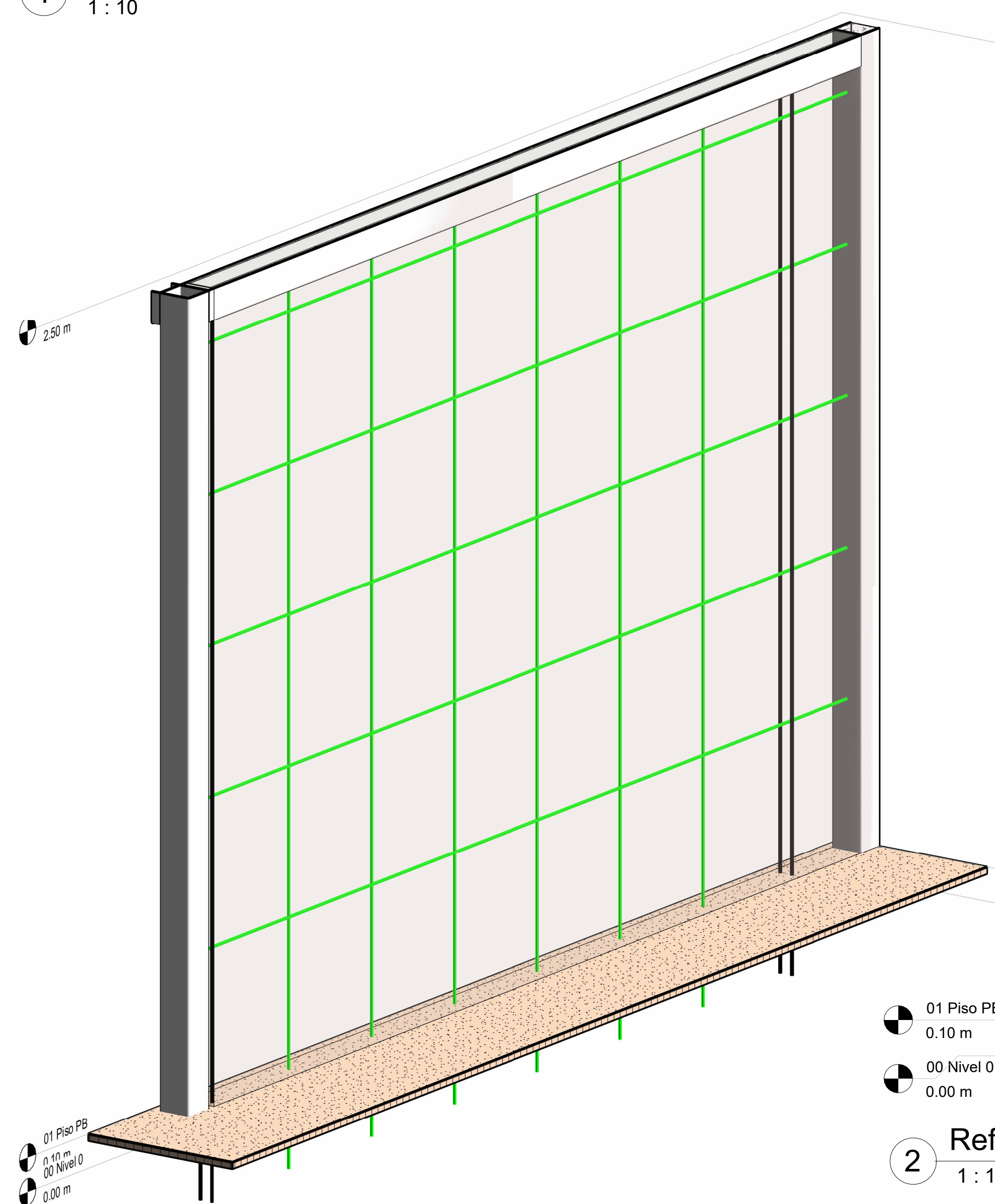
1 Refuerzo longitudinal Eje B  
1 : 10



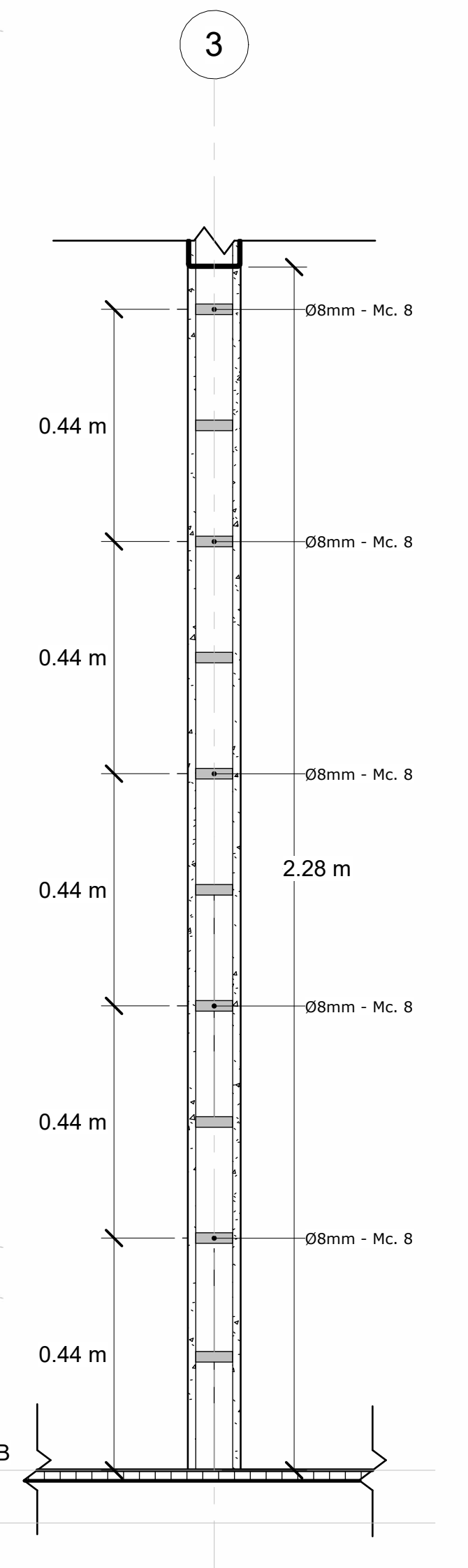
6 Corte longitudinal muro eje 3  
1 : 10



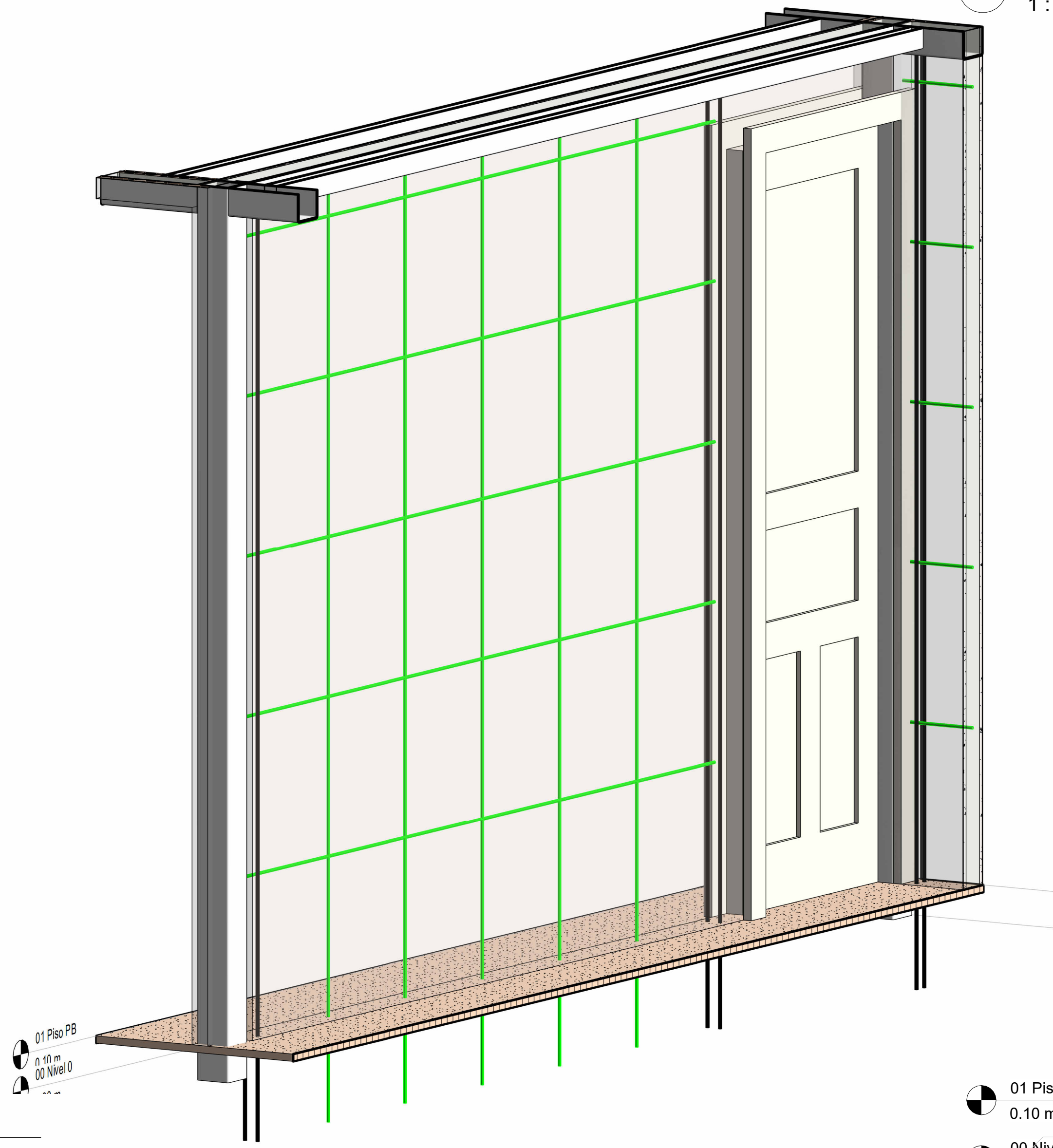
7 Detalle Bloque 40x20x7 cm  
1 : 10



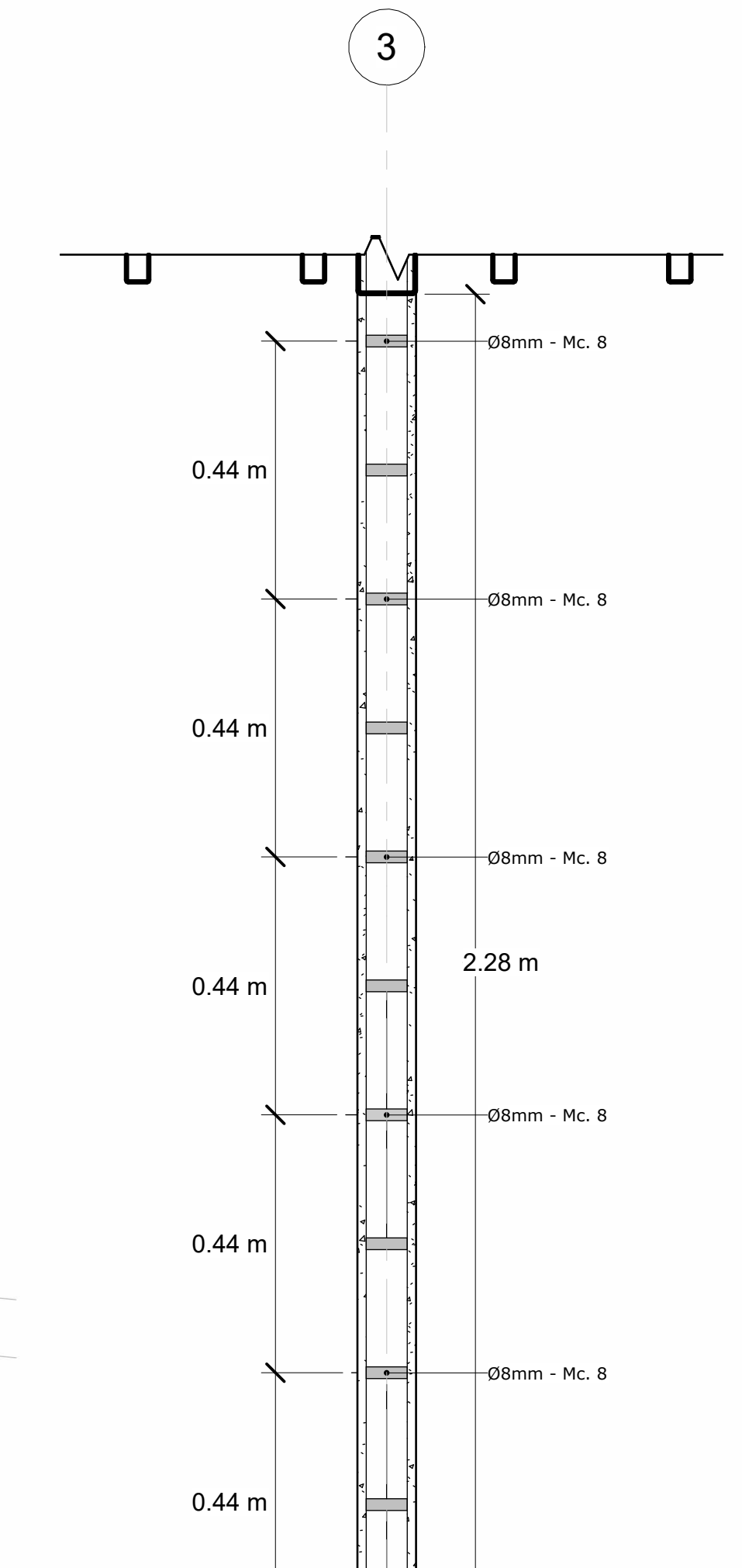
3 Mampostería reforzada Eje B



2 Refuerzo transversal Eje B  
1 : 10



4 Mampostería reforzada Eje 3



5 Corte transversal muro eje 3  
1 : 10

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

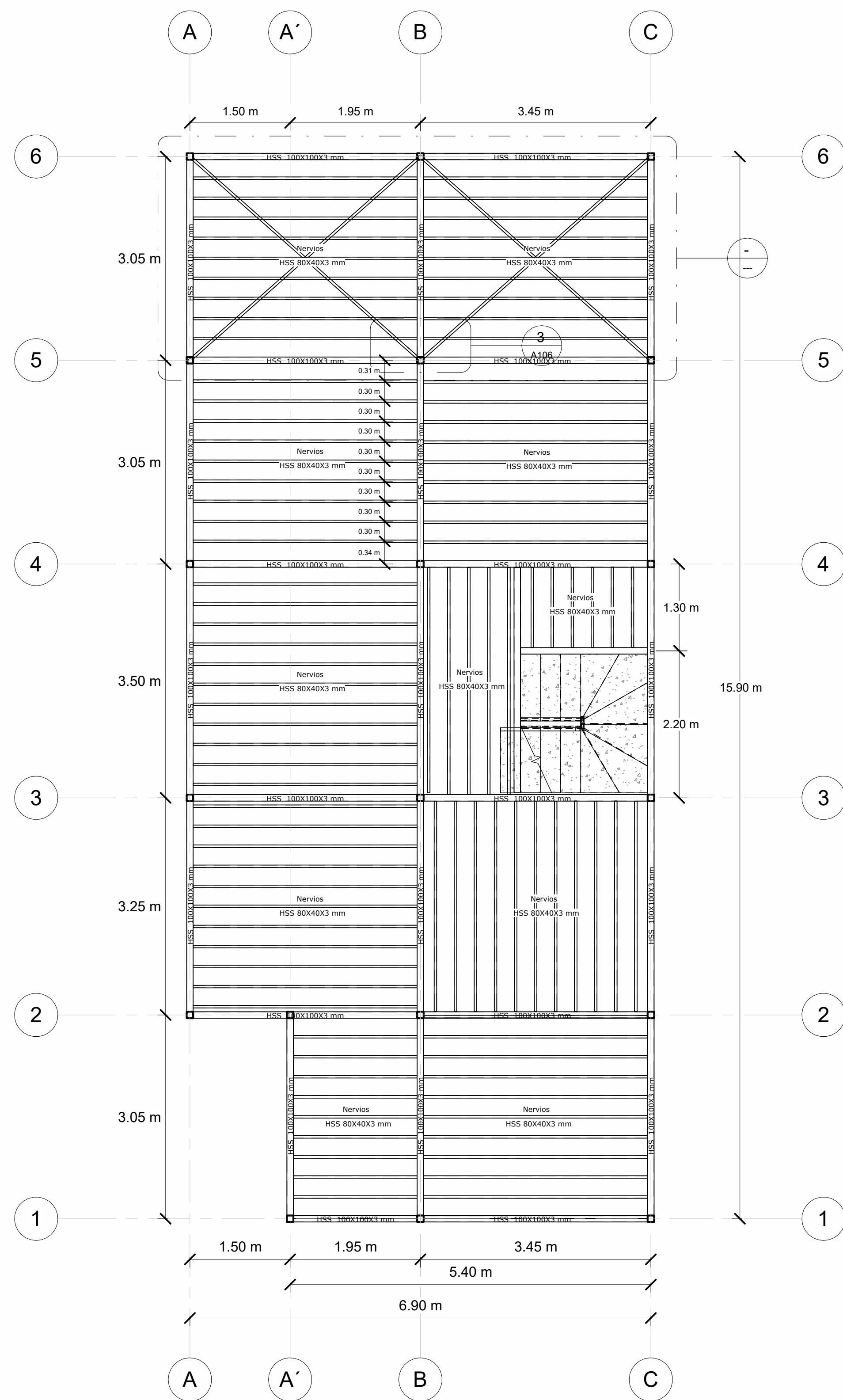
**NOTAS GENERALES**

- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

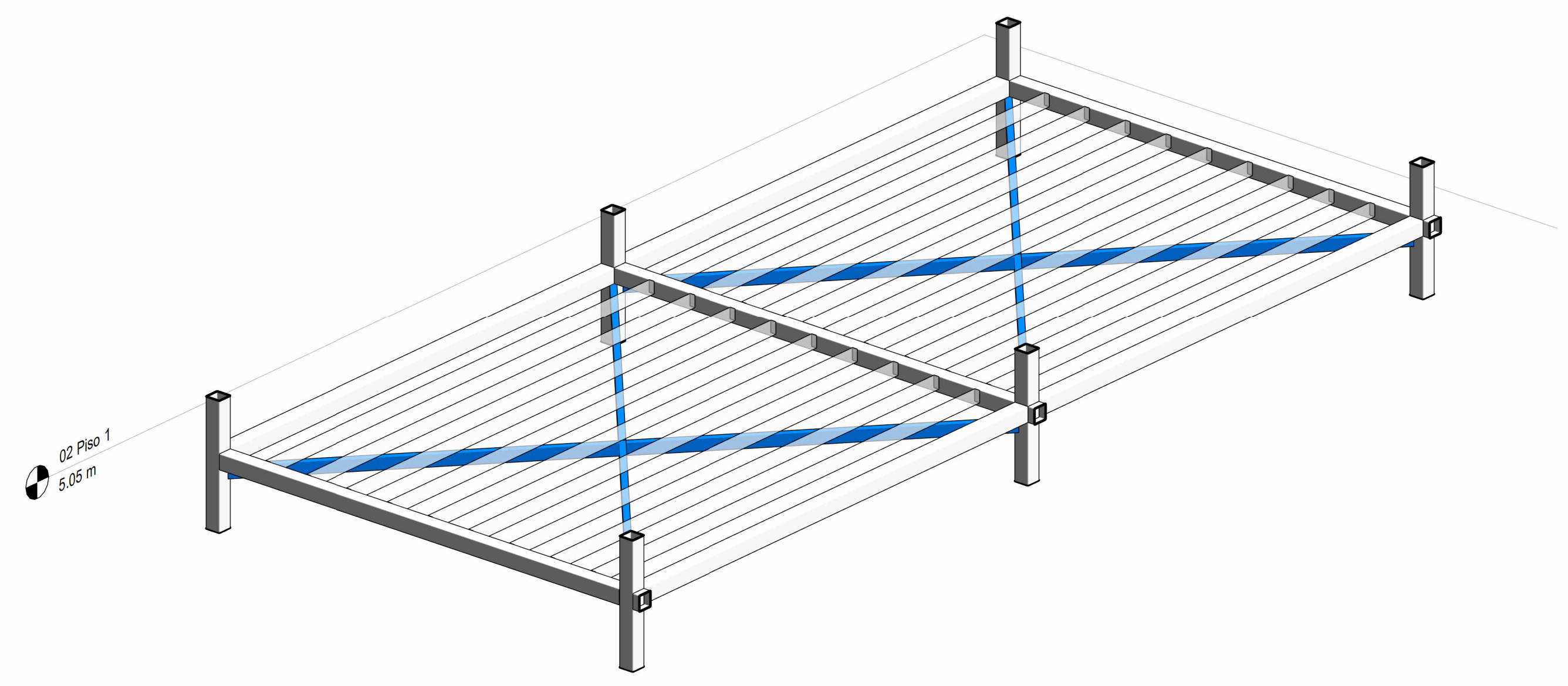
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Vivienda Villa Club		
CONTENIDO: Muro de Mampostería Reforzada		
Coordinador de Materia Intergradora: PhD. Andrés Velastegui	Autores: Laura Nathaly Villamar Quishpe José Gregorio Martínez Herrera	Fecha de entrega: 02/08/2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Carlos Quishpe	Lámina: A104	Escala: 1:10

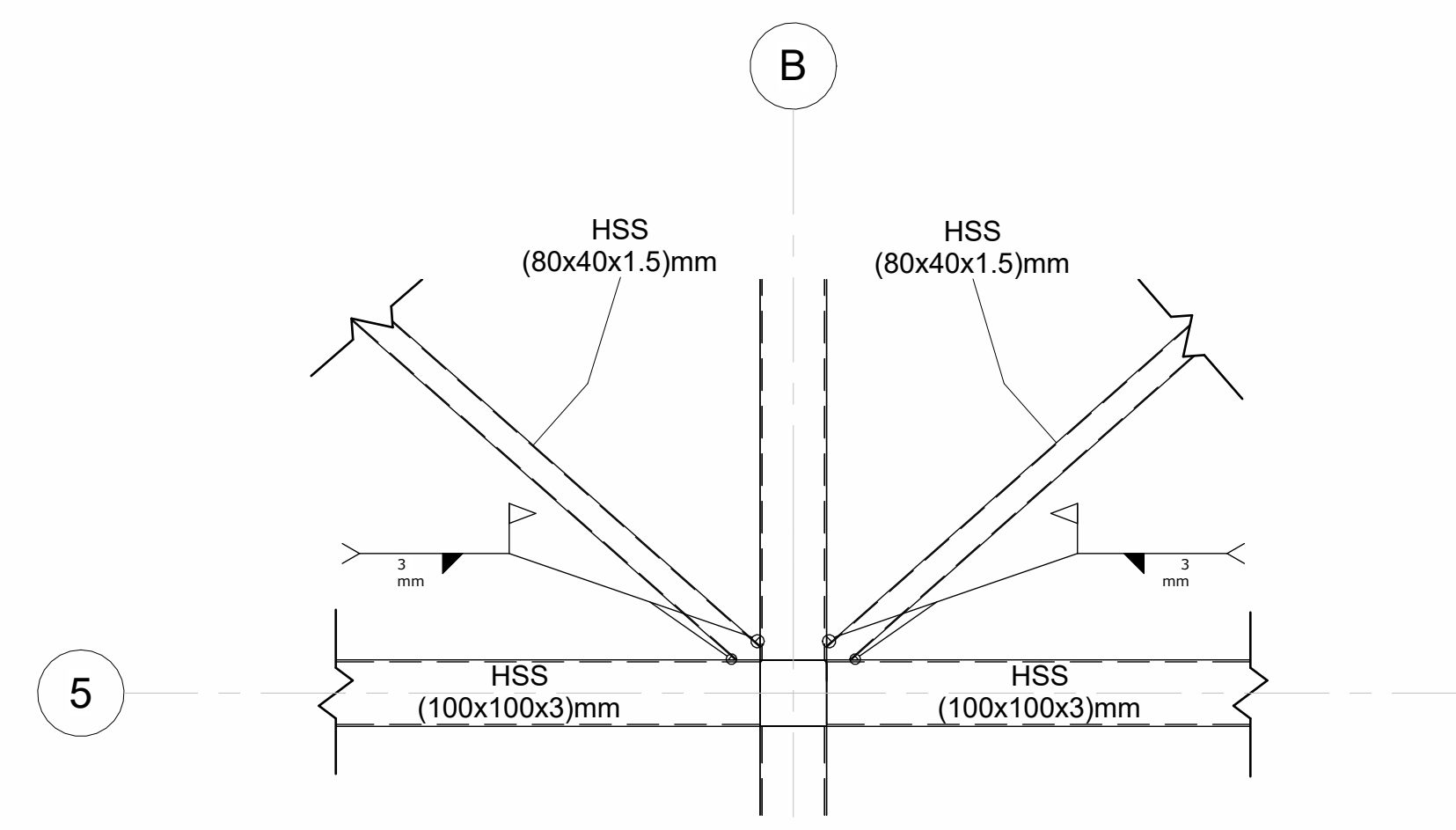




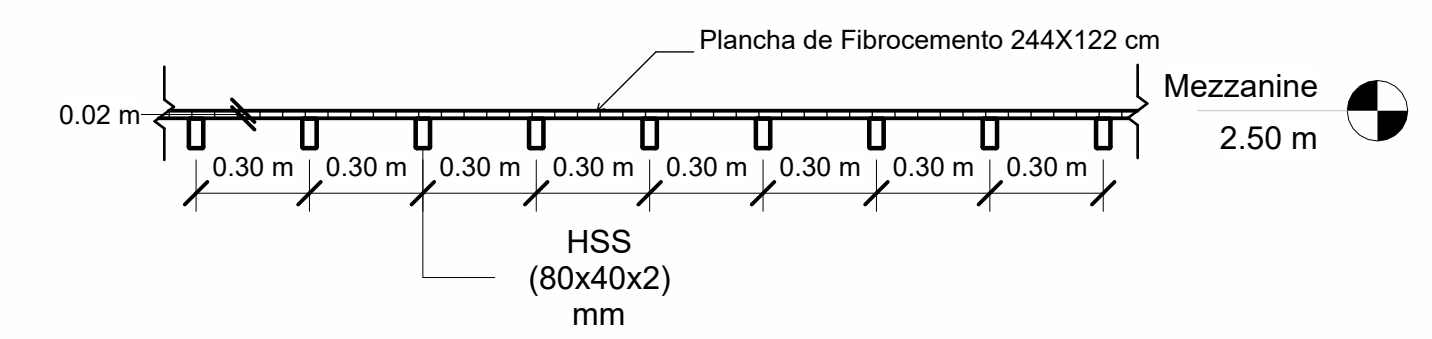
1 Mezzanine\_1  
1 : 50



2 Detalle Refuerzo - Tensores



3 Detalle General Soldadura Tensores  
1 : 10



4 Sección Mezzanine  
1 : 20

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

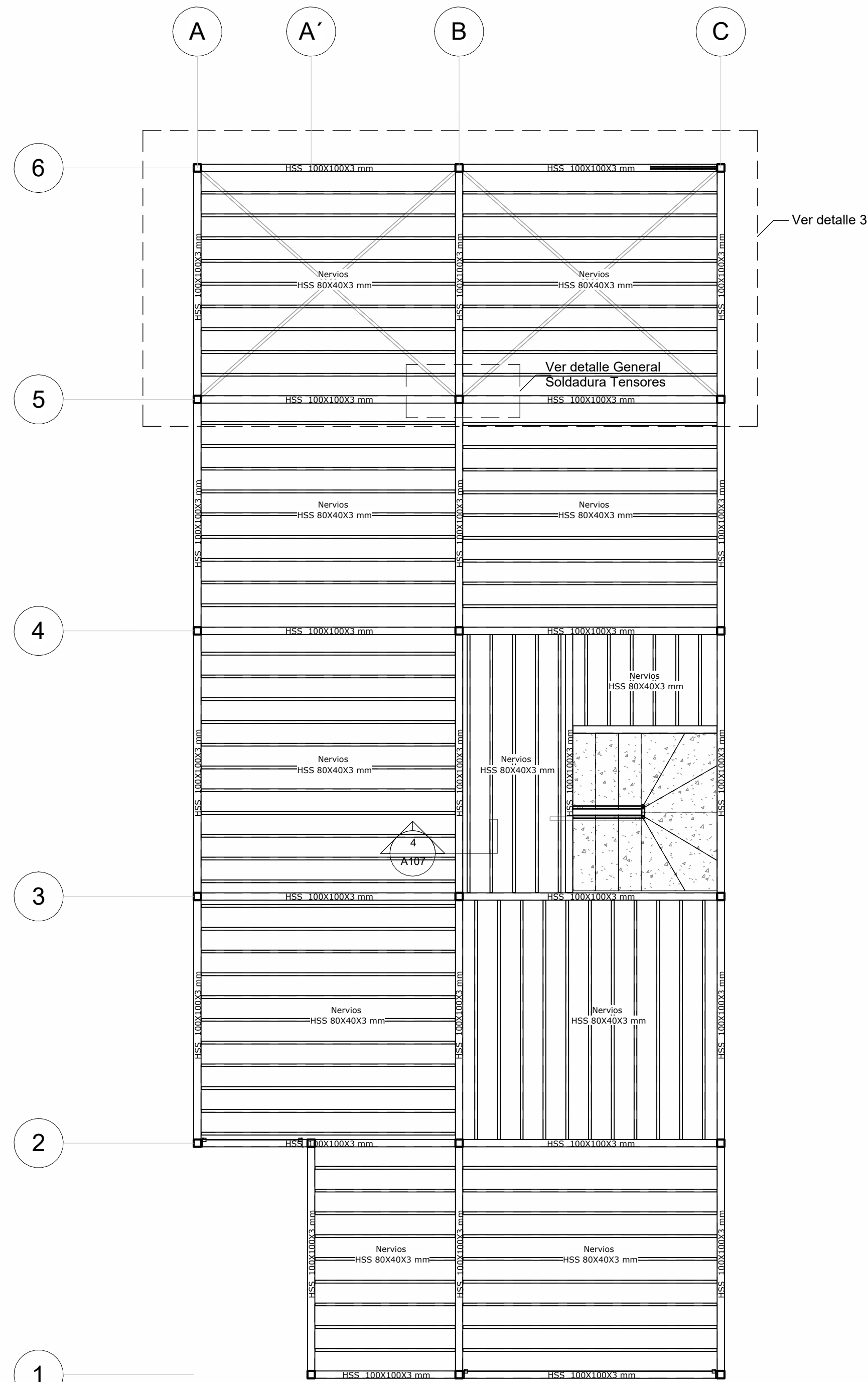
**NOTAS GENERALES**

- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

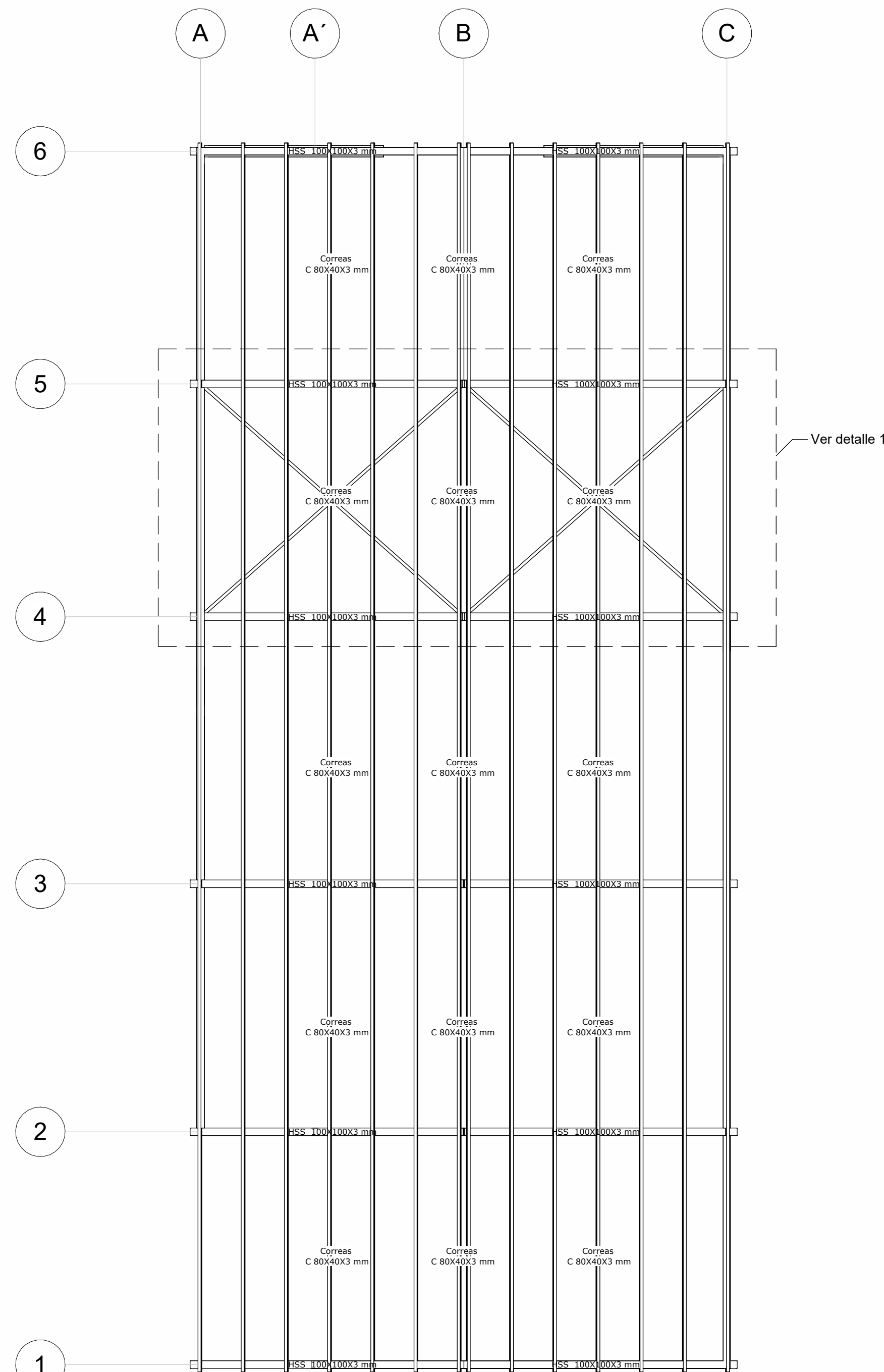
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Vivienda Villa Club		
CONTENIDO: Mezzanine		
Coordinador de Materia Intergradora: PhD. Andrés Velastegui	Autores: Laura Nathaly Villamar Quishpe José Gregorio Martínez Herrera	Fecha de entrega: 02/08/2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Carlos Quishpe	Lámina: A106	Escala: Como se indica

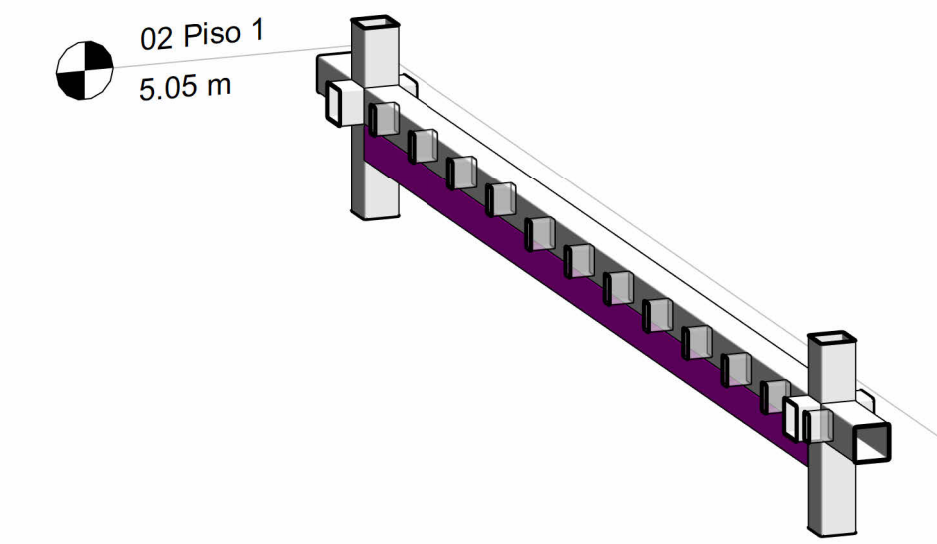




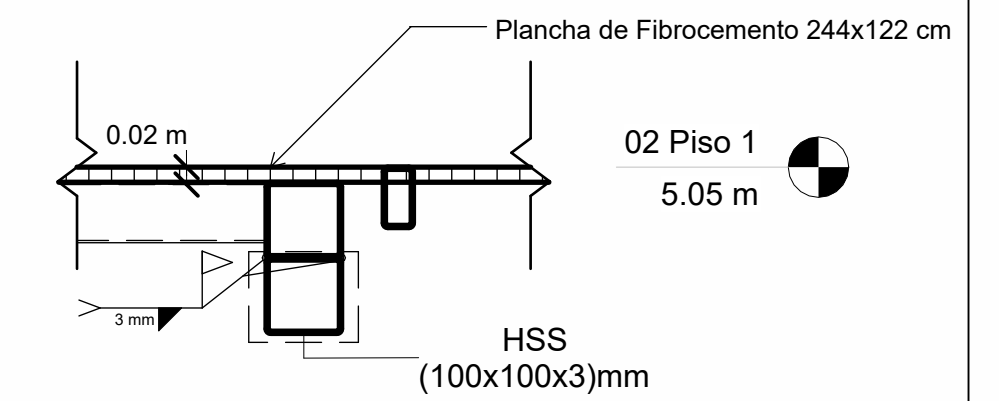
2 02 Piso\_1-EST  
1 : 50



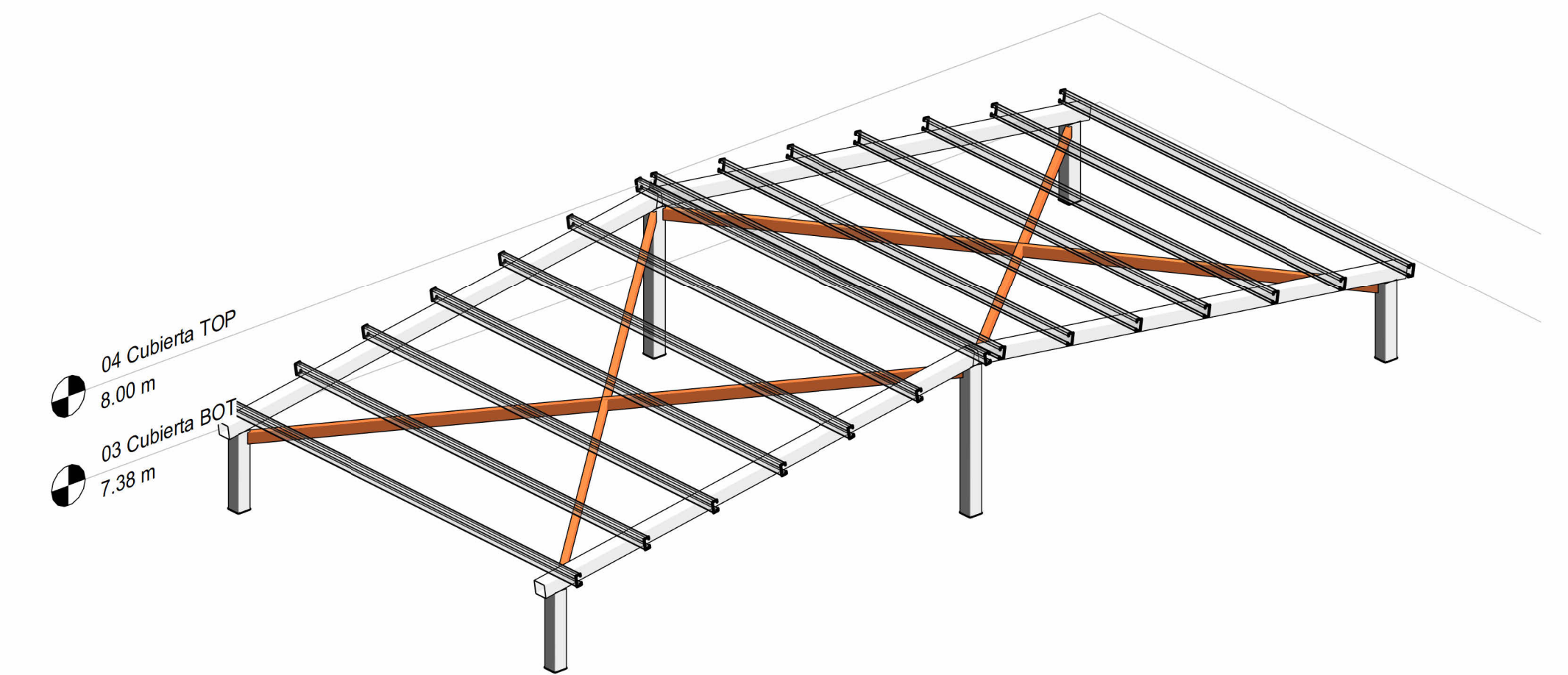
6 04 Cubierta TOP -EST  
1 : 50



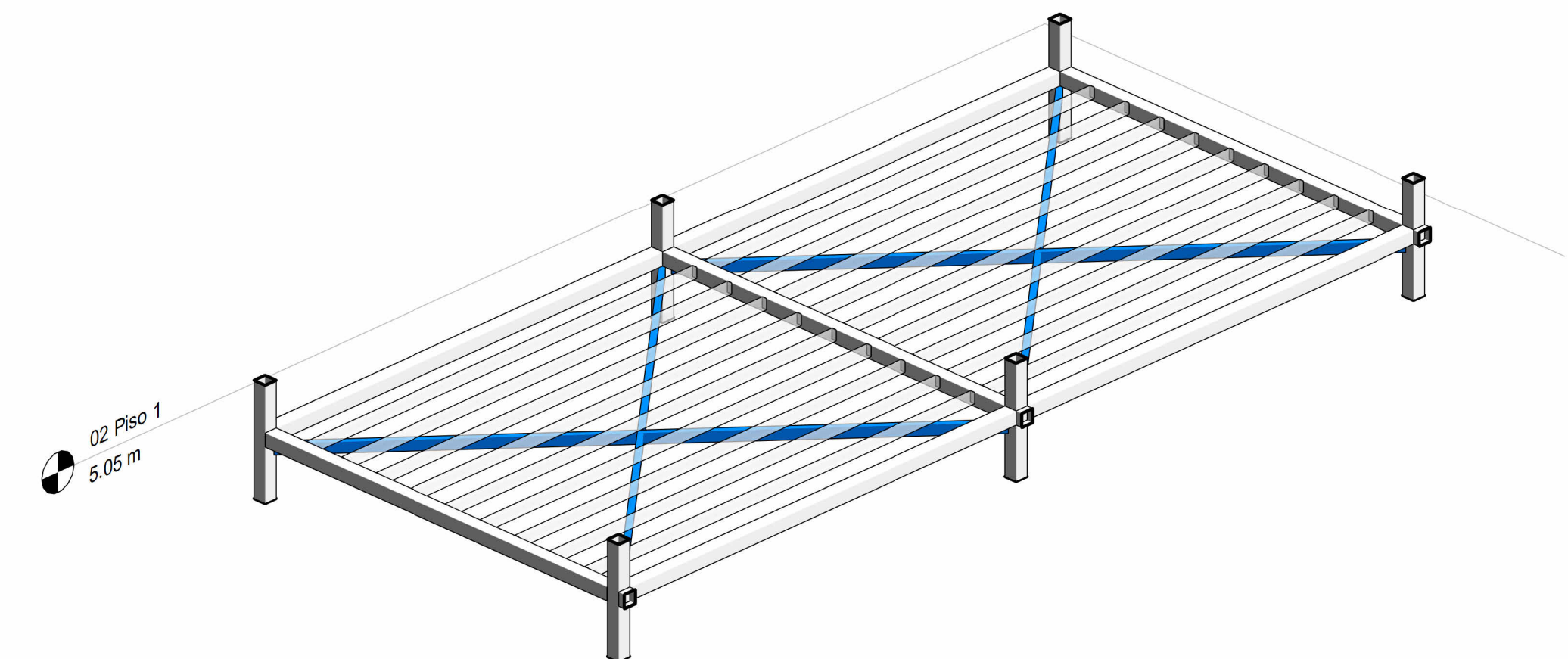
5 Detalle Refuerzo Viga P1



4 Refuerzo Viga P1  
1 : 10



1 Detalle Refuerzo - Tensores Cubierta



3 Detalle Refuerzo - Tensores P1

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA EL HORMIGÓN  $f_c=180 \text{ kgf/cm}^2$ . (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS).
- RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .
- ACERO ESTRUCTURAL DE PERFILES ASTM A-36  $f_y=2531 \text{ kgf/cm}^2$
- SOLDADURA E7018 ELEMENTOS PRINCIPALES, CONEXIONES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS.

### NOTAS GENERALES

- TODAS LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBEN ESTAR CORRECTAMENTE COORDINADOS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCIÓN.
- RECUBRIMIENTO EN MUROS ESTRUCTURALES = 2.5 cm
- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS.
- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
- PARA DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REVISAR PLANOS.

### ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Vivienda Villa Club		
CONTENIDO: Refuerzos		
Coordinador de Materia Intergradora: PhD. Andrés Velastegui	Autores: Laura Nathaly Villamar Quishpe José Gregorio Martínez Herrera	Fecha de entrega: 02/08/2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Carlos Quishpe		Lámina: A107 Escala: Como se indica

## PRE-DISEÑO

### CARGAS VIVAS

Según tabla 9 de la NEC, sección 4.2

$$C_{v_d} := 2 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Carga viva uso de departamentos} \quad C_{v_d} = 203.943 \frac{kgf}{m^2}$$

$$C_{v_c} := 0.70 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Carga viva de cubierta plana} \quad C_{v_c} = 71.38 \frac{kgf}{m^2}$$

### CARGAS MUERTAS

Según tabla 8 de la NEC, sección 4.1

$$C_{m_{HA}} := 24 \frac{kN}{m^3} \quad \text{Peso unitario del hormigón armado}$$

$$C_{m_m} := 20 \frac{kN}{m^3} \quad \text{Peso unitario de mortero (arena y cemento)} \quad C_{m_m} = 2039.432 \frac{kgf}{m^3}$$

$$e_m := 10 \text{ mm} \quad \text{Espesor mortero}$$

$$C_{m_m} := C_{m_m} \cdot 2 \cdot e_m = 40.789 \frac{kgf}{m^2}$$

$$C_{m_{ce}} := 0.2 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Cerámica con mortero de cemento por cada cm de espesor} \quad C_{m_{ce}} = 20.394 \frac{kgf}{m^2}$$

$$C_{m_{tum}} := 10 \frac{kN}{m^3} \quad \text{Peso unitario de tumbado (Planchas de Yeso)} \quad C_{m_{tum}} = 1019.716 \frac{kgf}{m^3}$$

$$e_{tum} := 10 \text{ mm} \quad \text{Espesor tumbado}$$

$$C_{m_{tum}} := C_{m_{tum}} \cdot e_{tum} = 10.197 \frac{kgf}{m^2}$$

$$e_b := 10 \text{ cm} \frac{kN}{m^3} \quad \text{Peso unitario bloque hueco de hormigón} \quad C_{m_b} = 1223.659 \frac{kgf}{m^3}$$

$$C_{m_p} := C_{m_b} \cdot e_b + C_{m_m} = 163.155 \frac{kgf}{m^2} \quad \text{Carga de pared con bloque hueco de hormigón + mortero}$$

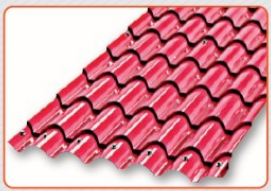
$$C_{m_{ins}} := 20 \frac{kgf}{m^2} \quad \text{Carga muerta de instalaciones}$$

$$C_{m_c} := 4.15 \frac{kgf}{m^2} \quad \text{Carga muerta de cubierta metálicas Kubiteja}$$

$$C_{m_{vc}} := 35 \frac{kgf}{m^2} \quad \text{Carga muerta por peso de vigas y columnas}$$

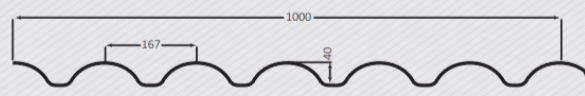
La elegancia de lo antiguo  
la ventaja de lo moderno

**El Panel**



La elegancia de lo antiguo  
la ventaja de lo moderno

**Características Técnicas**

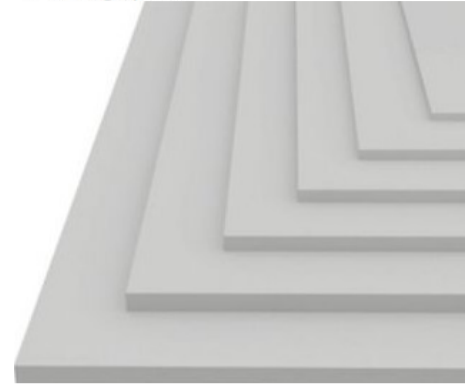


TEJA METÁLICA	ANCHO ÚTIL (mm)	PESO PANEL (Kg/m <sup>2</sup> )	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS (m)
Sencilla	1000	4.15	1.00

## PLANCHA O PLACA FIBROCEMENTO PARA PISO

Placa Fibrocemento 20mm 244x122cm  
84.83kg aprox.

$$C_{m\_fc} := 28.5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Peso por m2 de placa fibrocemento 20mm}$$



## CARGAS TOTALES

### ENTREPISOS

$$C_v := C_{v\_d} = 203.943 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga viva}$$

$$C_m := C_{m\_ce} + C_{m\_tum} + C_{m\_vc} + C_{m\_p} + C_{m\_ins} + C_{m\_fc} = 277.246 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga muerta}$$

$$C_{si} := C_{m\_ce} + C_{m\_tum} + C_{m\_p} + C_{m\_ins} + C_{m\_fc} = 242.246 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga sobreimpuesta}$$

### CUBIERTA

$$C_{v\_cubierta} := C_{v\_c} = 71.38 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga viva}$$

$$C_{m\_cubierta} := C_{m\_ins} + C_{m\_c} + C_{m\_tum} = 34.347 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga muerta}$$

## CARGAS MAYORADAS

$$C_{u\_e} := 1.2 C_m + 1.6 C_v = 659.004 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga mayorada de entrepisos}$$

$$C_{u\_c} := 1.2 \cdot C_{m\_cubierta} + 1.6 \cdot C_{v\_cubierta} = 155.425 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga mayorada de cubierta}$$

## PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

$$A_t := (3.45 \cdot 3.05) \text{ m}^2 = 10.523 \text{ m}^2 \quad \text{Área tributaria de columna más demandada}$$

$$C_{u\_ec} := C_{u\_e} = 659.004 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga ultima de entrepiso}$$

$$P_3 := C_{u\_c} \cdot A_t = 1.635 \text{ tonnef} \quad \text{Peso soportado por columna de piso 3}$$

$$P_2 := P_3 + C_{u\_ec} \cdot A_t = 8.57 \text{ tonnef} \quad \text{Peso soportado por columna de piso 2}$$

$$P_1 := P_2 + C_{u\_ec} \cdot A_t = 15.504 \text{ tonnef} \quad \text{Peso soportado por columna de piso 1}$$

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS P1-P2

PROPIEDADES DEL PERFIL EN COLUMNAS

Sección cuadrada HSS

$F_y := 36 \text{ ksi}$

$F_u := 58 \text{ ksi}$

$E := 29000 \text{ ksi}$

Table 4-22 (continued)  
Available Critical Stress for  
Compression Members

KL/r	F <sub>y</sub> = 35 ksi		F <sub>y</sub> = 36 ksi		F <sub>y</sub> = 42 ksi		F <sub>y</sub> = 46 ksi		F <sub>y</sub> = 50 ksi		
	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	
	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	
	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	
41	19.2	28.9	41	19.7	29.7	41	22.7	34.1	41	24.6	37.0
42	19.2	28.8	42	19.6	29.5	42	22.6	33.9	42	24.5	36.8
43	19.1	28.7	43	19.6	29.4	43	22.5	33.7	43	24.3	36.6
44	19.0	28.5	44	19.5	29.3	44	22.3	33.6	44	24.2	36.3
45	18.9	28.4	45	19.4	29.1	45	22.2	33.4	45	24.0	36.1
46	18.8	28.3	46	19.3	29.0	46	22.1	33.2	46	23.9	35.9
47	18.7	28.1	47	19.2	28.9	47	22.0	33.0	47	23.8	35.7
48	18.6	28.0	48	19.1	28.7	48	21.8	32.8	48	23.6	35.4
49	18.5	27.9	49	19.0	28.5	49	21.7	32.6	49	23.4	35.2
50	18.4	27.7	50	18.9	28.4	50	21.6	32.4	50	23.3	35.0

1.) Se asume un KL/r de 50, y se obtiene de la tabla 4-22

$φ_c F_{cr} := 28.4 \text{ ksi}$

$A_{g\_min} := \frac{P_1}{φ_c F_{cr}} = 7.765 \text{ cm}^2$

$A_{g\_min} = 1.204 \text{ in}^2$

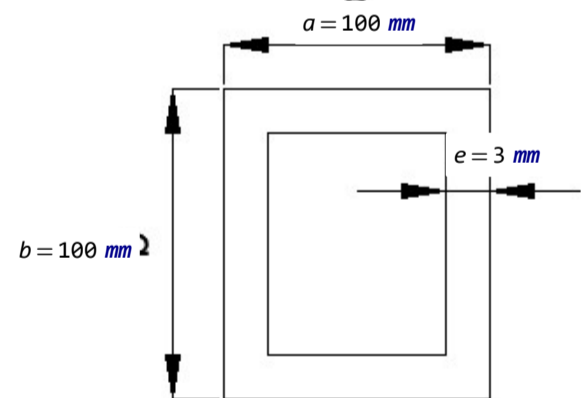
DIMENSIONES			PESOS		TIPOS										
A	B	e	6 metros	1 metro	EJE X-X				EJE Y-Y						
mm	mm	mm	kg	kg	I	W	I	I	W	I	x	I	x	I	x
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
150	80	12	157.80	26.30	32.47	1012.95	135.06	5.59	189.27	35.31	2.41	2.64			
200	50	2	27.66	4.61	5.87	316.00	31.60	7.34	11.80	2.88	1.42	0.92			
200	50	3	40.98	6.83	8.70	462.00	46.20	7.29	17.10	4.23	1.40	0.96			
200	50	4	54.06	9.01	11.50	600.00	60.00	7.23	22.10	5.52	1.39	1.00			
200	50	5	66.60	11.10	14.20	729.00	72.90	7.17	26.70	6.75	1.37	1.05			
200	50	6	80.70	13.45	16.81	850.82	85.08	7.11	31.18	7.97	1.36	1.09			
200	60	5	71.46	11.91	15.18	853.31	85.33	7.50	45.29	9.72	1.73	1.34			
200	60	6	86.52	14.42	18.01	963.76	96.37	7.31	53.04	11.50	1.71	1.39			
200	60	8	112.80	18.80	23.50	1218.58	121.85	7.20	66.96	14.96	1.68	1.53			
200	80	6	96.04	16.34	20.42	1189.65	118.96	7.63	120.77	20.61	2.43	2.14			
200	80	8	128.10	21.35	26.69	1513.67	151.36	7.53	153.94	26.27	2.40	2.14			
200	80	10	156.96	26.16	32.71	1303.27	130.32	7.42	183.91	31.87	2.37	2.23			
200	80	12	186.96	31.16	38.47	2060.24	206.02	7.32	210.38	37.04	2.34	2.32			
200	100	6	109.56	18.26	22.82	1415.55	141.55	7.87	225.25	31.19	3.14	2.78			
200	100	8	143.46	23.91	29.89	1808.75	180.87	7.77	289.60	40.61	3.11	2.87			
200	100	10	176.16	29.36	36.71	2164.60	216.46	7.67	348.64	49.59	3.08	2.97			
200	100	12	210.30	35.05	43.28	2484.70	248.47	7.58	420.78	60.72	3.12	3.07			
250	60	3	50.82	8.47	10.80	894.47	71.56	9.10	30.27	6.18	1.67	1.10			
250	60	4	76.20	11.20	14.27	1166.90	93.35	9.04	39.31	8.09	1.66	1.14			
250	60	5	83.22	13.87	17.68	1426.75	114.14	8.98	47.85	9.95	1.65	1.19			
250	60	6	102.12	17.02	21.02	1674.23	133.94	8.92	55.89	11.72	1.63	1.23			
250	60	8	133.50	22.25	27.48	2132.71	170.62	8.81	70.52	15.07	1.60	1.32			
250	60	10	162.44	27.42	33.89	2509.99	209.00	8.70	83.35	17.82	1.58	1.36			
250	80	6	112.44	18.74	23.42	203.09	162.48	9.31	128.98	21.28	2.34	1.82			
250	80	8	147.30	24.55	30.69	2600.80	208.06	9.20	164.65	27.03	2.31	1.91			
250	80	10	180.96	30.16	37.71	3119.15	249.53	9.67	197.30	32.88	2.28	2.00			
250	80	12	216.12	36.02	44.47	3588.54	287.07	9.57	225.78	38.20	2.25	2.09			
250	100	6	123.96	20.66	25.82	2388.38	191.07	9.46	241.61	32.17	3.05	2.49			
250	100	8	162.66	27.11	33.89	3069.49	245.55	11.06	311.36	41.96	3.03	2.58			
250	100	10	200.16	33.36	41.71	3695.48	295.64	11.00	375.84	51.27	3.00	2.67			
250	100	12	239.46	39.91	49.27	4268.34	341.47	10.94	450.31	62.28	3.02	2.77			
250	120	10	222.12	37.02	45.71	4271.77	341.74	10.71	629.61	73.21	3.71	3.40			
250	120	12	262.74	43.79	54.07	4947.99	395.84	10.60	732.59	86.09	3.68	3.49			
300	80	4	84.12	14.02	17.87	2186.18	145.75	11.20	93.35	14.50	2.29	1.56			
300	80	5	104.46	17.41	22.18	2685.33	179.02	11.09	114.40	17.90	2.27	1.61			
300	80	6	126.84	21.14	26.42	3165.24	211.01	11.00	134.55	21.19	2.26	1.65			
300	80	8	166.50	27.75	34.69	4071.64	271.44	10.94	172.94	27.62	2.23	1.74			
300	80	10	205.02	34.17	42.71	4906.43	327.09	10.83	207.65	33.60	2.20	1.82			
300	80	12	245.28	40.88	50.47	5672.90	378.19	10.71	237.51	39.00	2.17	1.91			
300	100	6	138.36	23.06	28.82	3683.91	245.59	10.60	254.58	32.89	2.97	2.26			
300	100	8	181.86	30.31	37.89	4753.93	316.92	11.30	328.58	42.95	2.94	2.35			
300	100	10	224.16	37.36	46.71	5747.76	383.18	11.20	397.3	52.55	2.91	2.44			
300	100	12	268.68	44.78	55.30	6670.00	445.00	11.09	459.00	61.50	2.88	2.53			
300	120	10	246.42	41.07	50.71	6589.61	439.31	10.87	667.52	75.09	3.63	3.11			
300	120	12	291.90	48.65	60.07	7663.55	510.90	11.40	777.84	88.49	3.60	3.21			
300	150	10	275.58	45.83	56.71	7851.11	523.41	11.18	1250.73	115.82	4.70	4.21			
300	150	12	328.86	54.88	67.77	9158.55	610.44	11.17	1484.85	137.01	4.67	4.31			

CÁLCULO DE PROPIEDADES

$a := 100 \text{ mm}$

$b := 100 \text{ mm}$

$e := 3 \text{ mm}$



ÁREA

$a_1 := a \cdot b = 100 \text{ cm}^2$

$a_2 := (a - 2 \cdot e) \cdot (b - 2 \cdot e) = 88.36 \text{ cm}^2$

$A_T := a_1 - a_2 = 11.64 \text{ cm}^2$

$A_g := A_T \quad A_T = 11.64 \text{ cm}^2$

EJE NEUTRO

$y_{cm} = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{A}$

$y_{cm} := \frac{a_1 \cdot \frac{b}{2} - a_2 \cdot \left( \frac{b - 2 \cdot e}{2} + e \right)}{a_1 - a_2} = 5 \text{ cm}$

## INERCIA EN X

$$I_{x1} := \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3 = 833.333 \text{ cm}^4$$

$$I_{x2} := \frac{1}{12} \cdot (a - 2e) \cdot (b - 2e)^3 = 650.624 \text{ cm}^4$$

$$I_x := I_{x1} - I_{x2} = 182.709 \text{ cm}^4$$

## INERCIA EN Y

$$I_{y1} := \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 = 833.333 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} := \frac{1}{12} \cdot (a - 2e) \cdot (b - 2e)^3 = 650.624 \text{ cm}^4$$

$$I_y := I_{y1} - I_{y2} = 182.709 \text{ cm}^4$$

## RADIO DE GIRO

$$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A_T}} = 3.962 \text{ cm}$$

$$r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_T}} = 3.962 \text{ cm}$$

## SECCIÓN ELÁSTICA

$$y_b := y_{cm} = 5 \text{ cm}$$

$$y_t := b - y_{cm} = 5 \text{ cm}$$

$$c := \max(y_b, y_t) = 5 \text{ cm}$$

$$c_y := \frac{a}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$S_x := \frac{I_x}{c} = 36.542 \text{ cm}^3 \quad S_y := \frac{I_y}{c_y} = 36.542 \text{ cm}^3$$

## SECCIÓN PLÁSTICA X

$$y_1 := \frac{(a \cdot e) \cdot \left(\frac{b-e}{2}\right) + 2 \left(\left(\frac{b-e}{2}\right) \cdot e\right) \cdot \left(\frac{\left(\frac{b-e}{2}\right)}{2}\right)}{\frac{A_T}{2}} = 3.639 \text{ cm}$$

$$A_{zx1} := \frac{A_T}{2} = 5.82 \text{ cm}^2$$

$$Z_x := 2 \cdot A_{zx1} \cdot y_1 = 2.585 \text{ in}^3$$

## SECCIÓN PLÁSTICA Y

$$x_1 := \frac{\left(2 \cdot \left(\frac{a \cdot e}{2}\right) \cdot \left(\frac{a}{2}\right) + \left((b - 2e) \cdot e\right) \cdot \left(\frac{a - e}{2}\right)\right)}{\left(\frac{A_T}{2}\right)} = 3.639 \text{ cm}$$

$$A_{zy1} := \frac{A_T}{2} = 5.82 \text{ cm}^2$$

$$Z_y := 2 \cdot (A_{zy1} \cdot x_1) = 42.354 \text{ cm}^3$$

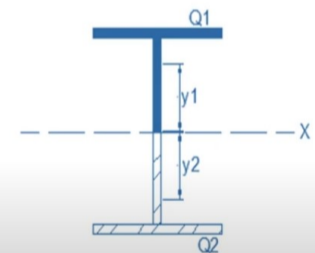
El Módulo de Sección Plástico respecto a la dirección X se define como:

$$Z_x = \sum Q = Q_1 + Q_2 = A_1 y_1 + A_2 y_2$$

Cálculo de  $y_1, y_2$  (Distancias centroide)

$$y_1 = y_2 = \frac{\sum Ay}{\sum A}$$

$$y_1 = y_2 = \frac{(5.27 \times 0.4)(3.94) + (3.74 \times 0.25)(1.87)}{(5.27 \times 0.4) + (3.74 \times 0.25)} = 2.99 \text{ in}$$



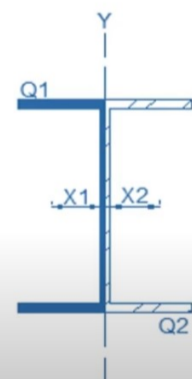
El Módulo de Sección Plástico respecto a la dirección Y se define como:

$$Z_y = \sum Q = Q_1 + Q_2 = A_1 x_1 + A_2 x_2$$

Cálculo de  $x_1, x_2$  (Distancias centroide)

$$x_1 = x_2 = \frac{\sum Ax}{\sum A}$$

$$x_1 = x_2 = \frac{[(2.635 \times 4)(1.317)]2 + (7.48 \times 0.125)(0.0625)}{(2.635 \times 4)(2) + (7.48 \times 0.125)} = 1.425 \text{ in}$$



## RESUMEN

X-X

$$I_x = 182.71 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 36.54 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 3.96 \text{ cm}$$

$$Z_x = 42.35 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 4.39 \text{ in}^4$$

$$S_x = 2.23 \text{ in}^3$$

$$r_x = 1.56 \text{ in}$$

$$Z_x = 2.58 \text{ in}^3$$

Y-Y

$$I_y = 182.71 \text{ cm}^4$$

$$S_y = 36.54 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 3.96 \text{ cm}$$

$$Z_y = 42.35 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 4.39 \text{ in}^4$$

$$S_y = 2.23 \text{ in}^3$$

$$r_y = 1.56 \text{ in}$$

$$Z_y = 2.58 \text{ in}^3$$

COMPRESIÓN

$$\lambda_r := 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.681 \quad \text{punto inflexión}$$

Verificar si la sección tiene elementos esbeltos

$$\lambda_{t\_HSS} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 39.735 \quad \text{Tabla B2, Caso 6 del AISC (2010)}$$

$$E_H := \frac{(b - 2e)}{e} = 31.333$$

if ( $E_H \leq \lambda_{t\_HSS}$ , "NO esbelto", "Esbelto") = "NO esbelto"

Relación ancho espesor

$$\lambda_{p\_HSS} := 0.64 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 18.165 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{ps\_HSS} := 0.55 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.61 \quad \text{NEC}$$

```

if  $E_H \geq \lambda_{p\_HSS}$ 
    "No compacta"
else if  $\lambda_{ps\_HSS} < E_H < \lambda_{p\_HSS}$ 
    "Compacta"
else
    "Sismicamente compacta"
    
```

ESBELTEZ

$K := 1$  Arriostrada siendo conservador

$L := 2.5 \text{ m}$  Longitud arriostrada

$K \cdot L = 98.425 \text{ in}$  Longitud efectiva

$$r_{min} := \min(r_x, r_y) = 1.56 \text{ in}$$

$$E_{esb} := \frac{K \cdot L}{r_{min}} = 63.101$$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

```

tipo := if  $E_{esb} < \lambda_r$ 
    "Inelastico"
        if  $E_{esb} \geq \lambda_r$ 
            "Elastico"
    
```

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r_{min}}\right)^2} = 71.883 \text{ ksi}$$

```

 $F_{cr} :=$  if tipo = "Inelastico"
     $\left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) \cdot F_y$ 
        if tipo = "Elastico"
             $0.877 \cdot F_e$ 
    
```

$$A_g := A_T$$

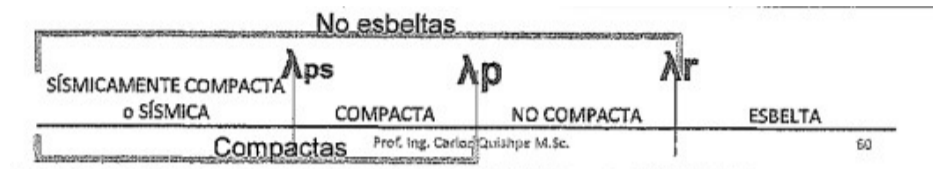
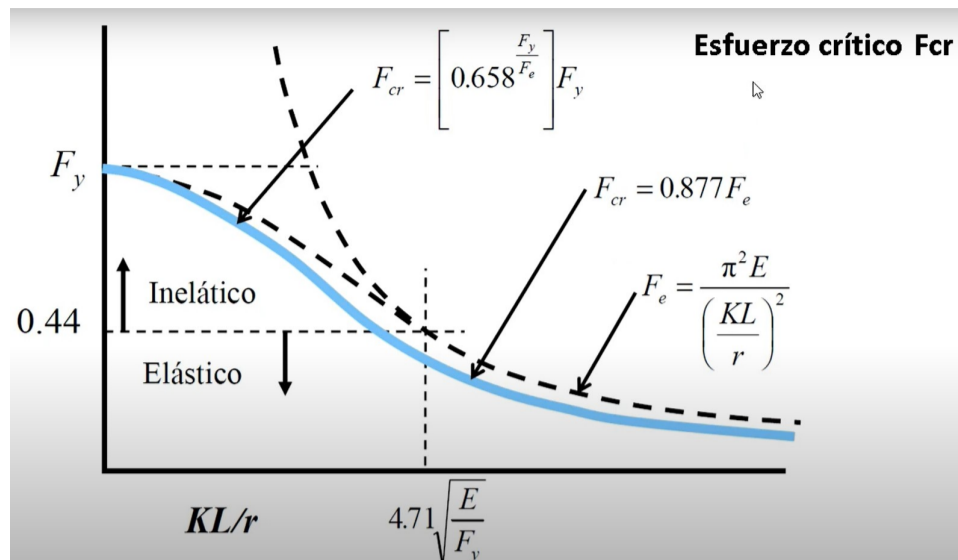
$$\phi_c := 0.9$$

$$\phi_c P_n := \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g = 47.402 \text{ kip}$$

$$\phi_c P_n = 21.501 \text{ tonnef} \quad P_1 = 15.504 \text{ tonnef}$$

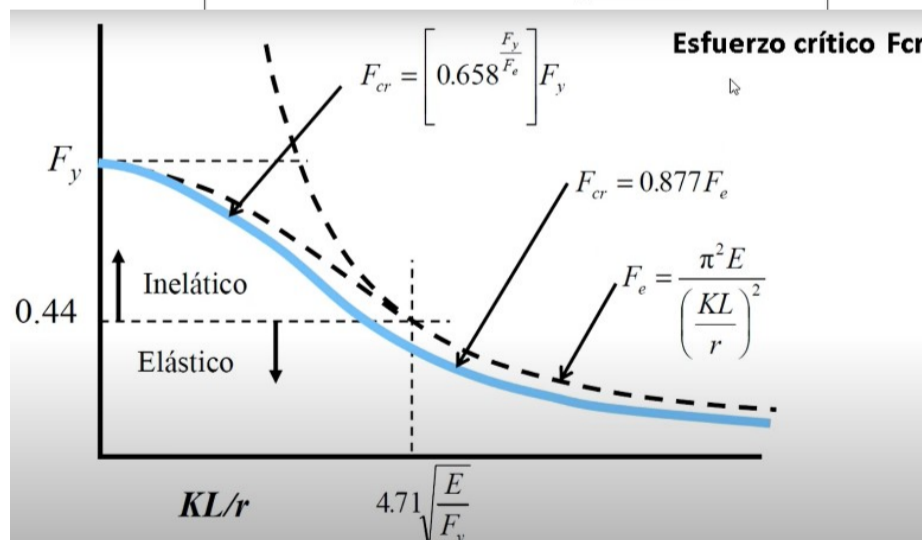
$$DCR_1 := \frac{P_1}{\phi_c P_n} = 0.721$$

if ( $DCR_1 \leq 1$ , "SATISFACTORIO", "NO SATISFACTORIO") = "SATISFACTORIO"



2.7. Valores aproximados del factor de longitud efectiva [27]

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Simbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidas	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		



Pandeo elástico - inelástico

$$Pu := A_t \cdot (1.2 C_m + 1.6 C_v) = 6.934 \text{ tonnef}$$

$$M_{ux} := 0.074 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{uy} := 0.20 \text{ tonnef} \cdot m$$

SAP 2000

$$C_{mx} := 0.6 - 0.4 \cdot \left( \frac{M_{uy}}{M_{ux}} \right) = -0.481$$

$$P_{eLx} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K \cdot L)^2} = 58.827 \text{ tonnef}$$

$$Pr := Pu = 6.934 \text{ tonnef}$$

$$B_{1x} := \frac{C_{mx}}{1 - \frac{Pr}{P_{eLx}}} = -0.545$$

### Cálculo $\phi Mn$

Relación Ancho-Espesor

$$E_H := \frac{(b - 2e)}{e} = 31.333$$

$$\lambda_{p\_HSS} := 0.64 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 18.165 \text{ Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{ps\_HSS} := 0.55 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.61 \text{ NEC}$$

$$\left\| \begin{array}{l} \text{if } E_H \geq \lambda_{p\_HSS} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"No compacta"} \\ \text{else if } \lambda_{ps\_HSS} < E_H < \lambda_{p\_HSS} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Compacta"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Sismicamente compacta"} \end{array} \right. \end{array} \right. \\ \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{"No compacta"}$$

Dado que la sección es no compacta, se determinan las longitudes límites  $L_p$  y  $L_r$

$$L_p := 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.979 \text{ m}$$

$$r_{ts} := \frac{b}{\sqrt{12 \cdot \left( 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{a \cdot e}{b \cdot e} \right)}} = 0.027 \text{ m} \quad L_r := \pi \cdot r_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} = 2.848 \text{ m}$$

Longitud libre no arriostrada

$$L_b := L = 2.5 \text{ m}$$

$$C_b := 1$$

$$J_c := 279 \text{ cm}^4$$

$$h_o := \frac{r_{ts}^2 \cdot 2 \cdot S_x}{I_y} = 28.571 \text{ mm}$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \cdot \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} = 1397.336 \text{ ksi}$$

$$M_p := F_y \cdot Z_x = 1.072 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Mn := \left\| \begin{array}{l} \text{if } L_b < L_p \\ \quad \left\| \begin{array}{l} F_y \cdot Z_x \\ \text{else if } L_p < L_b < L_r \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \left( M_p \right) - \left( M_p - F_y \cdot S_x \right) \cdot \left( 3.57 \cdot \frac{b}{e} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4 \right) \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \left( M_p \right) - \left( M_p - F_y \cdot S_x \right) \cdot \left( 0.305 \cdot \frac{b}{e} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right) \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\|$$

$$Mn = 1.044 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$\phi Mn := \phi_c \cdot Mn = 0.939 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$\phi Mn_x := \phi Mn = 0.939 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$\phi Mn_y := \phi Mn = 0.939 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$\phi_c P_n = 21.501 \text{ tonnef}$$

$$\text{condición} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \frac{Pu}{\phi_c P_n} \geq 0.2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \frac{Pu}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{M_{ux}}{\phi Mn_x} + \frac{M_{uy}}{\phi Mn_y} \right) \\ \text{else if } \frac{Pu}{\phi_c P_n} < 0.2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \frac{Pu}{2 \cdot \phi_c P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi Mn_x} + \frac{M_{uy}}{\phi Mn_y} \right) \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\| = 0.582$$

condición2 :=  $\begin{cases} \text{if } condición \leq 1 \\ \quad \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"No cumple"} \end{cases}$  = "Cumple"

### PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECUNDARIAS

$F_y := 36 \text{ ksi}$

$F_u := 58 \text{ ksi}$

$L_{cr} := 3.45 \text{ m}$

Longitud crítica de viga secundaria

$b := 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$

Ancho de influencia

$\phi_m := 0.9$

Coefficiente de momento de diseño LRFD (0.9)

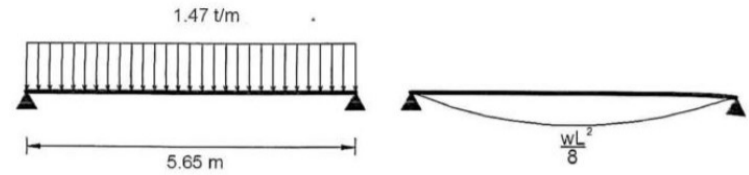
$h_{min\_vs} := \frac{L_{cr}}{20} = 172.5 \text{ mm}$  Eliminar vibraciones

$C_{u\_vs} := 1.2 C_{si} + 1.6 C_v = 0.617 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$   $C_{si} = 0.242 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$

$W_{vs} := C_{u\_vs} \cdot b = 0.185 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$

$M_{max\_vs} := \frac{W_{vs} \cdot L_{cr}^2}{8} = 0.275 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$

$\phi Mn = \phi_m \cdot F_y \cdot Z_x$  Mu  $Z_x := \frac{M_{max\_vs}}{\phi_m \cdot F_y} = 12.09 \text{ cm}^3$



$\frac{L}{24}$ : Para vigas simplemente apoyadas.

$\frac{L}{20}$ : Para minimizar la sensación de que el piso se mueve con el paso de las personas.

$\frac{f_y \cdot L}{800}$ : Para vigas totalmente esforzadas que se usan para piso, en donde  $f_y$  está expresado en ksi y la luz del claro L en pulgadas. Para trabajar con  $f_y$  en

### SELECCIÓN DE PERFIL

Se selecciona HSS con  $Z_x = 17.45 \text{ cm}^3$

#### Propiedades HSS 80x40x3mm

X-X	Y-Y
$I_{x\_HSS} := 55.85 \text{ cm}^4 = 1.34 \text{ in}^4$	$I_{y\_HSS} := 18.43 \text{ cm}^4 = 0.44 \text{ in}^4$
$S_{x\_HSS} := 13.96 \text{ cm}^3 = 0.852 \text{ in}^3$	$S_{y\_HSS} := 9.21 \text{ cm}^3 = 0.562 \text{ in}^3$
$r_{x\_HSS} := 2.86 \text{ cm} = 1.126 \text{ in}$	$r_{y\_HSS} := 1.64 \text{ cm} = 0.646 \text{ in}$
$Z_{x\_HSS} := 17.45 \text{ cm}^3 = 1.065 \text{ in}^3$	$Z_{y\_HSS} := 10.61 \text{ cm}^3 = 0.647 \text{ in}^3$

$\text{if } (Z_x \leq Z_{x\_HSS}, \text{"SATISFACTORIO"}, \text{"NO SATISFACTORIO"}) = \text{"SATISFACTORIO"}$

### DEFLEXIONES

$D_{cr\_v} := \frac{L_{cr}}{360} = 9.583 \text{ mm}$  máximo bajo carga viva

$D_{cr\_cb} := \frac{L_{cr}}{240} = 14.375 \text{ mm}$  máximo bajo carga muerta + viva

$C_v = 203.943 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$   $C_{mv} := C_{si} + C_v = 446.189 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

$y_{max\_v} := \frac{5 \cdot (C_v \cdot b) \cdot L_{cr}^4}{384 E \cdot I_{x\_HSS}} = 9.911 \text{ mm}$  Deflexión bajo carga viva

$y_{max\_cb} := \frac{5 \cdot (C_{mv} \cdot b) \cdot L_{cr}^4}{384 E \cdot I_{x\_HSS}} = 21.684 \text{ mm}$  Deflexión bajo carga viva + muerta

$\text{if } (y_{max\_v} < D_{cr\_v}, \text{"OK"}, \text{"NO OK"}) = \text{"NO OK"}$

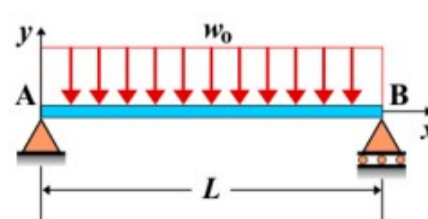
$\text{if } (y_{max\_cb} < D_{cr\_cb}, \text{"OK"}, \text{"NO OK"}) = \text{"NO OK"}$

TABLA 10.1 Límites de deflexión tomados del IBC 2009

Miembros	Condiciones de carga		
	L	D + L	S o W
Para miembros de piso	$\frac{L}{360}$	$\frac{L}{240}$	—
Para miembros de techo que soportan plafón de yeso*	$\frac{L}{360}$	$\frac{L}{240}$	$\frac{L}{360}$
Para miembros de techo que soportan plafones que no son de yeso*	$\frac{L}{240}$	$\frac{L}{180}$	$\frac{L}{240}$
Para miembros de techo que no soportan plafones*	$\frac{L}{180}$	$\frac{L}{120}$	$\frac{L}{180}$

\*Todos los miembros de techo deberán investigarse en cuanto al encharcamiento.

### Viga simple apoyada - Carga uniforme en todo el vano



Deflexión  $y_{AB} = \frac{-w_0 x}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$

$y_{MAX} = \frac{-5w_0 L^4}{384EI}$  para  $x = \frac{L}{2}$

Pendiente  $\theta_{AB} = \frac{-w_0}{24EI} (L^3 - 6Lx^2 + 4x^3)$

### VERIFICACIÓN POR FLEXION

Propiedad perfil HSS 80X40X3 mm  $h := 80 \text{ mm}$   $b := 40 \text{ mm}$   $t := 3 \text{ mm}$   $J_c := 43.90 \text{ cm}^4$   $C_b := 1$

$\lambda_r := 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.681$  punto inflexión

Verificar si la sección tiene elementos esbeltos



$$\lambda_{t_{HSS}} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 39.735 \quad \text{Tabla B2, Caso 6 del AISC (2010)}$$

$$E_H := \frac{(b - 2t)}{t} = 11.333$$

if ( $E_H \leq \lambda_{t_{HSS}}$ , "NO esbelto", "Esbelto") = "NO esbelto"

### Relación ancho-espesor

$$\lambda_{p_{HSS}} := 0.64 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 18.165 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{ps_{HSS}} := 0.55 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.61 \quad \text{NEC}$$

if  $E_H \geq \lambda_{p_{HSS}}$  = "Sismicamente compacta"  
 || "No compacta"  
 else if  $\lambda_{ps_{HSS}} < E_H < \lambda_{p_{HSS}}$   
 || "Compacta"  
 else  
 || "Sismicamente compacta"

Dado que la sección es compacta, se determinan las longitudes límites  $L_p$  y  $L_r$

$$L_p := 1.76 \cdot r_{y_{HSS}} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.819 \text{ m}$$

$$r_{ts} := \frac{b}{\sqrt{12 \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{h \cdot e}{b \cdot e}\right)}} = 0.01 \text{ m} \quad L_r := \pi \cdot r_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} = 1.066 \text{ m}$$

Longitud libre no arriostrada  $L_b := L_{cr} = 3.45 \text{ m}$

$$h_o := \frac{r_{ts}^2 \cdot 2 \cdot S_{x_{HSS}}}{I_{y_{HSS}}} = 15.149 \text{ mm}$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J_c}{S_{x_{HSS}} \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = 333.835 \text{ ksi}$$

$$M_p := F_y \cdot Z_{x_{HSS}} = 0.442 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Mn := if  $L_b < L_p$   
 ||  $F_y \cdot Z_{x_{HSS}}$   
 else if  $L_p < L_b < L_r$   
 ||  $C_b \cdot \left( (M_p) - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_{x_{HSS}}) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right)$   
 else  
 ||  $F_{cr} \cdot S_{x_{HSS}}$

$$Mn = 3.277 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

### Relación Demanda - Capacidad

$$D := M_{max\_vs} \quad C := \phi_m \cdot Mn$$

$$D_C := \frac{D}{C} = 0.093$$

if ( $D_C \leq 1$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

### VERIFICACIÓN POR CORTE

$$\text{Propiedad perfil HSS } 80 \times 40 \times 3 \text{ mm} \quad h := 80 \text{ mm} \quad t_w := 3 \text{ mm} \quad a := h - t_w = 77 \text{ mm}$$

El coeficiente de pandeo por cortante de la placa del alma,  $k_v$ , se determina de la siguiente manera:

$$a_1 := \frac{a}{\text{mm}} \quad h_1 := \frac{h}{\text{mm}}$$

$$k_v := 5 + \frac{5}{\left(\frac{a_1}{h_1}\right)^2} = 10.397 \quad \text{Sect. G2, Members with unstiffened or stiffened - AISC (2010)}$$

El coeficiente de cortante del alma, se determina a partir de las siguientes expresiones:

$C_{v_1} :=$  if  $\frac{h}{t_w} \leq 1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}$  = 1  
 || 1  
 else if  $1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} < 1.37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}$   
 ||  $1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}$

$$\left\| \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} \\ \text{else if } \frac{h}{t_w} > 1.37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \\ \frac{1.51 \cdot E \cdot k_v}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 \cdot F_y} \end{array} \right\|$$

### Resistencia nominal al cortante

$$A_w := 2 \cdot ((h - 2 \cdot t_w) \cdot t_w) = 444 \text{ mm}^2$$

$$V_n := 0.6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 6.743 \text{ tonnef}$$

$$V_u := \frac{W_{vs} \cdot L_{cr}}{2} = 0.319 \text{ tonnef}$$

$$\phi V_n := \phi_m \cdot V_n = 6.068 \text{ tonnef}$$

$$\text{if}(\phi V_n > V_u, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

## PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES

$$F_y := 36 \text{ ksi}$$

$$F_u := 58 \text{ ksi}$$

$$L_{cr} := 3.50 \text{ m} \quad \text{Longitud crítica de viga principal}$$

$$b := 3.375 \text{ m} \quad \text{Ancho de influencia}$$

$$\phi_m := 0.9 \quad \text{Coeficiente de momento de diseño LRFD (0.9)}$$

$$h_{min\_vs} := \frac{L_{cr}}{20} = 175 \text{ mm} \quad \text{Eliminar vibraciones}$$

$$C_{u\_vs} := 1.2 C_{si} + 1.6 C_v = 0.617 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \quad C_{si} = 0.242 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \quad C_v = 0.204 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$W_{vs} := C_{u\_vs} \cdot b = 2.082 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$M_{max\_neg} := \frac{W_{vs} \cdot L_{cr}^2}{12} = 2.126 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

$$M_{max\_pos} := \frac{W_{vs} \cdot L_{cr}^2}{24} = 1.063 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

$$M_{max\_vp} := \max(M_{max\_neg}, M_{max\_pos}) = 2.126 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi Mn = \phi_m \cdot F_y \cdot Z_x \quad Mu$$

$$Z_x := \frac{M_{max\_vp}}{\phi_m \cdot F_y} = 93.32 \text{ cm}^3$$

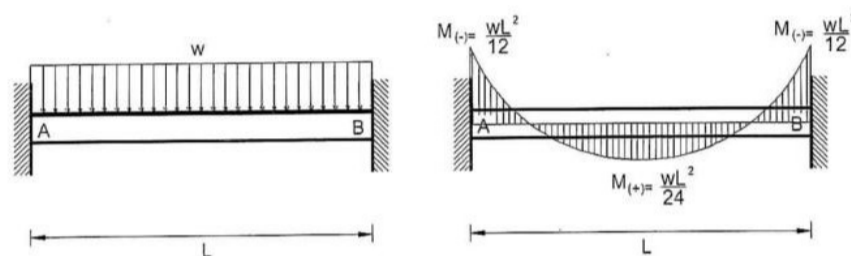


Figura 239: Diagrama de momento para viga con apoyos fijos

### SELECCIÓN DE PERFIL

Propiedades HSS 100x100x3mm

X-X

$$I_x = 182.71 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 4.39 \text{ in}^4$$

$$S_x = 36.54 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 2.23 \text{ in}^3$$

$$r_x = 3.96 \text{ cm}$$

$$r_x = 1.56 \text{ in}$$

$$Z_x = 93.32 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 5.69 \text{ in}^3$$

Y-Y

$$I_y = 182.71 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 4.39 \text{ in}^4$$

$$S_y = 36.54 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 2.23 \text{ in}^3$$

$$r_y = 3.96 \text{ cm}$$

$$r_y = 1.56 \text{ in}$$

$$Z_y = 42.35 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 2.58 \text{ in}^3$$

Se selecciona HSS con  $Z_x = 92.69 \text{ cm}^3$

$$Z_{x\_HSS} := Z_x = 93.32 \text{ cm}^3$$

$$\text{if}(Z_x \leq Z_{x\_HSS}, \text{"SATISFACTORIO"}, \text{"NO SATISFACTORIO"}) = \text{"SATISFACTORIO"}$$

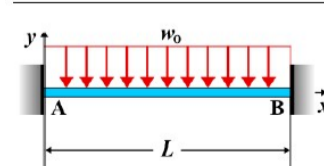
### Deflexiones

$$I_x := 182.71 \text{ cm}^4$$

$$D_{cr\_v} := \frac{L_{cr}}{360} = 9.722 \text{ mm} \quad \text{def máximo bajo carga viva}$$

$$D_{cr\_cb} := \frac{L_{cr}}{240} = 14.583 \text{ mm} \quad \text{def máximo bajo carga muerta + viva}$$

### Viga empotrada - Carga uniforme en todo el vano



$$\text{Deflexión } y_{AB} = \frac{-w_0 x^2}{24EI} (L-x)^2$$

$$\text{Pendiente } \theta_{AB} = \frac{-w_0 x}{12EI} (L^2 - 3Lx + 2x^2)$$

$$\text{Momento } M_{AB} = \frac{-w_0}{12} (L^2 - 6Lx + 6x^2)$$

$$\text{Cortante } V_{AB} = \frac{w_0}{2} (L - 2x)$$

$$\text{Reacciones } R_A = R_B = \frac{w_0 L}{2}$$

$$C_v := 203.943 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad C_{mv} := C_{si} + C_v = 446.189 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$y_{max\_v} := \frac{(C_v \cdot b) \cdot \left(\frac{L_{cr}}{2}\right)^2}{24 E \cdot I_x} \cdot \left(L_{cr} - \frac{L_{cr}}{2}\right)^2 = 7.22 \text{ mm} \quad \text{Deflexión bajo carga viva}$$

$$y_{max\_cb} := \frac{(C_{mv} \cdot b) \cdot \left(\frac{L_{cr}}{2}\right)^2}{24 E \cdot I_x} \cdot \left(L_{cr} - \frac{L_{cr}}{2}\right)^2 = 15.797 \text{ mm} \quad \text{Deflexión bajo carga viva+muerta}$$

if ( $y_{max\_v} < D_{cr\_v}$ , "OK", "NO OK") = "OK"

if ( $y_{max\_cb} < D_{cr\_cb}$ , "OK", "NO OK") = "NO OK"

#### DISEÑO POR FLEXION

Propiedad perfil HSS 100X100X3 mm     $h := 100 \text{ mm}$      $b := 100 \text{ mm}$      $t := 3 \text{ mm}$      $J_c := 279 \text{ cm}^4$      $C_b := 1$

$$\lambda_r := 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.681 \quad \text{punto inflexión}$$

Verificar si la sección tiene elementos esbeltos

$$\lambda_{t\_HSS} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 39.735 \quad \text{Tabla B2, Caso 6 del AISC (2010)}$$

$$E_H := \frac{(b - 2t)}{t} = 31.333$$

if ( $E_H \leq \lambda_{t\_HSS}$ , "NO esbelto", "Esbelto") = "NO esbelto"

Relación ancho-espesor

$$\lambda_{p\_HSS} := 0.64 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 18.165 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{ps\_HSS} := 0.55 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.61 \quad \text{NEC}$$

if ( $E_H \geq \lambda_{p\_HSS}$ ) = "No compacta"  
 if ( $\lambda_{ps\_HSS} < E_H < \lambda_{p\_HSS}$ ) = "Compacta"  
 else = "Sismicamente compacta"

Dado que la sección es compacta, se determinan las longitudes límites  $L_p$  y  $L_r$

$$L_p := 1.76 \cdot r_{y\_HSS} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.819 \text{ m}$$

$$r_{ts} := \frac{b}{\sqrt{12 \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{h \cdot e}{b \cdot e}\right)}} = 0.027 \text{ m} \quad L_r := \pi \cdot r_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} = 2.848 \text{ m}$$

Longitud libre no arriostrada     $L_b := L_{cr} = 3.5 \text{ m}$

$$h_o := \frac{r_{ts}^2 \cdot 2 \cdot S_{x\_HSS}}{I_{y\_HSS}} = 108.209 \text{ mm}$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J_c}{S_{x\_HSS} \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = 829.716 \text{ ksi}$$

$$M_p := F_y \cdot Z_{x\_HSS} = 2.362 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Mn := if ( $L_b < L_p$ )  
 if ( $F_y \cdot Z_{x\_HSS}$ )  
 else if ( $L_p < L_b < L_r$ )  
 if ( $C_b \cdot \left(M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_{x\_HSS}) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right)$ )  
 else  
 if ( $F_{cr} \cdot S_{x\_HSS}$ )

$$Mn = 8.144 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Relación Demanda - Capacidad

$$D := M_{max\_vs} = 0.275 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad C := \phi_m \cdot Mn = 7.329 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$D_C := \frac{D}{C} = 0.038$$

if ( $D_C \leq 1$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"



**SECCIÓN PLÁSTICA X**

$$y_1 := \frac{\left(\left(\frac{h}{2} - e\right) \cdot e\right) \cdot \left(\frac{\left(\frac{h}{2} - e\right)}{2}\right) + (a \cdot e) \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{e}{2}\right) + ((c - e) \cdot e) \cdot \left(\frac{h}{2} - c + \frac{(c - e)}{2}\right)}{\frac{A_T}{2}} = 3.049 \text{ cm}$$

$$A_{zx1} := \frac{A_T}{2} = 2.555 \text{ cm}^2$$

$$Z_{xG} := 2 \cdot A_{zx1} \cdot y_1 = 0.951 \text{ in}^3$$

**SECCIÓN PLÁSTICA Y**

$$x_1 := \frac{\left(2 \cdot \left((x \cdot e) \cdot \frac{(x)}{2}\right) + ((h - 2 \cdot e) \cdot e) \cdot \left(x - \frac{e}{2}\right)\right)}{\left(\frac{A_T}{2}\right)} = 1.34 \text{ cm}$$

$$A_{zy1} := 2 \cdot x \cdot e + (h - 2 \cdot e) \cdot e = 3.072 \text{ cm}^2$$

$$Z_{y1} := (A_{zy1} \cdot x_1) = 4.117 \text{ cm}^3$$

$$Z_{YG} := Z_{y1} + Z_{y2} = 0.454 \text{ in}^3$$

$$x_2 := \frac{\left(2 \cdot \left(((a - x) \cdot e) \cdot \frac{(a - x)}{2}\right) + 2 \cdot ((c - e) \cdot e) \cdot \left(a - x - \frac{e}{2}\right)\right)}{\left(\frac{A_T}{2}\right)} = 1.466 \text{ cm}$$

$$A_{zy2} := 2 \cdot ((a - x) \cdot e) + 2 \cdot ((c - e) \cdot e) = 2.268 \text{ cm}^2$$

$$Z_{y2} := (A_{zy2} \cdot x_2) = 3.326 \text{ cm}^3$$

Se selecciona G con  $Z_x=15.579 \text{ cm}^3$

$$Z_{xG} = 15.579 \text{ cm}^3$$

if ( $Z_x \leq Z_{xG}$ , "SATISFACTORIO", "NO SATISFACTORIO") = "SATISFACTORIO"

**Deflexiones**

$$I_{xG} = 49.04 \text{ cm}^4$$

$$D_{cr_v} := \frac{L_{cr}}{360} = 9.722 \text{ mm} \quad \text{def máximo bajo carga viva}$$

$$D_{cr_{cb}} := \frac{L_{cr}}{240} = 14.583 \text{ mm} \quad \text{def máximo bajo carga muerta + viva}$$

$$C_{v_{cubierta}} = 71.38 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad C_{m_{cubierta}} = 34.347 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$y_{max_v} := \frac{5 \cdot (C_{v_{cubierta}} \cdot b) \cdot L_{cr}^4}{384 \cdot E \cdot I_{xG}} = 16.599 \text{ mm} \quad \text{Deflexión bajo carga viva}$$

$$y_{max_{cb}} := \frac{5 \cdot (C_{m_{cubierta}} \cdot b) \cdot L_{cr}^4}{384 \cdot E \cdot I_{xG}} = 7.987 \text{ mm} \quad \text{Deflexión bajo carga viva + muerta}$$

if ( $y_{max_v} < D_{cr_v}$ , "OK", "NO OK") = "NO OK"

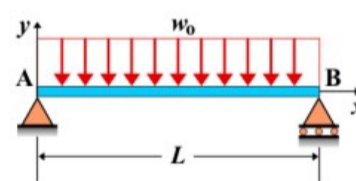
if ( $y_{max_{cb}} < D_{cr_{cb}}$ , "OK", "NO OK") = "OK"

TABLA 10.1 Límites de deflexión tomados del IBC 2009

Miembros	Condiciones de carga		
	L	D + L	S o W
Para miembros de piso	$\frac{L}{360}$	$\frac{L}{240}$	—
Para miembros de techo que soportan plafón de yeso*	$\frac{L}{360}$	$\frac{L}{240}$	$\frac{L}{360}$
Para miembros de techo que soportan plafones que no son de yeso*	$\frac{L}{240}$	$\frac{L}{180}$	$\frac{L}{240}$
Para miembros de techo que no soportan plafones*	$\frac{L}{180}$	$\frac{L}{120}$	$\frac{L}{180}$

\*Todos los miembros de techo deberán investigarse en cuanto al encharcamiento.

**Viga simple apoyada - Carga uniforme en todo el vano**



$$\text{Deflexión } y_{AB} = \frac{-w_0 x}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$$

$$y_{MAX} = \frac{-5w_0 L^4}{384EI} \quad \text{para } x = \frac{L}{2}$$

$$\text{Pendiente } \theta_{AB} = \frac{-w_0}{24EI} (L^3 - 6Lx^2 + 4x^3)$$

**DISEÑO POR FLEXION**

Propiedad perfil G 150X50X3 mm

$$h := 150 \text{ mm}$$

$$b := 50 \text{ mm}$$

$$t := 3 \text{ mm}$$

$$J_c := 2319 \text{ cm}^4$$

$$C_b := 1$$

$$\lambda_r := 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.681 \quad \text{punto inflexión}$$

Verificar si la sección tiene elementos esbeltos

$$\lambda_{tG} := 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.894 \quad \text{Tabla B2, Caso 6 del AISC (2010)}$$

$$E_H := \frac{b}{t} = 16.667$$

if ( $E_H \leq \lambda_{tG}$ , "NO esbelto", "Esbelto") = "Esbelto"

**Relación ancho-espesor**

$$\lambda_{pG} := 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.785 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{psG} := 0.30 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.515 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

if  $E_H \geq \lambda_{pG}$  = "No compacta"  
 || "No compacta"  
 else if  $\lambda_{psG} < E_H < \lambda_{pG}$   
 || "Compacta"  
 else  
 || "Sismicamente compacta"

Dado que la sección es compacta, se determinan las longitudes límites  $L_p$  y  $L_r$

$$L_p := 1.76 \cdot r_{yG} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.729 \text{ m}$$

$$r_{ts} := \frac{b}{\sqrt{12 \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{h \cdot t}{b \cdot t}\right)}} = 0.012 \text{ m} \quad L_r := \pi \cdot r_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} = 1.256 \text{ m}$$

Longitud libre no arriostrada  $L_b := L_{cr} = 3.5 \text{ m}$

$$h_o := \frac{r_{ts}^2 \cdot 2 \cdot S_{xG}}{I_{yG}} = 31.388 \text{ mm}$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J_c}{S_{xG} \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = 2089.48 \text{ ksi}$$

$$M_p := F_y \cdot Z_{xG} = 0.394 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_n := \begin{cases} \text{if } L_b < L_p \\ \quad \left| F_y \cdot Z_{xG} \right| \\ \text{else if } L_p < L_b < L_r \\ \quad \left| C_b \cdot \left( M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_{xG}) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \right| \\ \text{else} \\ \quad \left| F_{cr} \cdot S_{xG} \right| \end{cases}$$

$$M_n = 18.011 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

### Relación Demanda - Capacidad

$$D := M_{max_{vs}} = 0.275 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad C := \phi_m \cdot M_n = 16.209 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$D_C := \frac{D}{C} = 0.017$$

$$\text{if}(D_C \leq 1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

### VERIFICACIÓN POR CORTE

Propiedad perfil G 150X50X3 mm

$$h := 150 \text{ mm}$$

$$t_w := 3 \text{ mm}$$

$$a := h - t_w = 147 \text{ mm}$$

El coeficiente de pandeo por cortante de la placa del alma,  $k_v$ , se determina de la siguiente manera:

$$a_1 := \frac{a}{\text{mm}} \quad h_1 := \frac{h}{\text{mm}}$$

$$k_v := 5 + \frac{5}{\left(\frac{a_1}{h_1}\right)^2} = 10.206$$

Sect. G2, Members with unstiffened or stiffened - AISC (2010)

El coeficiente de cortante del alma, se determina a partir de las siguientes expresiones:

$$C_{v_1} := \begin{cases} \text{if } \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \\ \quad \left| 1 \right| \\ \text{else if } 1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} < 1.37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \\ \quad \left| \frac{1.1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \right| \\ \text{else if } \frac{h}{t_w} > 1.37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \\ \quad \left| \frac{1.51 \cdot E \cdot k_v}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 \cdot F_y} \right| \end{cases} = 1$$

### Resistencia nominal al cortante

$$A_w := 2 \cdot ((h - 2 \cdot t_w) \cdot t_w) = 864 \text{ mm}^2$$

$$V_n := 0.6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v_1} = 13.121 \text{ tonnef}$$

$$V_u := \frac{W_{vs} \cdot L_{cr}}{2} = 0.324 \text{ tonnef}$$

$$\text{if}(\phi V_n > V_u, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

# ANÁLISIS LINEAL ELÁSTICO

## CARGA SÍSMICA

### NEC

Ciudad: Guayaquil  
Zona Sísmica V  
Suelo Tipo D

$$h_n := 7.25 \text{ m}$$

$r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$$Z := 0.4$$

$$n := 1.80$$

$$r := 1$$

$r = 1.5$  para tipo de suelo E.

### Fa: Coeficiente de amplificación de suelo

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

$$F_a := 1.2$$

### Fd: desplazamientos para diseño en roca.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

$$F_d := 1.19$$

### Fs: comportamiento no lineal de los suelos

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

$$F_s := 1.28$$

$$T_\theta := 0.1 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a} = 0.127$$

$$T_c := 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a} = 0.698$$

### Determinación del periodo de vibración T

$$C_t := 0.073$$

$$\alpha := 0.75$$

### Método 1

$$T := C_t \cdot \left( \frac{h_n}{1 \text{ m}} \right)^\alpha$$

$$T = 0.323$$

$$1.3 T = 0.419$$

### Método 2

$$T_{sap} := 0.386$$

if ( $T_{sap} < 1.3 T$ , "OK", "NO OK") = "OK"

### Controla

$$T := [T]$$

$$\text{sort}(T) \quad T := T_{\theta,0} = 0.323$$

$$S_a := \begin{cases} \text{if } T \leq T_\theta \\ \left| \left| Z \cdot F_a \cdot \left( 1 + (n-1) \cdot \frac{T}{T_\theta} \right) \right| \right| \\ \text{else if } T_\theta < T \leq T_c \\ \left| \left| n \cdot Z \cdot F_a \right| \right| \\ \text{else} \\ \left| \left| n \cdot Z \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)^r \right| \right| \end{cases} = 0.864$$

### Carga Sísmica Reactiva W

$$W := 101 \text{ tonnef}$$

Obtenido de SAP2000

$$W = 101 \text{ tonnef}$$

### Coefficiente de Respuesta Sísmica Cs

$$I := 1$$

$$\phi_p := 1$$

$$\phi_e := 1$$

$$R := 3$$

$$C_s := \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_p \cdot \phi_e}$$

$$C_s = 0.288$$

### Cortante Basal Sísmico V

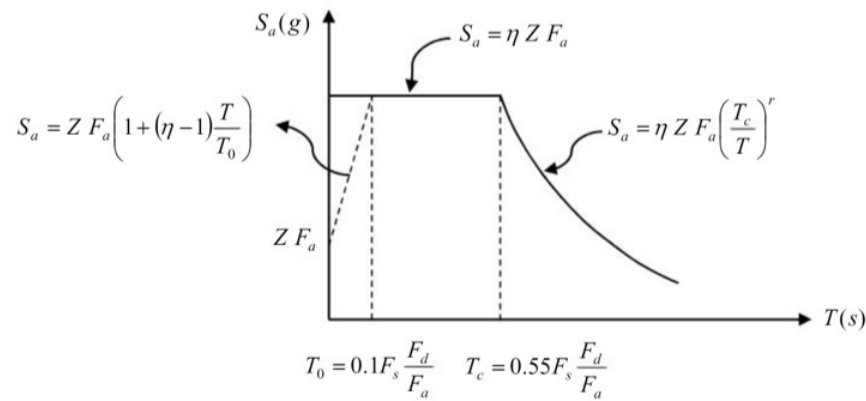
Tipo de Estructura	$C_t$	$\alpha$
PARM	0.072	0.8
PCRM	0.055 (0.047 NEC 2011)	0.9
PAA	0.073	0.75
PCRM con muros estructurales o diagonales y para otras estructuras con muros estructurales y mampostería estructural	0.055 (0.049 NEC 2011)	0.75

$$T_a = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}}$$

Dónde:

- $f_i$  Representa cualquier distribución aproximada de las fuerzas laterales en el piso i, de acuerdo con los principios descritos en el presente capítulo, o cualquiera otra distribución racional.
- $\delta_i$  Deflexión elástica del piso i, calculada utilizando las fuerzas laterales  $f_i$
- $w_i$  Peso aginado al piso o nivel i de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva W (incluye la fracción de la carga viva correspondiente) peso: w / cargas: W

Sin embargo, el valor de  $T_a$  calculado según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de  $T_a$  calculado con el Método 1.

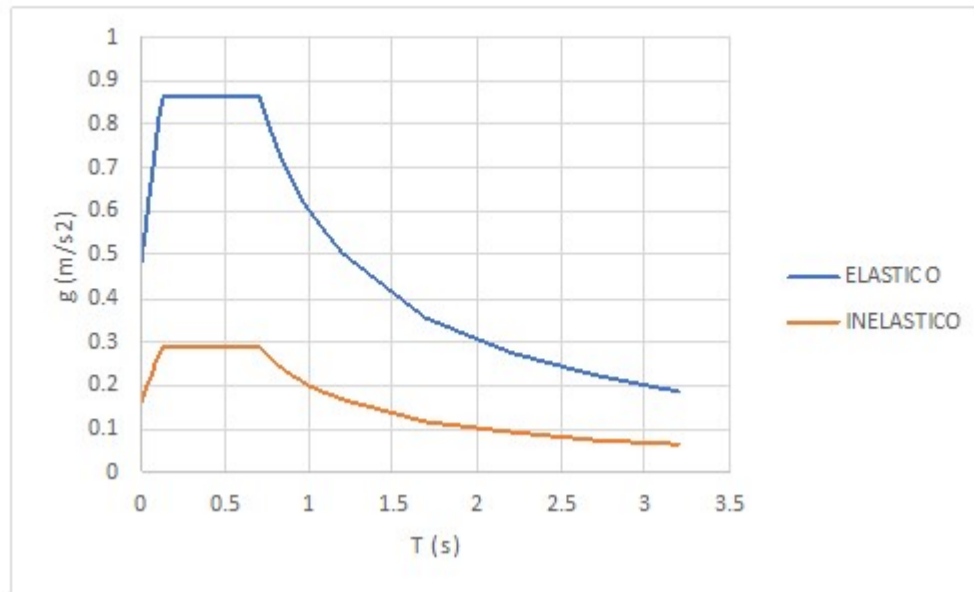


Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de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

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

$$V := C_s \cdot W$$

$$V = 29.088 \text{ tonnef}$$



### HORMIGÓN ARMADO

$$hw := 5.05 \text{ m} \quad \text{altura del muro}$$

$$b_{cabezal} := 5 \text{ cm} \quad \text{ancho de cabezal}$$

$$Lw := 0.9 \text{ m} \quad \text{longitud del muro}$$

$$h_{cabezal} := 5 \text{ cm} \quad \text{altura de cabezal}$$

$$t := 10 \text{ cm} \quad \text{ancho del muro}$$

$$relacion_{aspecto} := \frac{hw}{Lw} = 5.611$$

$$carga_{max} := 1 \text{ tonnef} \quad \text{carga lateral que soporta}$$

#### MOMENTO MÁXIMO EN LA BASE

$$M_{base} := carga_{max} \cdot hw = 5.05 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

### MATERIALES

#### Acero de refuerzo

$$\phi := 5.5 \text{ mm} \quad \#varillas := 12$$

$$F_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### Acero estructural

$$F_y := 2531 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$e := 3 \text{ mm}$$

$$A_{scabezal} := 5.61 \text{ cm}^2$$

#### Hormigón

$$f'c := 180 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

### VALORES PROBABLES DE MATERIALES

Hay que considerar que los valores probables son superiores, el fy del acero se incrementa en un 25% y el hormigón aumenta 20 kg/cm<sup>2</sup>, es decir:

#### Acero de refuerzo

$$\phi := 5.5 \text{ mm} \quad \#varillas := 12$$

$$F_{y,p} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 1.25 = 5250 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### Acero estructural

$$F_{y,p} := 2531 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 1.25 = 3163.75 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$e := 2 \text{ mm}$$

#### Hormigón

$$f'c_p := 180 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 20 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

### REFUERZO TRANSVERSAL

#### ESPACIAMIENTO ST DEL REFUERZO TRANSVERSAL

$$St_{max} := \max\left(\frac{Lw}{5}, 3 \cdot t\right) = 30 \text{ cm}$$

Sin embargo, se elige:  $St := 15 \text{ cm}$

### DIAGRAMA FLEJO-COMPRESIÓN

Se sacan los valores de los momentos cuando  $P_n = 0 \text{ T}$

$$Mn_{nominal} := 5.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$Mn_{probable} := 6.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

#### Fuerza lateral

$$P_{nominal} := \frac{Mn_{nominal}}{hw} = 1.05 \text{ tonnef}$$

$$P_{probable} := \frac{Mn_{probable}}{hw} = 1.25 \text{ tonnef}$$



## RESISTENCIA AL CORTE

Se considerará dos situaciones:

$$Lw_1 := Lw - 2 \cdot b_{cabezal} = 0.8 \text{ m} \quad \text{Caso 1} \quad \text{Solo se considera el aporte del alma para el corte}$$

$$Lw_2 := Lw = 0.9 \text{ m} \quad \text{Caso 2} \quad \text{Se considera el aporte del alma y los cabezales para el corte}$$

$$\phi_{varillas} := 5.5 \text{ mm}$$

### Caso 1

$$Ag := Lw \cdot t = 0.09 \text{ m}^2$$

$$As := \#_{varillas} \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 2.851 \text{ cm}^2$$

$$\rho t := \frac{As}{Ag} = 0.0032$$

$$Vn_1 := Lw_1 \cdot t \cdot 0.53 \cdot \left( (f'c)^{0.5} \cdot \frac{\text{kgf}^{0.5}}{\text{cm}} \right) + Lw_1 \cdot t \cdot \rho t \cdot F_y$$

$$Vn_1 = 16.332 \text{ tonnef}$$

### Caso 2

$$Vn_2 := Lw_2 \cdot t \cdot 0.53 \cdot \left( (f'c)^{0.5} \cdot \frac{\text{kgf}^{0.5}}{\text{cm}} \right) + Lw_2 \cdot t \cdot \rho t \cdot F_y$$

$$Vn_2 = 18.374 \text{ tonnef}$$

### Verificación

$$Vu := \text{carga}_{max} = 1 \text{ tonnef}$$

$$\text{if}(Vu < 0.75 \cdot Vn_1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}(Vu < 0.75 \cdot Vn_2, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

## CABEZALES

$$fc = \frac{Nu}{At} + 6 \cdot \frac{Mu}{t \cdot Lw^2}$$

$$Nu := 2.70 \text{ tonnef}$$

$$At := Lw \cdot t = 0.09 \text{ m}^2$$

$$Mu := M_{base} = 5.05 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$fc := \frac{Nu}{At} + 6 \cdot \left( \frac{Mu}{t \cdot Lw^2} \right)$$

$$fc = 40.407 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad 0.2 \cdot f'c = 36 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Si  $fc$  es mayor a  $0.2 \cdot f'c$  entonces se debe confinar parte del alma para soportar la carga axial

$$\text{if}(fc > 0.2 \cdot f'c, \text{"Se debe confinar alma"}, \text{"No se debe confinar alma"}) = \text{"Se debe confinar alma"}$$

Dado que se necesita confinar:

$$Pu := Nu$$

$$Pu_{cabezal} := \frac{Pu}{2} + \frac{Mu}{Lw - b_{cabezal}} = 7.291 \text{ tonnef}$$

El muro puede soportar la siguiente carga axial:

$$Po = (0.85 \cdot A_{cabezal} \cdot f'c + As_{cabezal} \cdot F_y)$$

$$A_{cabezal} := b_{cabezal} \cdot h_{cabezal} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$As_{cabezal} = 5.61 \text{ cm}^2$$

$$Po_1 := 0.85 \cdot A_{cabezal} \cdot f'c + As_{cabezal} \cdot F_y = 18.024 \text{ tonnef}$$

$$\text{if}(Pu_{cabezal} \leq 0.56 \cdot Po_1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

## DEFORMACIONES POR FLEXIÓN Y CORTE

$$I_{total} := \frac{1}{12} \cdot t \cdot Lw_1^3 = 426666.667 \text{ cm}^4$$

$$I_{total} = 426666.667 \text{ cm}^4 \quad I_{total2} := \frac{1}{12} \cdot t \cdot Lw_2^3 = 607500 \text{ cm}^4$$

$$A_{total} := t \cdot Lw_1 + 2 \cdot b_{cabezal} \cdot h_{cabezal}$$

$$A_{total} = 0.085 \text{ m}^2$$

$$E := 12100 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \frac{\text{kgf}^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}} = 1623385 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$\nu := 0.2 \quad \text{Coeficiente de Poisson}$$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (\nu + 1)} = 67641.056 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{flexion} := P_{nominal} = 1.05 \text{ tonnef}$$

$$L := hw = 5.05 \text{ m}$$

$$\Delta_{flexion} := \frac{P_{flexion} \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_{total}} = 6.505 \text{ mm}$$

$$\Delta_{corte} := \frac{P_{flexion} \cdot L}{A_{total} \cdot G} = 0.092 \text{ mm}$$

$$\Delta_{TOTAL} := \Delta_{flexion} + \Delta_{corte} = 6.597 \text{ mm}$$

## CONECTORES DE CORTE

$$I := \frac{1}{12} t \cdot Lw^3 = 0.006 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inercia de la sección}$$

$$V := carga_{max} = 1 \text{ tonnef} \quad \text{Fuerza cortante máxima}$$

$$A' := b_{cabezal} \cdot h_{cabezal} = 0.003 \text{ m}^2 \quad \text{Área de la sección transversal del cabezal}$$

$$y' := \frac{Lw}{2} - \frac{b_{cabezal}}{2} = 0.425 \text{ m} \quad \text{Distancia del eje neutro del muro al centroide}$$

$$Q' := A' \cdot y' = 0.001 \text{ m}^3 \quad \text{Momento estático del área A'}$$

$$q_{sv} := \frac{V \cdot Q'}{I} = 0.175 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}} \quad \text{Flujo de cortante}$$

Varilla de acero estructural para conectores de corte

$$A_s := \frac{q_{sv}}{0.4 \cdot F_y} = 0.104 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\phi := 5.5 \text{ mm} \quad A_{scorte} := \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 0.238 \text{ cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{A_{scorte}} = 0.438 \frac{1}{\text{m}}$$

Para los conectores de corte se considerará 1 vincha de  $\phi := 5.5 \text{ mm}$  cada 30 cm

## MAMPOSTERÍA REFORZADA

$$L := 2.45 \text{ m} \quad \text{Longitud de muro}$$

$$t := 10 \text{ cm} \quad \text{espesor de muro}$$

$$H := 2.5 \text{ m} \quad \text{altura del muro}$$

$$f'_m := 35 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{resistencia de la mampostería}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{fluencia de acero}$$

$$v'_m := 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia de la mampostería a la tensión diagonal}$$

$$P := 6.11 \text{ tonnef} \quad \text{carga de servicio}$$

$$P_u := 8.23 \text{ tonnef} \quad \text{carga vertical (demanda)}$$

$$P_{u,f} := 7 \text{ tonnef} \quad \text{carga para flexo compresión}$$

$$V_u := 6.9325 \text{ tonnef} \quad \text{corte último}$$

$$M_u := 15 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad \text{momento último}$$

### 1. Resistencia a la compresión

$$P_r = F_R \cdot F_E \cdot (f'_m \cdot A_t + \Sigma (A_s \cdot f_y)) \leq 1.25 \cdot F_R \cdot F_E \cdot f'_m \cdot A_t$$

$$F_R := 0.6 \quad \text{Factor de reducción de resistencia}$$

$$F_E := 0.70 \quad \text{Para muro de mampostería interior}$$

$$A_t := L \cdot t = 2450 \text{ cm}^2 \quad \text{sección transversal del muro}$$

$A_s$  es el área de las varillas verticales en los extremos del muro, en este caso se proponen 2 varillas en cada celda en los bloques extremos, diámetro de 8mm.



$$\phi_v := 10 \text{ mm} \quad \text{diámetro de varillas}$$

$$n := 4 \quad \text{número total de varillas en ambos extremos 4+4}$$

$$A_v := \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_v)^2 = 0.785 \text{ cm}^2 \quad \text{área de varilla}$$

$$A_s := A_v \cdot n = 3.142 \text{ cm}^2$$

$$P_R := F_R \cdot F_E \cdot (f'_m \cdot A_t + (A_s \cdot f_y)) = 41.557 \text{ tonnef}$$

$$P_{R_1} := 1.25 \cdot F_R \cdot F_E \cdot f'_m \cdot A_t = 45.019 \text{ tonnef}$$

$$P_R := \min(P_R, P_{R_1}) = 41.557 \text{ tonnef}$$

$$DCR := \frac{P_u}{P_R} = 0.198$$

## 2. Resistencia a cargas laterales

$$V_R = V_{mR} + V_{sR} \quad \text{Fuerza cortante resistente}$$

$$V_{mR} = F_R \cdot ((0.5 \cdot v'_m \cdot A_t + 0.3 P) f) \quad \text{resistencia al corte de la mampostería}$$

$$P = 6.11 \text{ tonnef}$$

$$f := \begin{cases} \text{if } \frac{H}{L} \leq 0.2 \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 1.5 \\ \text{if } \frac{H}{L} \geq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 1 \\ 1 + \left( \frac{1.5 - 1}{1 - 0.2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{H}{L} \right) \end{cases} = 0.987$$

$$V_u = 6.933 \text{ tonnef}$$

$$F_R := 0.7 \quad \text{factor de seguridad}$$

$$V_{mR} := F_R \cdot ((0.5 \cdot v'_m \cdot A_t + 0.3 P) f) = 3.806 \text{ tonnef}$$

$$V_{mR_1} := 1.5 \cdot F_R \cdot v'_m \cdot A_t \cdot f = 7.619 \text{ tonnef}$$

$$V_{mR} := \min(V_{mR}, V_{mR_1}) = 3.806 \text{ tonnef}$$

$$DCR := \frac{V_u}{V_{mR}} = 1.821$$

if(DCR < 1, "Mampostería sola OK", "Se necesita refuerzo horizontal con acero VsR")

$$V_{sR} = F_R \cdot \eta \cdot \rho_h \cdot f_{yh} \cdot A_t$$

$$\eta_s := \begin{cases} \text{if } f'_m \geq 9 \text{ MPa} \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 0.75 \\ \text{if } f'_m \leq 6 \text{ MPa} \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 0.55 \end{cases} = 0.55$$

$$\eta = \frac{V_{mR}}{F_R \cdot \rho_h \cdot f_{yh} \cdot A_t} (k_\theta \cdot k_1 - 1) + \eta_s$$

$$k_\theta := \begin{cases} \text{if } \frac{H}{L} \leq 1 \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 1.3 \\ \text{if } \frac{H}{L} \geq 1.5 \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel 1 \\ 1 + \left( \frac{1.5 - 1}{1 - 0.2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{H}{L} \right) \end{cases} = 0.987$$

$$f_{yh} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Fluencia del acero de refuerzo horizontal, debe ser menor a 6000 kgf/cm}^2$$

$$\alpha := 0.45 \text{ MPa}^{-1}$$

$$\phi_{v_t} := 8 \text{ mm} \quad \text{diámetro de varillas, no menor a 3.5mm ni mayor que 3/4 del espesor de la junta Sección 3.3.2.2}$$

$$n := 1 \quad \text{número total de varillas en cada espaciamiento}$$

$$A_v := \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_{v_t})^2 = 0.503 \text{ cm}^2 \quad \text{área de varilla}$$

$$s_t := 44 \text{ cm} \quad \text{separación entre varillas, 40cm de bloque + 4cm por cada hilera de mortero entre bloques}$$

$$\rho_h := \frac{A_v \cdot n}{s_t \cdot t} = 0.00114$$

$$\text{if} \left( \rho_h \cdot f_{yh} > 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, \text{"OK"}, \text{"Se necesita más cuantía horizontal"} \right) = \text{"OK"}$$

$$k_1 := 1 - \alpha \cdot \rho_h \cdot f_{yh} = 0.788$$

$$\eta := \frac{V_{mR}}{F_R \cdot \rho_h \cdot f_{yh} \cdot A_t} (k_\theta \cdot k_1 - 1) + \eta_s = 0.447$$

$$V_{sR} := F_R \cdot \eta \cdot \rho_h \cdot f_{yh} \cdot A_t = 3.682 \text{ tonnef}$$

$$V_R := V_{mR} + V_{sR} = 7.488 \text{ tonnef}$$

$$DCR := \frac{V_u}{V_R} = 0.926$$

### 3. Resistencia a flexo compresión en el plano del muro

$$P_u = 8.23 \text{ tonnef} \quad A_s = 3.142 \text{ cm}^2$$

$$P_R = 41.557 \text{ tonnef}$$

$$d := 2.45 \text{ m}$$

$$d' := 2.05 \text{ m}$$

$$F_R := 0.8 \quad \text{factor de seguridad}$$

$$A_{s\_ext} := \frac{A_s}{2}$$

$$M_\theta := A_{s\_ext} \cdot f_y \cdot d' = 13.525 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_R := \begin{cases} \text{if } \theta \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \\ \left\| F_R \cdot M_\theta + 0.3 P_u \cdot d \right\| \\ \text{if } P_u > \frac{P_R}{3} \\ \left\| \left( 1.5 F_R \cdot M_\theta + 0.15 \cdot P_R \cdot d \right) \cdot \left( 1 - \frac{P_u}{P_R} \right) \right\| \end{cases} = 16.869 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$DCR := \frac{M_u}{M_R} = 0.889$$

### 4. Refuerzo interior del muro

$$\rho_h \cdot f_{yh} + \rho_v \cdot f_{yv} \geq 8.4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho_h \cdot f_{yh} \geq 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho_v \cdot f_{yv} \geq 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

En esta cuantía no se incluye el refuerzo en los extremos del muro

$$Sep_{v\_max} := \min(6 \text{ t}, 80 \text{ cm}) = 60 \text{ cm}$$

$$f_{yv} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi_v := 8 \text{ mm}$$

diámetro de varillas, Se propone 1 varilla de 8 mm. cada 2 celdas o agujeros ya que el máximo espacio entre varillas debe ser 60cm

$$n := 1 \quad \text{número total de varillas cada espaciamiento}$$

$$A_v := \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_v)^2 = 0.503 \text{ cm}^2 \quad \text{área de varilla}$$

$$s_{Long} := 40 \text{ cm} \quad \text{separación entre varillas longitudinales, cada 2 celdas de bloque } 20\text{cm} \times 3=60\text{cm} \text{ ya que como máximo debe ser } Sep_{vmax}$$

$$\rho_v := \frac{A_v \cdot n}{s_{Long} \cdot t} = 0.00126$$

### 5. Comprobación

$$\rho_h \cdot f_{yh} + \rho_v \cdot f_{yv} = 10.076 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$v1 := \rho_h \cdot f_{yh} + \rho_v \cdot f_{yv} \geq 8.4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1$$

$$v2 := \rho_h \cdot f_{yh} \geq 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1$$

$$v3 := \rho_v \cdot f_{yv} \geq 3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1$$

if(v1∧v2∧v3, "OK", "Revisar cuantía vertical") = "OK"

PREDIMENSIONAMIENTO TENSORES

PROPIEDADES DEL PERFIL EN COLUMNAS

Sección cuadrada HSS

$F_y := 36 \text{ ksi}$

$F_u := 58 \text{ ksi}$

$E := 29000 \text{ ksi}$

$P_u := 2 \text{ tonnef}$

Table 4-22 (continued)  
Available Critical Stress for  
Compression Members

KL/r	F <sub>y</sub> = 35 ksi		F <sub>y</sub> = 36 ksi		F <sub>y</sub> = 42 ksi		F <sub>y</sub> = 46 ksi		F <sub>y</sub> = 50 ksi					
	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>	F <sub>cr</sub> /Ω <sub>c</sub>	φ <sub>c</sub> F <sub>cr</sub>				
	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi				
41	19.2	28.9	41	19.7	29.7	41	22.7	34.1	41	24.6	37.0	41	26.5	39.8
42	19.2	28.8	42	19.6	29.5	42	22.6	33.9	42	24.5	36.8	42	26.3	39.5
43	19.1	28.7	43	19.6	29.4	43	22.5	33.7	43	24.3	36.6	43	26.2	39.3
44	19.0	28.5	44	19.5	29.3	44	22.3	33.6	44	24.2	36.3	44	26.0	39.1
45	18.9	28.4	45	19.4	29.1	45	22.2	33.4	45	24.0	36.1	45	25.8	38.8
46	18.8	28.3	46	19.3	29.0	46	22.1	33.2	46	23.9	35.9	46	25.6	38.5
47	18.7	28.1	47	19.2	28.9	47	22.0	33.0	47	23.8	35.7	47	25.5	38.3
48	18.6	28.0	48	19.1	28.7	48	21.8	32.8	48	23.6	35.4	48	25.3	38.0
49	18.5	27.9	49	19.0	28.5	49	21.7	32.6	49	23.4	35.2	49	25.1	37.7
50	18.4	27.7	50	18.9	28.4	50	21.6	32.4	50	23.3	35.0	50	24.9	37.5

1.) Se asume un KL/r de 50, y se obtiene de la tabla 4-22

$φ_c F_{cr} := 28.4 \text{ ksi}$

$A_{g\_min} := \frac{P_u}{φ_c F_{cr}} = 1.002 \text{ cm}^2$

$A_{g\_min} = 0.155 \text{ in}^2$

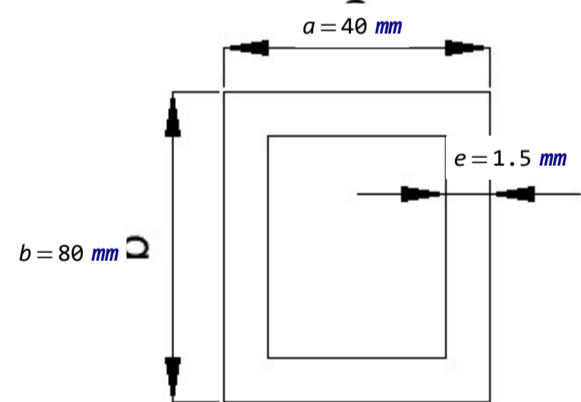
DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
150	80	12	157.80	26.30	32.47	1012.95	135.06	5.59	189.27	35.31	2.41	2.64
200	50	2	27.66	4.61	5.87	316.00	31.60	7.34	11.80	2.88	1.42	0.92
200	50	3	40.98	6.83	8.70	462.00	46.20	7.29	17.10	4.23	1.40	0.96
200	50	4	54.06	9.01	11.50	600.00	60.00	7.23	22.10	5.52	1.39	1.00
200	50	5	66.60	11.10	14.20	729.00	72.90	7.17	26.70	6.75	1.37	1.05
200	50	6	80.70	13.45	16.81	850.82	85.08	7.11	31.18	7.97	1.36	1.09
200	60	5	71.46	11.91	15.18	853.31	85.33	7.50	45.29	9.72	1.73	1.34
200	60	6	86.52	14.42	18.01	963.76	96.37	7.31	53.04	11.50	1.71	1.39
200	60	8	112.80	18.80	23.50	1218.58	121.85	7.20	66.96	14.96	1.68	1.53
200	80	6	96.04	16.34	20.42	1189.65	118.96	7.63	120.77	20.61	2.43	2.14
200	80	8	128.10	21.35	26.69	1513.67	151.36	7.53	153.94	26.27	2.40	2.14
200	80	10	156.96	26.16	32.71	1903.27	190.32	7.42	183.94	31.87	2.37	2.23
200	80	12	186.96	31.16	38.47	2060.24	206.02	7.32	210.38	37.04	2.34	2.32
200	100	6	109.56	18.26	22.82	1415.55	141.55	7.87	225.25	31.19	3.14	2.78
200	100	8	143.46	23.91	29.89	1808.75	180.87	7.77	289.60	40.61	3.11	2.87
200	100	10	176.16	29.36	36.71	2164.60	216.46	7.67	348.64	49.59	3.08	2.97
200	100	12	210.30	35.05	43.28	2484.70	248.47	7.58	420.78	60.72	3.12	3.07
250	60	3	50.82	8.47	10.80	894.47	71.56	9.10	30.27	6.18	1.67	1.10
250	60	4	76.20	11.20	14.27	1166.90	93.35	9.04	39.31	8.09	1.66	1.14
250	60	5	83.22	13.87	17.68	1426.75	114.14	8.98	47.85	9.95	1.65	1.19
250	60	6	102.12	17.02	21.02	1674.23	133.94	8.92	55.89	11.72	1.63	1.23
250	60	8	133.50	22.25	27.48	2132.71	170.62	8.81	70.52	15.07	1.60	1.32
250	80	6	112.44	18.74	23.42	203.09	162.48	9.31	128.98	21.28	2.34	1.82
250	80	8	147.30	24.55	30.69	2600.80	208.06	9.20	164.65	27.03	2.31	1.91
250	80	10	180.96	30.16	37.71	3119.15	249.53	9.67	197.30	32.88	2.28	2.00
250	80	12	216.12	36.02	44.47	3588.54	287.07	9.57	225.78	38.20	2.25	2.09
250	100	6	123.96	20.66	25.82	2388.38	191.07	9.46	241.61	32.17	3.05	2.49
250	100	8	162.66	27.11	33.89	3069.49	245.55	11.06	311.36	41.96	3.03	2.58
250	100	10	200.16	33.36	41.71	3695.48	295.64	11.00	375.84	51.27	3.00	2.67
250	100	12	239.46	39.91	49.27	4268.34	341.47	10.94	450.31	62.28	3.02	2.77
250	120	10	222.12	37.02	45.71	4271.77	341.74	10.71	629.61	73.21	3.71	3.40
250	120	12	262.74	43.79	54.07	4947.99	395.84	10.60	732.59	86.09	3.68	3.49
300	80	4	84.12	14.02	17.87	2186.18	145.75	11.20	93.35	14.50	2.29	1.56
300	80	5	104.46	17.41	22.18	2685.33	179.02	11.09	114.40	17.90	2.27	1.61
300	80	6	126.84	21.14	26.42	3165.24	211.01	11.00	134.55	21.19	2.26	1.65
300	80	8	166.50	27.75	34.69	4071.64	271.44	10.94	172.94	27.62	2.23	1.74
300	80	10	205.02	34.17	42.71	4906.43	327.09	10.83	207.65	33.60	2.20	1.82
300	80	12	245.28	40.88	50.47	5672.90	378.19	10.71	237.51	39.00	2.17	1.91
300	100	6	138.36	23.06	28.82	3683.91	245.59	10.60	254.58	32.89	2.97	2.26
300	100	8	181.86	30.31	37.89	4753.93	316.92	11.30	328.58	42.95	2.94	2.35
300	100	10	224.16	37.36	46.71	5747.76	383.18	11.20	397.3	52.55	2.91	2.44
300	100	12	268.68	44.78	55.30	6670.00	445.00	11.09	459.00	61.50	2.88	2.53
300	120	10	246.42	41.07	50.71	6589.61	439.31	10.87	667.52	75.09	3.63	3.11
300	120	12	291.90	48.65	60.07	7863.55	510.90	11.40	777.84	88.49	3.60	3.21
300	150	10	275.58	45.93	56.71	7851.11	523.41	11.19	1250.73	115.92	4.70	4.21
300	150	12	328.88	54.88	67.77	9156.55	610.88	11.77	1488.85	137.01	4.67	4.31

CÁLCULO DE PROPIEDADES

$a := 40 \text{ mm}$

$b := 80 \text{ mm}$

$e := 1.5 \text{ mm}$



ÁREA

$a_1 := a \cdot b = 32 \text{ cm}^2$

$a_2 := (a - 2 \cdot e) \cdot (b - 2 \cdot e) = 28.49 \text{ cm}^2$

$A_T := a_1 - a_2 = 3.51 \text{ cm}^2$

$A_g := A_T \quad A_T = 3.51 \text{ cm}^2$

EJE NEUTRO

$y_{cm} = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{A}$

$y_{cm} := \frac{a_1 \cdot \frac{b}{2} - a_2 \cdot \left( \frac{b - 2 \cdot e}{2} + e \right)}{a_1 - a_2} = 4 \text{ cm}$

## INERCIA EN X

$$I_{x1} := \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3 = 170.667 \text{ cm}^4$$

$$I_{x2} := \frac{1}{12} \cdot (a - 2e) \cdot (b - 2e)^3 = 140.764 \text{ cm}^4$$

$$I_x := I_{x1} - I_{x2} = 29.902 \text{ cm}^4$$

## INERCIA EN Y

$$I_{y1} := \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 = 42.667 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} := \frac{1}{12} \cdot (a - 2e)^3 \cdot (b - 2e) = 32.502 \text{ cm}^4$$

$$I_y := I_{y1} - I_{y2} = 10.164 \text{ cm}^4$$

## RÀDIO DE GIRO

$$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A_T}} = 2.919 \text{ cm}$$

$$r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_T}} = 1.702 \text{ cm}$$

## SECCIÓ ELÀSTICA

$$y_b := y_{cm} = 4 \text{ cm}$$

$$y_t := b - y_{cm} = 4 \text{ cm}$$

$$c := \max(y_b, y_t) = 4 \text{ cm}$$

$$c_y := \frac{a}{2} = 2 \text{ cm}$$

$$S_x := \frac{I_x}{c} = 7.476 \text{ cm}^3 \quad S_y := \frac{I_y}{c_y} = 5.082 \text{ cm}^3$$

## SECCIÓ PLÀSTICA X

$$y_1 := \frac{(a \cdot e) \cdot \left(\frac{b-e}{2}\right) + 2 \cdot \left(\left(\frac{b-e}{2}\right) \cdot e\right) \cdot \left(\frac{\left(\frac{b-e}{2}\right)}{2}\right)}{\frac{A_T}{2}} = 2.609 \text{ cm}$$

$$A_{zx1} := \frac{A_T}{2} = 1.755 \text{ cm}^2$$

$$Z_x := 2 \cdot A_{zx1} \cdot y_1 = 0.559 \text{ in}^3$$

## SECCIÓ PLÀSTICA Y

$$x_1 := \frac{\left(2 \cdot \frac{(a \cdot e) \cdot \left(\frac{a}{2}\right)}{2} + ((b - 2e) \cdot e) \cdot \left(\frac{a - e}{2}\right)\right)}{\left(\frac{A_T}{2}\right)} = 1.609 \text{ cm}$$

$$A_{zy1} := \frac{A_T}{2} = 1.755 \text{ cm}^2$$

$$Z_y := 2 \cdot (A_{zy1} \cdot x_1) = 5.647 \text{ cm}^3$$

## RESUMEN

X-X		Y-Y	
$I_x = 29.9 \text{ cm}^4$	$I_x = 0.72 \text{ in}^4$	$I_y = 10.16 \text{ cm}^4$	$I_y = 0.24 \text{ in}^4$
$S_x = 7.48 \text{ cm}^3$	$S_x = 0.46 \text{ in}^3$	$S_y = 5.08 \text{ cm}^3$	$S_y = 0.31 \text{ in}^3$
$r_x = 2.92 \text{ cm}$	$r_x = 1.15 \text{ in}$	$r_y = 1.7 \text{ cm}$	$r_y = 0.67 \text{ in}$
$Z_x = 9.16 \text{ cm}^3$	$Z_x = 0.56 \text{ in}^3$	$Z_y = 5.65 \text{ cm}^3$	$Z_y = 0.34 \text{ in}^3$

VERIFICACIÓN DE TIPOS DE FALLAS

COMPRESIÓN

$$\lambda_r := 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.681 \quad \text{punto inflexión}$$

Verificar si la sección tiene elementos esbeltos

$$\lambda_{t\_HSS} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 39.735 \quad \text{Tabla B2, Caso 6 del AISC (2010)}$$

$$E_H := \frac{(b - 2e)}{e} = 51.333$$

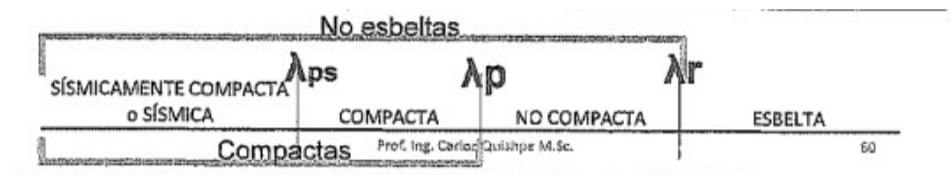
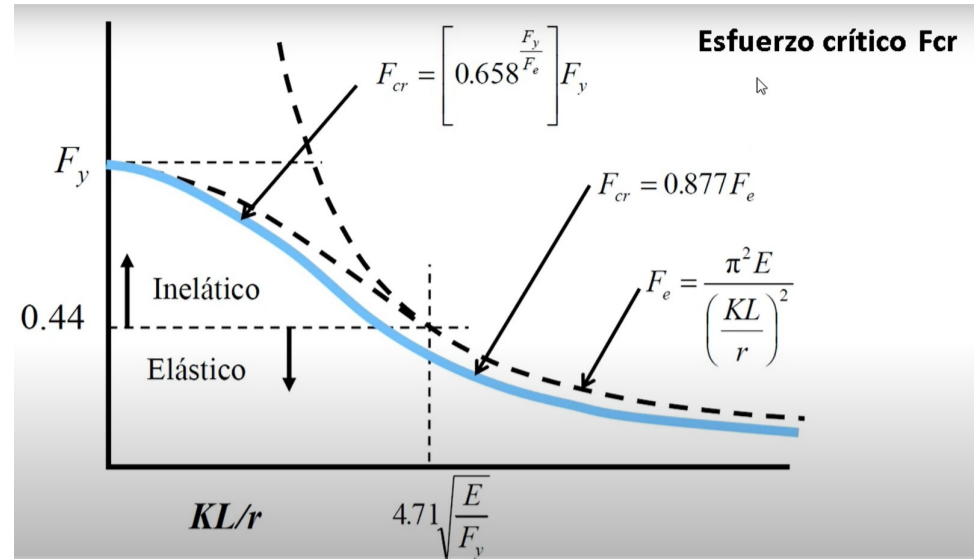
if ( $E_H \leq \lambda_{t\_HSS}$ , "NO esbelto", "Esbelto") = "Esbelto"

Relación ancho espesor

$$\lambda_{p\_HSS} := 0.64 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 18.165 \quad \text{Tabla D1.1,}$$

$$\lambda_{ps\_HSS} := 0.55 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.61 \quad \text{NEC}$$

if  $E_H \geq \lambda_{p\_HSS}$  = "No compacta"  
 "No compacta"  
 else if  $\lambda_{ps\_HSS} < E_H < \lambda_{p\_HSS}$   
 "Compacta"  
 else  
 "Sismicamente compacta"



ESBELTEZ

K := 1 Arriostrada siendo conservador

L := 2.5 m Longitud arriostrada

K \* L = 98.425 in Longitud efectiva

$$r_{min} := \min(r_x, r_y) = 0.67 \text{ in}$$

$$E_{esb} := \frac{K \cdot L}{r_{min}} = 146.911$$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

tipo := if  $E_{esb} < \lambda_r$  = "Elastico"  
 "Inelastico"  
 if  $E_{esb} \geq \lambda_r$   
 "Elastico"

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r_{min}}\right)^2} = 13.261 \text{ ksi}$$

$F_{cr} :=$  if tipo = "Inelastico" = 11.63 ksi  
 $\left(0.658 \cdot \frac{F_y}{F_e}\right) \cdot F_y$   
 if tipo = "Elastico"  
 $0.877 \cdot F_e$

$$A_g := A_r$$

$$\phi_c := 0.9$$

$$\phi_c P_n := \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g = 5.695 \text{ kip}$$

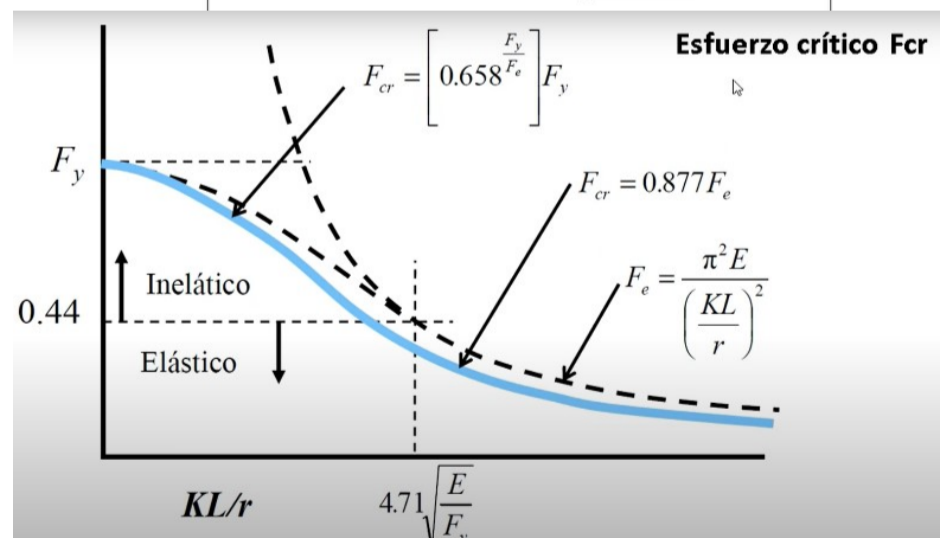
$$\phi_c P_n = 2.583 \text{ tonnef} \quad P_u = 2 \text{ tonnef}$$

$$DCR_1 := \frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.774$$

if ( $DCR_1 \leq 1$ , "SATISFACTORIO", "NO SATISFACTORIO") = "SATISFACTORIO"

2.7. Valores aproximados del factor de longitud efectiva [27]

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidas	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		



Pandeo elástico - inelástico

## FLUENCIA

$$\phi P_n = \phi_t \cdot A_g \cdot F_y$$

$$\phi_t := 0.9$$

$$A_g := A_T = 3.51 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n := \phi_t \cdot A_g \cdot F_y = 7.996 \text{ tonnef}$$

$$DCR_2 := \frac{P_u}{\phi P_n} = 0.25$$

$$\text{if } (DCR_2 \leq 1, \text{"SATISFACTORIO"}, \text{"NO SATISFACTORIO"}) = \text{"SATISFACTORIO"}$$

## FRACTURA

$$\phi P_n = \phi_t \cdot A_e \cdot F_u$$

$$\phi_t := 0.75$$

$$A_e := 0.75 A_T = 2.633 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n := \phi_t \cdot A_e \cdot F_u = 8.051 \text{ tonnef}$$

$$DCR_3 := \frac{P_u}{\phi P_n} = 0.248$$

$$\text{if } (DCR_3 \leq 1, \text{"SATISFACTORIO"}, \text{"NO SATISFACTORIO"}) = \text{"SATISFACTORIO"}$$

## DISEÑO DE SOLDADURA

### DEMANDA

$$V_u := 2.034 \text{ tonnef}$$

$$V_u = 4.484 \text{ kip}$$

### PROPIEDADES VIGA

A36

$$F_y := 36 \text{ ksi}$$

$$F_y = 2531.05 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_u := 58 \text{ ksi}$$

$$F_u = 4077.8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 29000 \text{ ksi}$$

### 6. Resistencia de la soldadura

$$F_{EXX} := 70 \text{ ksi}$$

$$D := 2$$

$$\phi := 0.75$$

$$L_w := 10 \text{ cm}$$

$$F_w := 0.6 \cdot F_{EXX} = 42 \text{ ksi}$$

$$A_w := 0.707 \cdot \frac{D}{16} \text{ in} \cdot L_w = 2.245 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n := \phi \cdot F_w \cdot A_w = 4.971 \text{ tonnef}$$

$$DCR := \frac{P_u}{\phi R_n} = 0.4$$

$$\text{if } DCR \leq 1.0 \quad \left. \begin{array}{l} \text{"Satisfactory"} \\ \text{else} \\ \text{"Not Satisfactory"} \end{array} \right| = \text{"Satisfactory"}$$