

**AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL EN LA EMPRESA
H Y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S**



SANTIAGO LÓPEZ PIAMBA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN-CAUCA
2020**

**AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL EN LA EMPRESA
H Y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S**

**SANTIAGO LÓPEZ PIAMBA
CÓDIGO: 04101057**

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL
(MODALIDAD PASANTÍA):
INGENIERO CIVIL**

DIRECTOR:


ING. MANUEL ALEJANDRO CEBALLOS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN – CAUCA
2020**




Nota de aceptación:

Se cumplieron totalmente
los objetivos inicialmente
planteados, logrando que el
estudiante adquiriera experiencia
en el desarrollo de proyectos
estructurales.


Firma del director de pasantía.


Firma del jurado.


Firma del jurado.

Popayán, 18 de 2020



AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta etapa universitaria en la cual las personas forjamos nuestros destinos de vida le quiero dar gracias al todo poderoso primero que todo por su bondad y por permitirme poder culminarla, a mis padres Juan Ángel López Plaza y Eugenia Piamba Vélez por su inmenso amor y respaldo en momentos que fue necesario, a mis hermanos y a toda mi familia porque sin su apoyo no hubiera sido posible poder lograr esta meta que tanto anhelaba.

A mis amigos que estuvieron conmigo durante el transcurso de toda mi etapa de formación universitaria por todas las vivencias y momentos compartidos.

Al ingeniero Carlos Ariel Hurtado y su esposa Sara Caicedo por darme la oportunidad de trabajar como auxiliar de diseño en su empresa H Y C Ingeniería Colombia S.A.S y poder tener mi primera experiencia laboral en el campo de la ingeniería estructural. También al resto del equipo de trabajo por la oportunidad y por todas sus enseñanzas.

A los ingenieros Manuel Alejandro Ceballos y Andrés Felipe Coral Vargas por su asesoramiento y ayuda para el correcto desarrollo de este documento.

Y a todos mis maestros los docentes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca con los que tuve la oportunidad de estar en sus clases y por medio de sus conocimientos forjé mi formación como profesional.



TABLA DE CONTENIDO:

AGRADECIMIENTOS.....	5
1 INTRODUCCIÓN.....	14
2 JUSTIFICACIÓN	15
3 OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4 INFORMACIÓN GENERAL.....	17
4.1 TITULO DE LA PASANTÍA.....	17
4.2 NOMBRE DEL PASANTE	17
4.3 ENTIDAD RECEPTORA.....	17
4.4 SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO	18
4.5 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	18
4.6 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA	19
4.7 DURACIÓN	19
4.8 RECURSOS UTILIZADOS	19
4.9 METODOLOGÍA.....	20
4.10 PROYECTOS REALIZADOS	21
5 EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA.....	22
5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y FOSO DE ASCENSOR.....	22
5.1.1 Información de Entrada	22
5.1.2 Modelación	25
5.1.3 Diseño de elementos estructurales	28
Planos estructurales	48
5.2 DISEÑO ESTRUCTURAL CASA TORRES GALLEGO.....	53
5.2.1 Información de Entrada	53
5.2.2 Modelación	56



5.2.3	Diseño de elementos estructurales	60
5.2.3	Planos estructurales	109
5.3	VISITA PARA PERITAJE ESTRUCTURAL VIVIENDAS LOCALIZADAS EN POPAYÁN, (PREDIO ID 382)	115
5.3.1	Información de Entrada	115
5.3.2	Visita edificación ID 382	116
5.3.3	Observaciones y recomendaciones del peritaje estructural ID 382	122
6.	CONCLUSIONES	123
	BIBLIOGRAFÍA	124



TABLA DE IMAGENES:

Imagen 1 Logo empresarial.	17
Imagen 2 Foso ascensor.	23
Imagen 3 Tanque almacenamiento de agua.....	24
Imagen 4 Diagrama de empujes y coeficientes de presión de suelo..	27
Imagen 5 Empujes y solicitaciones de los muros de tanques.....	27
Imagen 6 Tanque No.1 espectro de diseño.	29
Imagen 7 Tanque No.2 espectro de diseño.	29
Imagen 8 Foso de ascensor espectro de diseño.	30
Imagen 9 Tanque No.1 c.d.m y c.d.r.....	33
Imagen 10 Tanque No.2 c.d.m y c.d.r.....	34
Imagen 11 Foso ascensor c.d.m y c.d.r.....	34
Imagen 12 Tanque No.1 tensiones admisibles.	37
Imagen 13 Tanque No.2 tensiones admisibles.	38
Imagen 14 Foso de ascensor tensiones admisibles.	38
Imagen 15 Tanque No.1 cortante.	39
Imagen 16 Tanque No.1 momento.	40
Imagen 17 Tanque No.2 cortante.	40
Imagen 18 Tanque No.2 momento.	41
Imagen 19 Foso ascensor cortante.....	41
Imagen 20 Foso ascensor momento.....	42
Imagen 21 Tanque No.1 planta.....	48
Imagen 22 Tanque No.2 planta.....	49
Imagen 23 Foso ascensor planta.....	49
Imagen 24 Tanque No.1 corte.	50
Imagen 25 Tanque No.2 corte	50
Imagen 26 Foso ascensor corte.....	51
Imagen 27 modelo 3D tanque No.1	51
Imagen 28 modelo 3D tanque No.2	52
Imagen 29 modelo 3D foso de ascensor	52



Imagen 30 Parámetros de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad de la mampostería.....	54
Imagen 31 Clasificación mortero de pega y resistencia de la unidad de mampostería.....	55
Imagen 32 Cálculo resistencia a la compresión y módulo de elasticidad de la mampostería.....	55
Imagen 33 Planta localización y referencia de muros.....	58
Imagen 34 Variables para el cálculo de los pesos propios.....	63
Imagen 35 Pesos propios.....	64
Imagen 36 Carga ultima.....	64
Imagen 37 Momento ultimo.....	64
Imagen 38 Calculo de la relación de esbeltez.....	65
Imagen 39 Resistencia a la flexión.....	66
Imagen 40 Resistencia nominal a la flexión.....	66
Imagen 41 Cortante ultimo.....	67
Imagen 42 Área efectiva a cortante.....	67
Imagen 43 Resistencia nominal a cortante.....	68
Imagen 44 Fuerza axial en la biela diagonal del muro.....	69
Imagen 45 Resistencia nominal al aplastamiento.....	69
Imagen 46 Dimensiones y cargas de los elementos.....	70
Imagen 47 Solicitaciones en los elementos.....	70
Imagen 48 Parámetros de la resistencia nominal a la flexión.....	71
Imagen 49 Resistencia a la flexión elementos de confinamiento.....	72
Imagen 50 Resistencia a cortante del concreto.....	72
Imagen 51 Área de acero a cortante.....	73
Imagen 52 Resistencia nominal a cortante.....	73
Imagen 53 Chequeo ancho de cimentación.....	74
Imagen 54 Cargas consideradas y excentricidad para diseño de cimentación.....	75
Imagen 55 Esfuerzos debido al suelo.....	75
Imagen 56 Solicitaciones en la viga de cimentación.....	76
Imagen 57 Diseño por resistencia viga de cimentación.....	76
Imagen 58 Chequeos diseño por resistencia viga de cimentación.....	77



Imagen 59 Diseño a cortante viga de cimentación.	77
Imagen 60 Separación y chequeos del diseño a cortante Viga de cimentación. ...	78
Imagen 61 Viga critica de diseño.	79
Imagen 62 Cargas de diseño.....	79
Imagen 63 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad ES3.	80
Imagen 64 Coeficientes por duración de carga.....	80
Imagen 65 Coeficientes por contenido de humedad.....	81
Imagen 66 Coeficientes por temperatura ambiente.	81
Imagen 67 Coeficientes por incisión en los elementos.	82
Imagen 68 Esfuerzos modificados por coeficientes..	82
Imagen 69 Módulos de elasticidad modificados por los coeficientes..	83
Imagen 70 Deflexión admisible..	84
Imagen 71 Chequeo corrección por cortante.....	84
Imagen 72 Calculo de la sección.	85
Imagen 73 Coeficientes particulares de flexión.....	86
Imagen 74 Longitud efectiva.....	87
Imagen 75 Calculo de la longitud efectiva..	87
Imagen 76 Calculo de la relación de esbeltez.	87
Imagen 77 Esfuerzo a flexión crítico.	88
Imagen 78 Coeficiente de estabilidad lateral.	88
Imagen 79 Esfuerzo a flexión modificado..	88
Imagen 80 Chequeo de esfuerzo actuante..	89
Imagen 81 Chequeo momento actuante.....	90
Imagen 82 Distribución de esfuerzos.....	90
Imagen 83 Posición cálculo de esfuerzo cortante.....	91
Imagen 84 Chequeo esfuerzo a cortante.....	91
Ilustración 85 Esfuerzo admisible a compresión..	92
Ilustración 86 Chequeo esfuerzos de aplastamiento..	92
Ilustración 87 Deformación por aplastamiento.....	93
Imagen 88 Sección de diseño.	93
Imagen 89 Telera critica de diseño.	94



Imagen 90 Cargas de diseño.....	94
Imagen 91 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad ES3.	95
Imagen 92 Coeficientes por duración de carga.....	95
Imagen 93 Coeficientes por contenido de humedad.....	96
Imagen 94 Coeficientes por temperatura ambiente..	96
Imagen 95 Coeficientes por incisión en los elementos.	97
Imagen 96 Esfuerzos modificados por coeficientes..	97
Imagen 97 Módulos de elasticidad modificados.....	98
Imagen 98 Deflexión admisible.....	99
Imagen 99 Chequeo corrección por cortante.....	99
Imagen 100 Calculo de la sección.	100
Imagen 101 Coeficientes particulares de flexión.....	101
Imagen 102 Longitud efectiva.....	102
Imagen 103 Calculo de longitud efectiva..	102
Imagen 104 Calculo de la relación de esbeltez.....	102
Imagen 105 Esfuerzo critico a flexión.	103
Imagen 106 Coeficiente de estabilidad lateral.	103
Imagen 107 Esfuerzo a flexión modificado..	103
Imagen 108 Chequeo de esfuerzo actuante.....	104
Imagen 109 Chequeo momento actuante.....	104
Imagen 110 Distribución de esfuerzos.....	105
Imagen 111 Posición calculo esfuerzo cortante.....	105
Imagen 112 Chequeo a cortante.....	106
Imagen 113 Esfuerzo admisible a compresión..	106
Imagen 114 Cheque esfuerzos de aplastamiento.....	107
Imagen 115 Deformación por aplastamiento..	107
Imagen 116 Sección de diseño.....	108
Imagen 117 Elementos estructurales.....	109
Imagen 118 Planta de cimentación.....	110
Imagen 119 Planta de muros.....	111
Imagen 120 Planta de vigas aéreas.....	112



Imagen 121 Planta de cubierta.	113
Imagen 122 Detalles elementos de cubierta.	114
Imagen 123 Localización edificación ID 382.	115
Imagen 124 Fachada edificación ID 382.	116
Imagen 125 Configuración muros edificación.	117
Imagen 126 Columneta 0.30 m X 0.30 m vivienda.	118
Imagen 127 Columneta 0.20 m X 0.20 m Local.	118
Imagen 128 Local comercial.	119
Imagen 129 Muro en mampostería confinada ladrillo a la vista.	120
Imagen 130 Segundo piso vivienda.	121



LISTADO DE TABLAS:

Tabla 1 Propiedades de los elementos.....	25
Tabla 2 Cargas.	26
Tabla 3 Cortantes estáticos y dinámicos.	31
Tabla 4 Tanque No.1 hipótesis sísmica.	31
Tabla 5 Tanque No.2 hipótesis sísmica.	31
Tabla 6 Foso de ascensor hipótesis sísmica.	31
Tabla 7 Tanque No.1 hipótesis sísmica.	32
Tabla 8 Tanque No.2 hipótesis sísmica.	32
Tabla 9 Foso ascensor hipótesis sísmica	33
Tabla 10 Tanque No.1 c.d.m y c.d.r.	33
Tabla 11 Tanque No.2 c.d.m y c.d.r.	34
Tabla 12 Foso ascensor c.d.m y c.d.r	34
Tabla 13 Tanque No.1 deriva máxima.	35
Tabla 14 Tanque No.2 deriva máxima	35
Tabla 15 Foso ascensor deriva máxima	35
Tabla 16 Cumplimiento deriva.	36
Tabla 17 Tanque No.1 acero de refuerzo.	36
Tabla 18 Tanque No.2 acero de refuerzo.	36
Tabla 19 Foso de ascensor acero de refuerzo.....	36
Tabla 20 Tensiones estructuras.....	37
Tabla 21 Tanque No.1 Diseño por resistencia de losa.	44
Tabla 22 Tanque No.2 diseño por resistencia de losa.	44
Tabla 23 Fosos de ascensor diseño por resistencia de losa.	45
Tabla 24 Solicitaciones en los elementos.	45
Tabla 25 Tanque No.1 Diseño por resistencia de muros.	46
Tabla 26 Tanque No.2 Diseño por resistencia de muros.	46
Tabla 27 Foso ascensor Diseño por resistencia de muros.	47
Tabla 28 Descripción cargas muertas.....	57
Tabla 29 Calculo de las fuerzas sísmicas.....	59



Tabla 30 Resultados muro X4.	59
Tabla 31 Limite área mínima.....	60
Tabla 32 Áreas mínimas de muro en X.	61
Tabla 33 Áreas mínimas de muro en Y.	62
Tabla 36 Deflexiones admisibles.	83
Tabla 42 Deflexiones admisibles.	98
Tabla 46 Resumen observaciones.....	122



LISTADO DE VARIABLES:

$f'c$ = Resistencia a la compresion del concreto.

Fy = Resistencia a la fluencia del acero.

f'_{cu} = Resistencia a la compresion de la und de mamposteria.

f'_{cp} = Resistencia a la compresion del mortero de pega.

$f'm$ = Resistencia a la compresion de la mamposteria.

h = Altura de muro.

e = Espesor de muro.

l = Longitud de muro.

b = Ancho de viga.

h_v = Altura de viga.

Aaf = Ancho aferente.

γ_{Mamp} = Peso especifico de la mamposteria.

γ_{Ccto} = Peso especifico del concreto.

Pp = Peso propio del muro.

Pv = Peso propio de viga.

Pc = Peso propio de cubierta.

Pc_{dead} = Peso muerto de cubierta.

Pc_{live} = Peso vivo de cubierta.

Pu = Carga ultima.

$W_{cubierta_{dead}}$ = Carga muerta de cubierta distribuida.

$W_{cubierta_{live}}$ = Carga viva de cubierta distribuida.

R = Coeficiente de disipacion de energia.

V = Fuerza cortante.

h = Altura de muro en estudio.

h' = Altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo.

t = Espesor efectivo de la seccion para evaluar efectos de pandeo.

Re = Factor de reduccion de resistencia por esbeltez.



A_s = Area de acero.

A_{se} = Area de acero efectiva a traccion.

a = Altura del bloque a compresion.

d = Distancia de la fibra a compresion mas alejada al centro del refuerzo.

M_n = Resistencia nominal a la flexion.

$\Phi_{flexion}$ = Coeficiente de reduccion de resistencia.

A_{mv} = Area efectiva a cortante.

V_n = Resistencia nominal a cortante.

Φ_v = Facotr de reduccion por resistencia.

P_{ud} = Fuerza axial que actua sobre la biela diagonal del muro.

h' = Longitud de la diagonal de paño del muro.

lw = Longitud horizontal total del muro.

P_{nd} = Fuerza axial resistente nominal a la compresion.

A_{md} = Area efectiva de la mamposteria.

Φ_{Ap} = Coeficiente de rduccion por resistencia.

V_{uc-col} = Fuerza cortante mayorada para diseño de columneta.

V_{uc-vig} = Fuerza cortante mayorada para diseño de vigueta.

W_u = Carga distribuida de muro.

M_{u-vig} = Momento ultimo mayorado para diseño de vigueta.

M_{u-col} = Momento ultimo mayorado para diseño de columneta.

$A_{s-estribo}$ = Area de acero a cortante.

$A_{s-barras}$ = Area de acero a flexion.

r = Recubrimiento.

$\phi_{estribo}$ = Diametro del estribo.

ϕ_{barra} = Diametro del acero longitudinal.

V_c = Resistencia a cortante suministrada por el concreto.

V_s = Resistencia a cortante suministrada por el acero.

$Area_v$ = Area de acero a cortante.

Sep = Separacion de acero a cortante.



σ_{suelo} = *Peso específico del suelo.*

$Ancho_{req}$ = *Ancho requerido de cimentación.*

$Ancho_{sum}$ = *Ancho suministrado de cimentación.*

Δ_{Admin} = *Deflexión admisible.*

b = *Ancho de sección calculado.*

C_F = *Coeficiente de modificación de forma.*

C_d = *Coeficiente de modificación por altura.*

C_ℓ = *Coeficiente de modificación por longitud.*

ℓ_e = *Longitud efectiva de vigas.*

R_B = *Relación de esbeltez.*

F_{bE} = *Esfuerzo crítico de pandeo.*

E'_{min} = *Módulo de elasticidad mínimo longitudinal modificado.*

C_L = *Coeficiente de estabilidad lateral.*

F_b^* = *Esfuerzo admisible a flexión afectado por coeficientes.*

F'_b = *Esfuerzo admisible a flexión modificado.*

W_{ESF} = *Carga distribuida mayorada para cálculo del esf. a flexión.*

M_{act} = *Momento actuante.*

F_{b-Act} = *Esfuerzo a flexión actuante.*

f_v = *Esfuerzo cortante actuante.*

F'_v = *Esfuerzo admisible a cortante modificado.*

F'_θ = *Esfuerzo admisible de compresión para un ángulo θ .*

F'_c = *Esfuerzo básico de compresión paralelo al grano.*

F'_p = *Esfuerzo admisible modificado perpendicular al grano.*

f_p = *Esfuerzo de aplastamiento actuante.*

F'_p = *Esfuerzo admisible modificado a compresión.*

Δd = *Deformabilidad perpendicular al grano.*



1 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de poder optar al título de Ingeniero Civil, en este documento se describe la práctica profesional realizada como auxiliar de diseño estructural en la empresa H Y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. conforme al acuerdo N° 027 de 2012 emanado por el Consejo Superior Universitario y la resolución N° 820 del 14 de octubre del 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, por lo cual se reglamenta el trabajo de grado en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca y se establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial.

Nuestro país se encuentra localizado en una zona altamente sísmica, en la cual el riesgo de colapso de una estructura es muy alto si no se realiza un correcto diseño estructural, razón por la cual se hace necesario y primordial participar en los procesos que intervienen en el diseño estructural, con lo cual se espera aprender algunas de las metodologías que se están empleado actualmente en este campo de la ingeniería estructural.

Teniendo en cuenta las bases teóricas logradas en la etapa de formación académica, se pretende que, a través de la realización de la pasantía, profundizar en el uso de las diferentes herramientas disponibles en el mercado actual para el diseño estructural de construcciones y obras de infraestructura, para poder garantizar así, un correcto diseño estructural y garantizar la protección de las vidas humanas.



2 JUSTIFICACIÓN

La pasantía es el medio idóneo para acercarse al ambiente laboral ya que los conocimientos adquiridos durante la formación académica se verán reflejados en el desarrollo de esta, con el ejercicio profesional de ingeniero civil al interior de una entidad y su desempeño en la misma. Por lo anterior, la práctica profesional en la empresa H Y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. constituye una importante etapa en mi formación como ingeniero civil que me permitirá adquirir experiencia en un escenario real sobre el proceso de diseño de manera directa, con lo cual se busca reforzar los diferentes requerimientos y aspectos que exige la norma sismo resistente (NSR-10), para diferentes sistemas estructurales.

La pasantía contribuye a que mi formación profesional adquiera los conocimientos específicos y generales permitiendo una transición de la teoría a la práctica con un acompañamiento y revisión continua por parte de un profesional con experiencia, que permiten desarrollar un buen trabajo y garantizar un desempeño óptimo en el futuro, lo cual brindará a la comunidad un profesional acorde a las exigencias del mercado actual.

La empresa desarrolla numerosos proyectos estructurales, dentro de los cuales es posible involucrar al pasante en el proceso de diseño y toma de decisiones, la supervisión y el control de la calidad, de modo que se fortalezca el carácter profesional del estudiante como próximo Ingeniero civil en la ejecución de los diferentes diseños, tales como, viviendas de uno y dos pisos en mampostería confinada, puentes de losa maciza y aligerada, y edificios con sistemas de pórticos.



3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Apoyo como auxiliar de ingeniería para el desarrollo de diseños estructurales de los proyectos civiles que se estén llevando a cabo en la empresa H Y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar los conocimientos adquiridos en la etapa académica sobre la normativa existente (NSR-10) para el correcto diseño de estructuras.
- Reforzar los conocimientos obtenidos en la formación estudiantil con técnicas avanzadas en el diseño estructural.
- Familiarizarse con las normas que rigen el diseño estructural en Colombia, con el fin de concebir estructuras resistentes en concreto reforzado y mampostería confinada.
- Fortalecer los conocimientos para el manejo de programas de computadora aplicados en el diseño estructural.

4 INFORMACIÓN GENERAL

4.1 TITULO DE LA PASANTÍA

Auxiliar de diseño estructural.

4.2 NOMBRE DEL PASANTE

Santiago López Piamba

4.3 ENTIDAD RECEPTORA



*Imagen 1 Logo empresarial.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

La empresa **HYC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S** es creada en la ciudad de Popayán con el fin de prestar los servicios de asesoría, consultoría, diseño y supervisión técnica de obras civiles a empresas, contratistas, ingenieros, arquitectos y personas naturales del país con el fin de consolidarse como una empresa líder en el mercado de prestación de servicios profesionales en el campo de la ingeniería civil, la empresa cuenta con diversidad de clientes entre los cuales están, la Caja De Compensación Familiar Del Cauca (COMFACAUCA), Constructora



inmobiliaria Adriana Rivera, Sustentark, Hábitat inmuebles, Entre otros, la compañía también desarrollo múltiples proyectos dentro de los cuales están, el Diseño estructural Edificio Solárium, ubicado en la Cl. 46 N No. 6-18 Popayán, con un área 14000 mts², edificio de diez pisos y dos sótanos, el Diseño estructural Concesionario y centro de servicio Mazda ubicado en la Cra 9 No. 16 N-35 Popayán, con un área de 980 mts² bodega en estructura metálica de cerchas no dúctiles y columnas en concreto reforzado, la Evaluación Estructural de la cimentación del edificio Mundo mujer ubicado en Cra. 11 No. 5-56, Popayán, entre otros proyectos desarrollados.

MISIÓN: Ofrecer servicios en los diversos campos de la ingeniería estructural a empresas públicas y privadas, apoyados en un equipo humano altamente calificado y comprometido con la satisfacción de nuestros clientes.

VISIÓN: consolidarse como una empresa líder en prestación de servicios profesionales del ámbito de la Ingeniería Civil y expandir la cobertura a nivel nacional para el año 2025.

4.4 SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO

La práctica profesional se desarrolló la mayor parte del tiempo en la oficina de la empresa ubicada en el barrio El Recuerdo sobre la Carrera 7A # 7N – 66.

4.5 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

- Ingeniero Manuel Alejandro Ceballos.



4.6 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

- Ingeniero Yordi Gómez Moncayo.

4.7 DURACIÓN

La práctica profesional inicio el día 26 de septiembre del año 2019 y se da por terminada el 21 de enero del año 2020, cumpliendo con lo acordado en el anteproyecto a fin de lograr las 576 horas requeridas por la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

4.8 RECURSOS UTILIZADOS

La empresa proporcionó todos los elementos necesarios para llevar a cabo la práctica, los cuales se describen a continuación.

- ❖ Procesador automático de datos con software de diseño licenciados, como lo son: CYPECAD, CYPE 3D, ETABS, AutoCAD, ARQUIMET, EXCEL.
- ❖ Normas técnicas: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)
- ❖ Elementos de papelería.



4.9 METODOLOGÍA

La práctica se desarrolló en un horario de trabajo de tiempo completo.

La metodología utilizada se describe a continuación:

1. Información de entrada: se realiza una revisión de la información entregada por el propietario del proyecto, constituida principalmente por los planos arquitectónicos y el estudio de suelos
2. Modelación
 - a. Establecer el sistema estructural más adecuado para la obra.
 - b. Ajustar el modelo a la geometría planteada arquitectónicamente.
 - c. Definir los materiales a usarse.
 - d. Calcular las cargas actuantes sobre la estructura.
 - e. Definir los parámetros sísmicos.
 - f. Realizar la modelación de la estructura. Para la estructura principal y la cimentación se usa el software de diseño Cype y para las cubiertas el software Arquimet. En algunos casos se hace uso de los programas de análisis estructural desarrollados por el ingeniero Juan Manuel Mosquera de la Universidad del Cauca para realizar chequeos en sistemas de muros en mampostería.
3. Diseño de elementos estructurales: se efectúa el diseño y chequeo de los elementos estructurales con los softwares ya mencionados y apoyado en hojas de Excel y Mathcad que facilitan los cálculos que se deben realizar en el proceso de diseño.



4. Elaboración de planos estructurales: se hace uso del software AutoCAD para realizar los planos estructurales. En estos planos adicionales a la información estructural debe incluirse una sección para la firma del ingeniero a cargo del estudio de suelos que apruebe el diseño de la cimentación y otra sección con las especificaciones de construcción.
5. Conformación de la memoria de cálculo: en este documento deben estar expuestos los cálculos e información necesaria para realizar el diseño de la estructura.

4.10 PROYECTOS REALIZADOS

1. Diseño estructural de tanques de almacenamiento de agua y foso de ascensor del edificio de jardines de paz ubicado en Cra 11 No. 15N-97 en el municipio de Popayán.
2. Diseño estructural Casa torres gallego ubicada en la parcelación ciudad verde en el área rural del municipio de Popayán.
3. Visita para peritaje estructural Cra 11 entre calles 4^{ta} y 5^{ta} por la intervención de la vía para la adecuación del sistema estratégico de transporte público (SETP) en el municipio de Popayán.



5 EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y FOSO DE ASCENSOR.

5.1.1 Información de Entrada

Para iniciar el diseño estructural de estos elementos que hacen parte del conjunto de la edificación de la sala de velación de jardines de paz se cuenta inicialmente con el estudio de suelos elaborado por la empresa ESTUDIO DE SUELOS LTDA, debido a su localización en la zona urbana del municipio de Popayán toman todas las consideraciones establecidas en la NSR-10 para determinar los parámetros y características que se deben tener en cuenta en el estudio geotécnico, en base a los resultados de dicho estudio se tiene un suelo tipo D, según la tabla A.2.4-1 de la NSR-10, para suelo tipo D la velocidad de onda (v_s) está en el rango de $360 \text{ m/s} > v_s > 180 \text{ m/s}$, la capacidad portante del suelo es de $9 \text{ Ton/m}^2 = 0.09 \text{ Mpa}$ la cual según el estudio se calcula con un factor de seguridad de tres de acuerdo al título H de la NSR-10 contra una falla por esfuerzo cortante.

Para la determinación de los parámetros sísmicos nos basamos en el título A de la NSR-10, por la ubicación del proyecto en el municipio de Popayán según el mapa de la figura A.2.3-1 de la NSR-10 está ubicado en una zona de amenaza sísmica alta, para el parámetro de aceleración pico efectiva (A_a) nos apoyamos en mapa de la figura A.2.3-2 de la NSR-10, ubicándonos en la región 5 correspondiente al valor de $A_a = 0.25$, para el parámetro de velocidad horizontal pico efectiva (A_v) nos apoyamos en el mapa de la figura A.2.3-3 de la NSR-10, ubicándonos en la región 4 correspondiente al valor de $A_v = 0.20$, para el coeficiente de importancia

según lo estipulado en el numeral A.2.5.1.4 de la NSR-10, se clasifica en el grupo de uso I como estructura de ocupación normal dando un valor de $I = 1.0$, para los parámetros que afectan la aceleración en la zona de periodos cortos e intermedios debido a la composición de su suelo, se verá afectada según las tablas A.2.4-4 y A.2.4-4 dando los siguientes valores correspondientes $F_a = 1.35$ y $F_v = 2.0$.

A continuación, se presenta un esquema del foso de ascensor con un área de 4.6 m^2 , y para los tanques de almacenamiento con un área de 18.1 m^2 y un volumen de 44.2 m^3 .

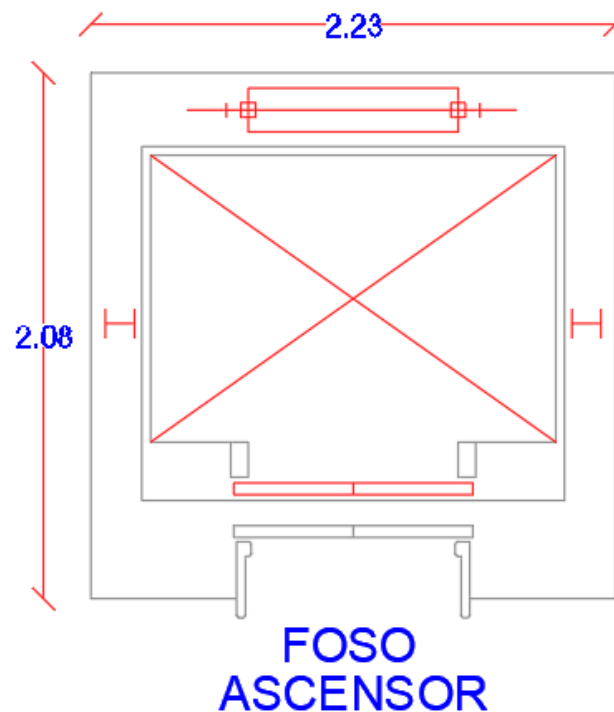


Imagen 2 Foso ascensor.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

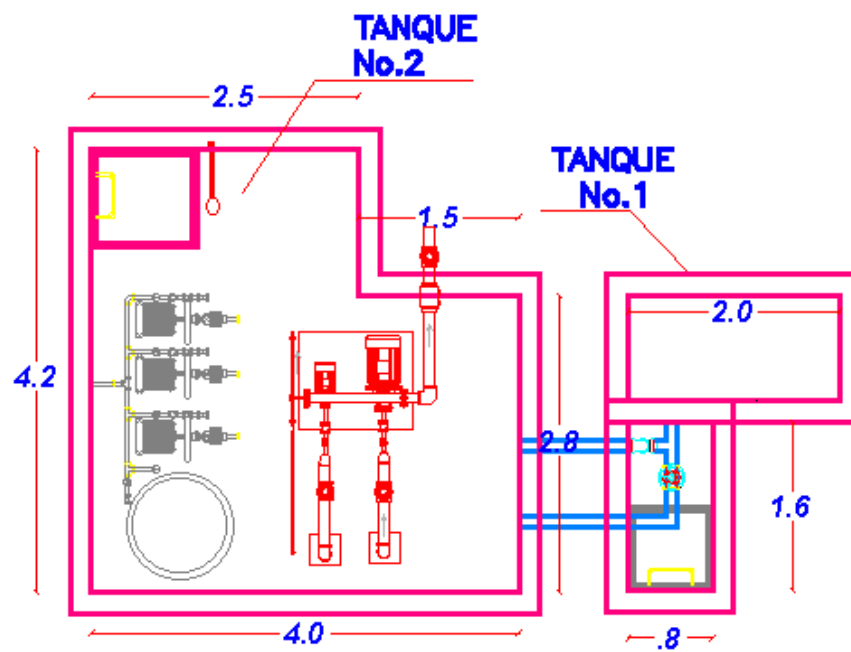


Imagen 3 Tanque almacenamiento de agua.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



5.1.2 Modelación

Para iniciar la modelacion el primer paso a realizar es definir el tipo de sistema estructural, para el foso de ascensor se definen muros en concreto reforzado con una resistencia de 21 Mpa, para el tanque de almacenamiento de agua, tambien se considera el sistema de muros en concreto reforzado. Como la estructura va a estar en contacto con el agua la resistencia del concreto debe ser de 28 Mpa, en la tabla A.3-1 de la NSR-10, podemos encontrar la capacidad de disipacion de energia y el coeficiente de disipacion de energia basico según el sistema estructural y la zona de ubicación del proyecto, que en este caso seria el siguiente: capacidad especial de disipacion de energia (*DES*), por su ubicación en zona de amenaza sismica alta, dando como resultado un coeficiente de disipacion de energia basico $R_0 = 5.0$, el acero de refuerzo para ambas estructuras tendra una resistencia de 420 Mpa, en resumen:

	Area (m2)	Altura (m)	$f'c$ (Mpa)	Fy (Mpa)	vol (m3)
Tanque No.1	3.23	3.9	28	420	7.1
Tanque No.2	14.83	2.5	28	420	37.1
Foso Ascensor	4.6	1.5	21	420	no

Tabla 1 Propiedades de los elementos.

Nota: Las cargas introducidas en el software CYPECAD no incluyen el peso propio ya que el programa las calcula por defecto.

Para el cálculo de las cargas se tendrá en cuenta las consideraciones que están estipuladas en el titulo B de la NSR-10, para las cargas del foso de ascensor se considera una carga viva de mantenimiento de 0.60 KN/m², suponiendo el peso promedio de una persona, en cuanto los tanques de almacenamiento de agua también se considerara una carga viva de mantenimiento de 0.60 KN/m², en cuanto a la carga viva debido al agua



en los tanques, para el No. 1 con altura de 3.90 m se considera una carga de 34.5 KN/m^2 y para el No.2 con altura de 2.50 m una carga de 20.5 KN/m^2 , debido a que el peso del agua es de 10 KN/m^3 , se tiene en cuenta que el cálculo de estas cargas es en base a la altura interna del tanque de 3.45 m y 2.05 m respectivamente, en resumen:

ESTRUCTURA	LIVE KN/m2			Empuje KN/m2
	Mantenimiento	Peso del agua	Total	
Tanque No.1	0.6	34.5	35.1	69
Tanque No.2	0.6	20.5	21.1	44.3
Foso ascensor	0.6	NO	0.6	NO

Tabla 2 Cargas.

No existen cargas de viento ya que estas estructuras se encuentran dentro de la edificación, para los tanques adicional a estas cargas se debe tener en cuenta el empuje lateral de suelos ya que estos irán enterrados, (literal B.5.1 de la NSR-10), el valor del empuje de suelos para cada estructura se presenta en la tabla No.2. Es importante nombrar que las combinaciones de diseño utilizadas (combinaciones básicas B.2.4.2 de la NSR-10), están previamente configuradas en el software.

A continuación, se expresa cálculos apoyados en mathcad, de las presiones de suelo y el agua en los muros de los tanques, el foso de ascensor está a nivel del suelo. En el estudio de suelos se estipula el coeficiente de presión de suelos en reposo para diseño que corresponde a una presión lateral, ya que esta situación representa de la mejor manera el caso de diseño a tratar, los coeficientes de presión activos o en reposo corresponden a situaciones donde existe una relajación en la masa de suelo que lo permite moverse hacia afuera del espacio que limitaba con la tensión del mismo y en el estado pasivo ocurre cuando la masa de suelo está sometida a una fuerza externa que lleva al suelo a la tensión límite

de confinamiento.

$$\begin{aligned}\phi &:= 17 \\ \gamma_{\text{Suelo}} &:= 17.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \\ K_a &:= \tan\left(45^\circ - \left(\frac{\phi}{2}\right)^\circ\right)^2 \\ K_a &= 0.548 \\ K_p &:= \tan\left(45^\circ + \left(\frac{\phi}{2}\right)^\circ\right)^2 \\ K_p &= 1.826 \\ K_r &:= 1 - \sin(\phi^\circ) \\ K_r &= 0.708\end{aligned}$$

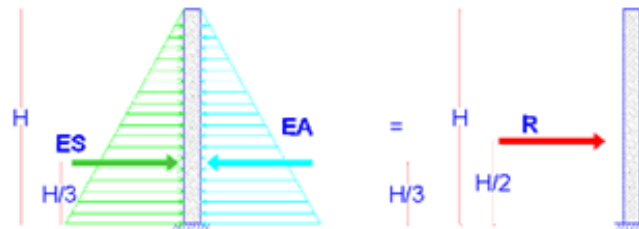


Imagen 4 Diagrama de empujes y coeficientes de presión de suelo.
Fuente: Mathcad.

· A continuación se expresan los valores de empujes, resultantes y valores de sollicitaciones para el diseño de los muros de los tanques No. 1 y No. 2.

· Para el tanque No. 1:

Para el tanque No. 2:

$$\begin{aligned}H1 &:= 3.9 \text{ m} & H2 &:= 2.5 \text{ m} \\ ES1 &:= \frac{K_r \cdot H1^2 \cdot \gamma_{\text{Suelo}}}{2} \cdot 1 \text{ m} & ES2 &:= \frac{K_r \cdot H2^2 \cdot \gamma_{\text{Suelo}}}{2} \cdot 1 \text{ m} \\ ES1 &= 95.253 \text{ kN} & ES2 &= 39.141 \text{ kN} \\ \gamma_{\text{Agua}} &:= 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & EA2 &:= \gamma_{\text{Agua}} \cdot H2 \cdot (1 \text{ m})^2 \\ EA1 &:= \gamma_{\text{Agua}} \cdot H1 \cdot (1 \text{ m})^2 & EA2 &= 25 \text{ kN} \\ EA1 &= 39 \text{ kN} & R2 &:= ES2 - EA2 \\ R1 &:= ES1 - EA1 & R2 &= 14.141 \text{ kN} \\ R1 &= 56.253 \text{ kN} & M2 &:= R2 \cdot \frac{H2}{2} \\ M1 &:= R1 \cdot \frac{H1}{2} & M2 &= 17.676 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M1 &= 109.693 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

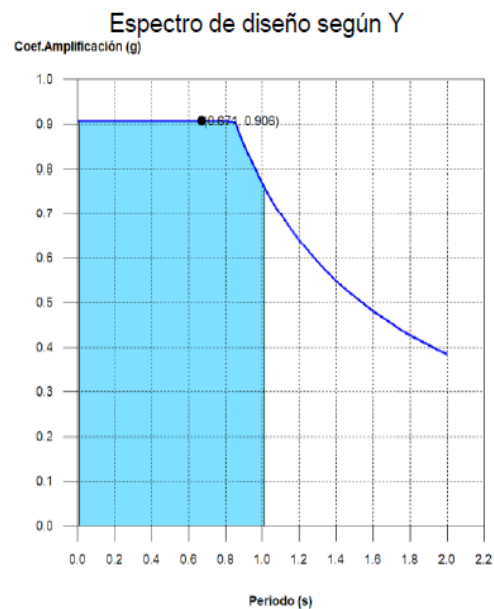
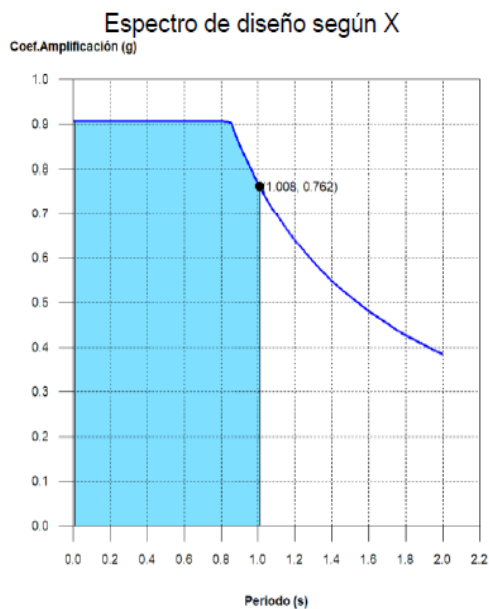
Imagen 5 Empujes y sollicitaciones de los muros de tanques.
Fuente: Mathcad.



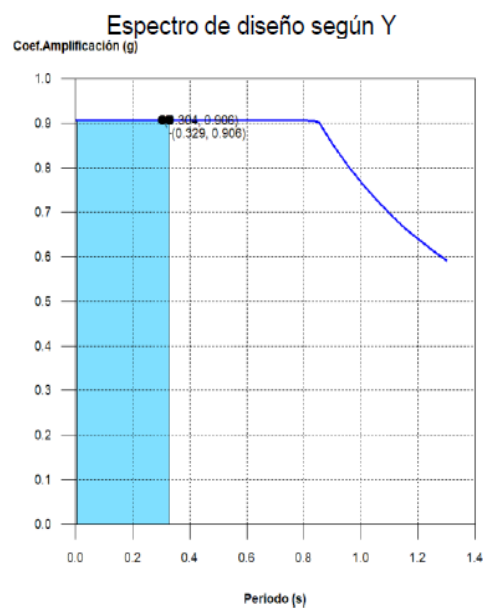
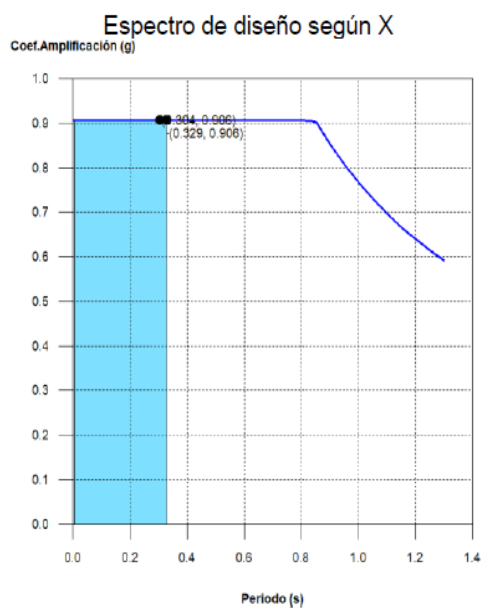
5.1.3 Diseño de elementos estructurales

Para iniciar con un diseño preliminar, se siguen las sugerencias y recomendaciones del ingeniero a cargo de la oficina, con lo cual se inicia considerando un espesor de muros para el foso de ascensor de 0.20 m y para los tanques de almacenamiento de agua un espesor de 0.30 m con estos datos iniciamos creando una plantilla para poder introducirla en el programa de CYPECAD de ambas estructuras en AUTOCAD a continuación se deben introducir todos los parámetros sísmicos como por ejemplo los coeficientes de aceleración y velocidad pico efectiva, los coeficientes de disipación de energía etc. Se asignan las cargas de acuerdo al análisis previo de ambas estructuras, adicionalmente para los tanques con el valor de peso unitario húmedo hacemos las consideraciones del empuje lateral del suelo en la modelación, después de esto el programa utiliza el método de diseño denominado análisis dinámico elástico espectral, este análisis es un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal.

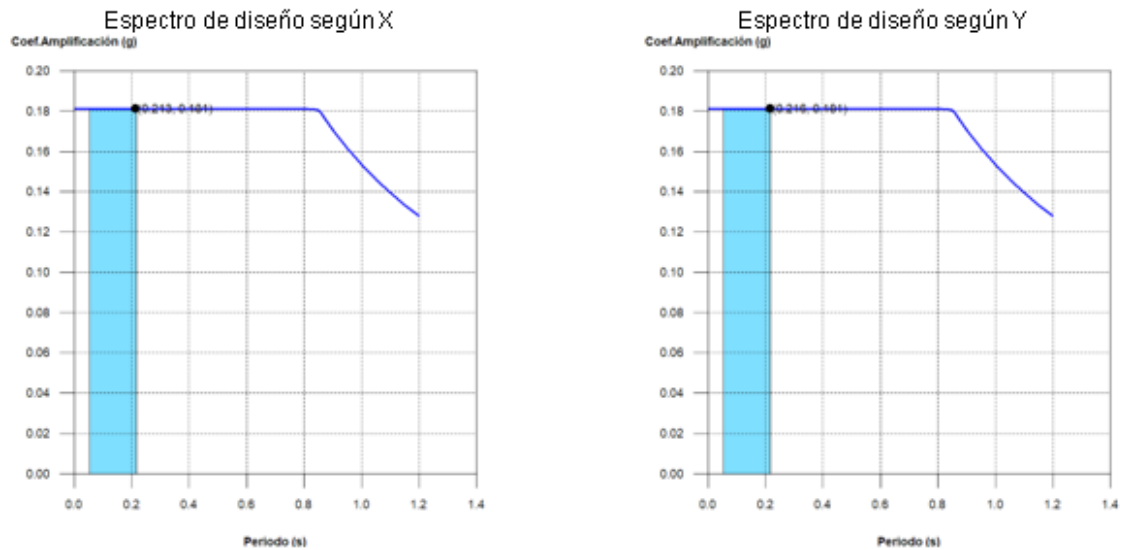
CYPECAD calcula la respuesta dinámica máxima de cada modo de vibración utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al periodo de vibración del modo, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de las estructuras al ser sometidas a una excitación que varía en el tiempo, de esta manera se obtuvieron los siguientes espectros de diseño elástico:



*Imagen 6 Tanque No.1 espectro de diseño.
 Fuente: CYPECAD*



*Imagen 7 Tanque No.2 espectro de diseño.
 Fuente: CYPECAD*



*Imagen 8 Foso de ascensor espectro de diseño.
Fuente: CYPECAD*

Nota: Los valores de periodos correspondientes a los tanques al ser estructuras enterradas son cercanos a cero.

La Verificación del cortante basal se hace cuando el valor cortante dinámico total en la base (Vd), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80% del cortante basal sísmico estático (Vs), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 * (Vs/Vd)$.

Ya que no se cumple con la condición en el caso del tanque No.1 se hace la corrección, en los casos del tanque No.2 y el foso de ascensor no es necesario.



ESTRUCTURA	Vd (KN)	Vs (KN)
Tanque No.1	127.7	176.6
Tanque No.2	375.6	218.9
Foso Ascensor	12.4	7.3

Tabla 3 Cortantes estáticos y dinámicos.

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 96.587 kN \geq 141.254 kN	1.46
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 127.694 kN \geq 141.254 kN	1.11

Tabla 4 Tanque No.1 hipótesis sísmica.
Fuente: CYPECAD

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 365.128 kN \geq 175.147 kN	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 375.633 kN \geq 175.147 kN	N.P.

Tabla 5 Tanque No.2 hipótesis sísmica.
Fuente: CYPECAD

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 12.360 kN \geq 5.879 kN	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 11.669 kN \geq 5.879 kN	N.P.

Tabla 6 Foso de ascensor hipótesis sísmica.
Fuente: CYPECAD



Los valores que se muestran en las siguientes tablas están ajustados por el factor de modificación calculado para el tanque No.1

Hipótesis sísmicas:

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (kN)	$V_{d,x}$ (kN)
Sismo X1	Modo 1	92.059	96.587
	Modo 2	24.604	
	Modo 3	0.000	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (kN)	$V_{d,y}$ (kN)
Sismo Y1	Modo 1	17.907	127.694
	Modo 2	125.452	
	Modo 3	0.000	

*Tabla 7 Tanque No.1 hipótesis sísmica.
Fuente: CYPECAD*

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (kN)	$V_{d,x}$ (kN)
Sismo X1	Modo 1	197.789	365.128
	Modo 2	208.307	
	Modo 3	0.000	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (kN)	$V_{d,y}$ (kN)
Sismo Y1	Modo 1	172.552	375.633
	Modo 2	243.816	
	Modo 3	0.000	

*Tabla 8 Tanque No.2 hipótesis sísmica.
Fuente: CYPECAD*

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V _x (kN)	V _{d,x} (kN)
Sismo X1	Modo 1	0.000	12.360
	Modo 2	12.360	
	Modo 3	0.000	

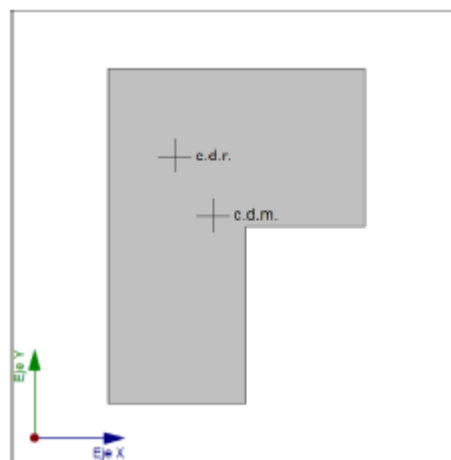
Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V _y (kN)	V _{d,y} (kN)
Sismo Y1	Modo 1	11.669	11.669
	Modo 2	0.000	
	Modo 3	0.000	

*Tabla 9 Foso ascensor hipótesis sísmica
Fuente: CYPECAD*

Centros de masa y rigidez:

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
N +3.60	(6.03, 1.83)	(5.65, 2.41)	0.39	-0.59

*Tabla 10 Tanque No.1 c.d.m y c.d.r.
Fuente: CYPECAD*



*Imagen 9 Tanque No.1 c.d.m y c.d.r.
Fuente: CYPECAD*

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
N + 2.20	(2.09, 2.16)	(1.88, 1.91)	0.21	0.25

Tabla 11 Tanque No.2 c.d.m y c.d.r.
 Fuente: CYPECAD

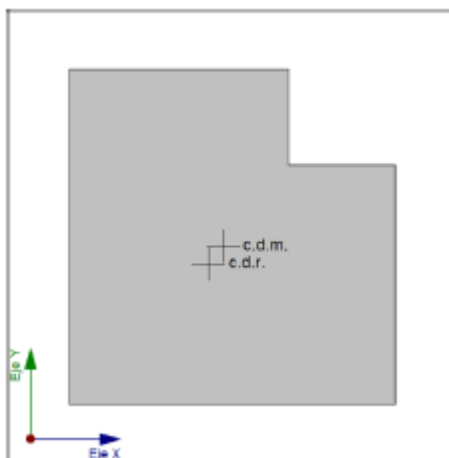


Imagen 10 Tanque No.2 c.d.m y c.d.r.
 Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
N + 1.30	(1.35, 1.28)	(1.35, 1.28)	0.00	0.00

Tabla 12 Foso ascensor c.d.m y c.d.r.
 Fuente: CYPECAD

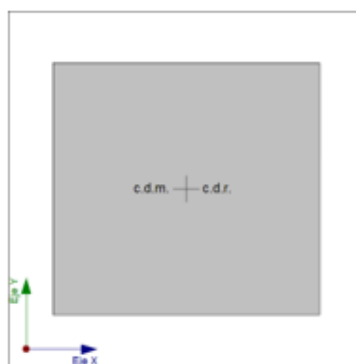


Imagen 11 Foso ascensor c.d.m y c.d.r.
 Fuente: CYPECAD



El control de derivas exigido en la norma se muestra a continuación, se observa que los valores no exceden el máximo permitido en el literal A.6.4-1 de la NSR-10.

Situaciones sísmicas									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
M1	N+3.60	3.90	3.90	0.0246	h / 158	----	0.0157	h / 248	----
	N+0.00	0.00							
	Total		3.90	0.0246	h / 158	----	0.0157	h / 248	----

Tabla 13 Tanque No.1 deriva máxima.
Fuente: CYPECAD

Situaciones sísmicas									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
M1	N+2.20	2.50	2.50	0.0208	h / 121	----	0.0205	h / 122	----
	N+0.00	0.00							
	Total		2.50	0.0208	h / 121	----	0.0205	h / 122	----

Tabla 14 Tanque No.2 deriva máxima
Fuente: CYPECAD

Situaciones sísmicas									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
M1	N+1.30	1.50	1.50	0.0034	h / 441	----	0.0034	h / 441	----
	N+0.00	0.00							
	Total		1.50	0.0034	h / 441	----	0.0034	h / 441	----

Tabla 15 Foso ascensor deriva máxima
Fuente: CYPECAD



ESTRUCTURA	DERIVA CALCULADA (m)	DERIVA MAXIMA (m)	CUMPLE
TANQE No.1	0.0246	0.039	OK
TANQUE No.2	0.0208	0.025	OK
FOSO ASCENSOR	0.0034	0.015	OK

Tabla 16 Cumplimiento deriva.

Una vez ejecutado el programa nos da un acero inicial para los muros de contención en las siguientes tablas se resume el armado de los muros y se muestra un muro tipo de cada estructura:

Muro M3: Longitud: 230 cm [Nudo inicial: 5.12;3.16 -> Nudo final: 7.42;3.16]											
Planta	Espesor (cm)	Armado vertical		Armado horizontal		Armado transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
N +3.60	30.0	#4c/20 cm	#4c/20 cm	#4c/20 cm	#4c/20 cm	---	---	---	---	100.0	---

Tabla 17 Tanque No.1 acero de refuerzo.
Fuente: CYPECAD

Muro M1: Longitud: 449.199 cm [Nudo inicial: 0.05;0.05 -> Nudo final: 0.05;4.54]											
Planta	Espesor (cm)	Armado vertical		Armado horizontal		Armado transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
N +2.20	30.0	#4c/20 cm	#4c/20 cm	#4c/20 cm	#4c/20 cm	---	---	---	---	100.0	---

Tabla 18 Tanque No.2 acero de refuerzo.
Fuente: CYPECAD

Muro M1: Longitud: 235 cm [Nudo inicial: 0.10;0.10 -> Nudo final: 0.10;2.45]					
Planta	Espesor (cm)	Armado vertical	Armado horizontal	F.C. (%)	Estado
N+1.30	20.0	#4c/20 cm	#4c/20 cm	100.0	---

Tabla 19 Foso de ascensor acero de refuerzo.
Fuente: CYPECAD

En la modelación se presenta una losa de cimentación de 35 cm para los tanques y de 20 cm para el foso de ascensor, para poder saber si la cimentación es la adecuada, para cumplir con la capacidad admisible del suelo, dado en el literal H.4.2.3 de la NSR-10, hacemos el chequeo utilizando el programa de CYPECAD con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

ESTRUCTURA	TENSIÓN MAXIMA	TENSIÓN ADMISIBLE	CUMPLE
TANQUE No.1	0.07	0.088	OK
TANQUE No.2	0.076	0.088	OK
FOSO ASCENSOR	0.016	0.088	OK

Tabla 20 Tensiones estructuras.

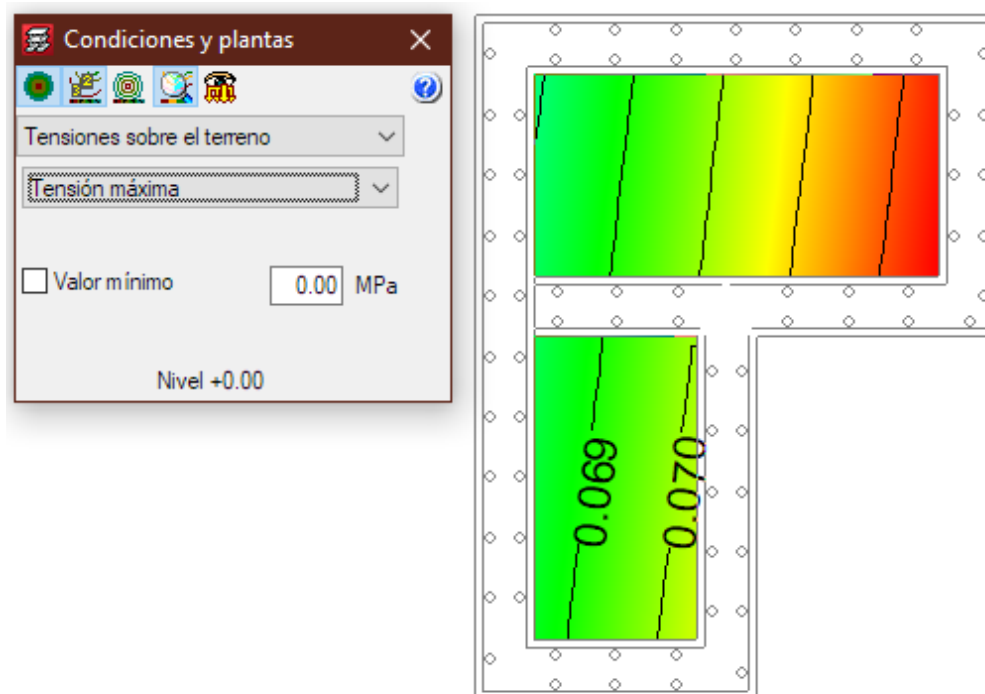


Imagen 12 Tanque No.1 tensiones admisibles.
Fuente: CYPECAD

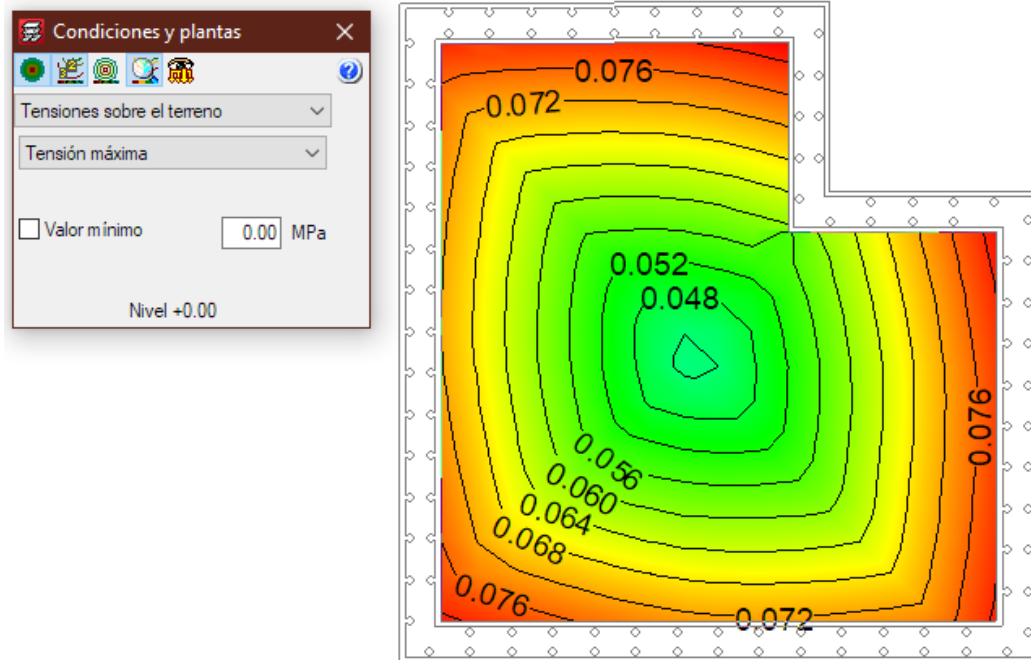


Imagen 13 Tanque No.2 tensiones admisibles.
Fuente: CYPECAD

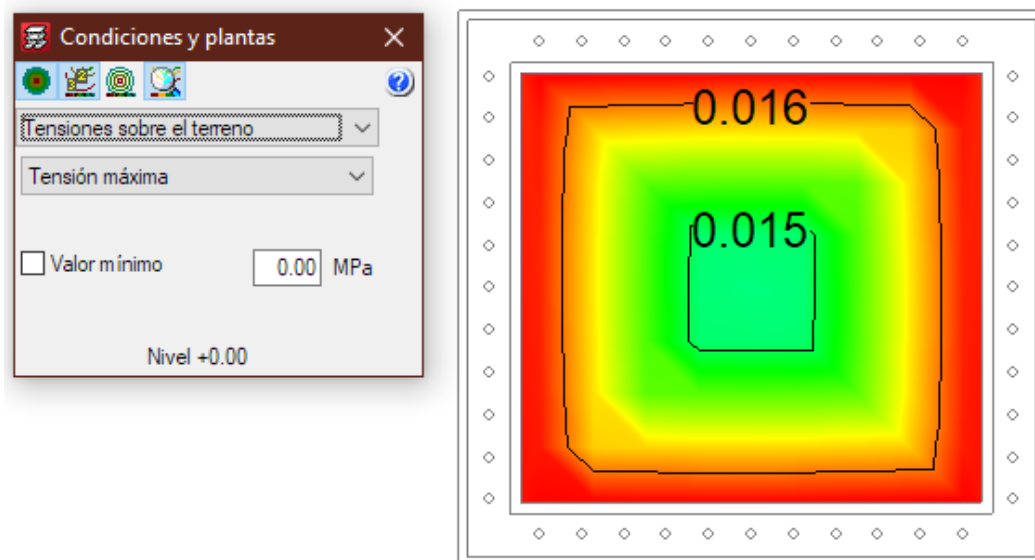


Imagen 14 Foso de ascensor tensiones admisibles.
Fuente: CYPECAD

Con esta comprobación, el siguiente paso a seguir es el de diseñar los elementos estructurales adicionales que conforman las estructuras analizadas, para el caso de los tanques se diseña una losa de cimentación y una tapa, mientras que para el foso de ascensor se diseña únicamente la losa de cimentación, para el cálculo de los momentos y cortantes sobre los elementos nos apoyaremos en el software CYPECAD, para el cálculo de las cuantías de acero de losas se hace uso de una hoja de Excel suministrada por la empresa.

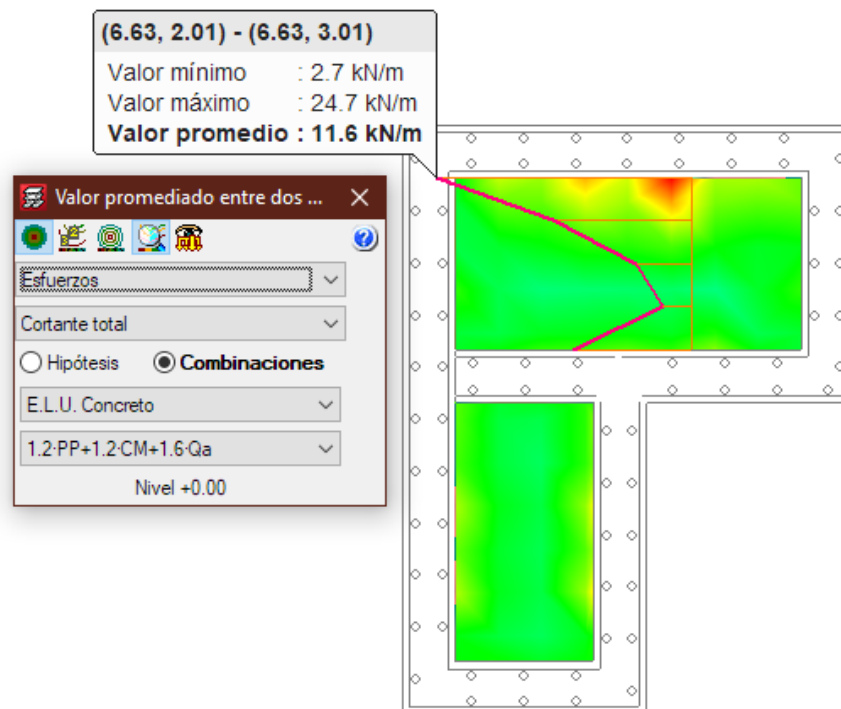


Imagen 15 Tanque No.1 cortante.
Fuente: CYPECAD

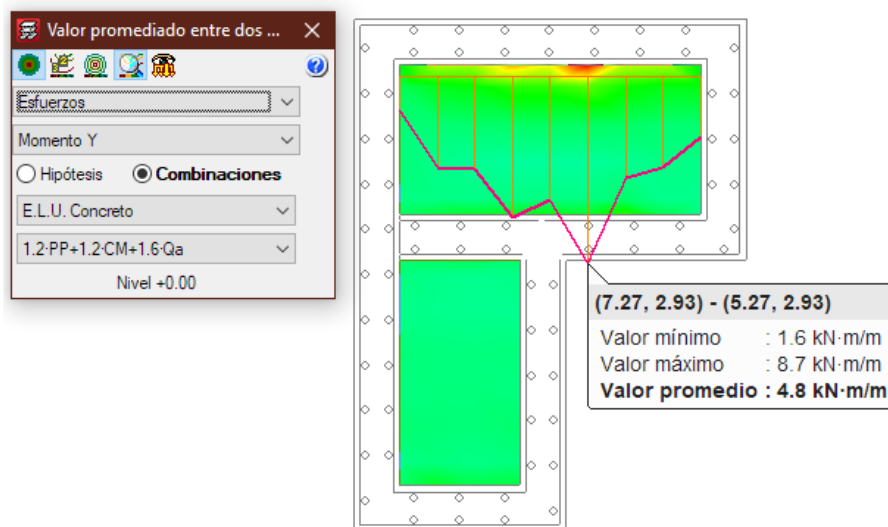


Imagen 16 Tanque No.1 momento.
Fuente: CYPECAD

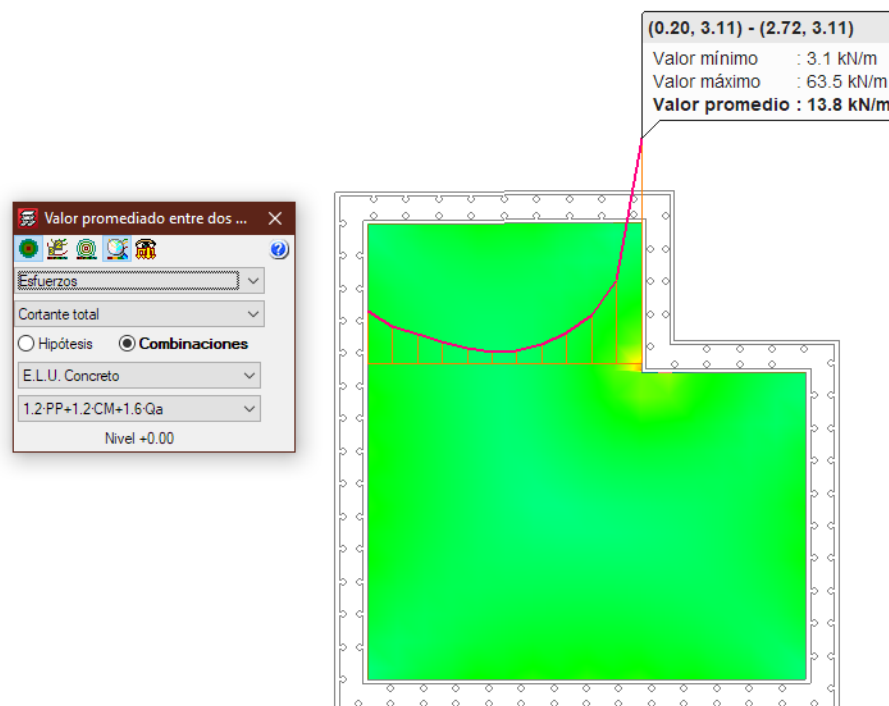


Imagen 17 Tanque No.2 cortante.
Fuente: CYPECAD

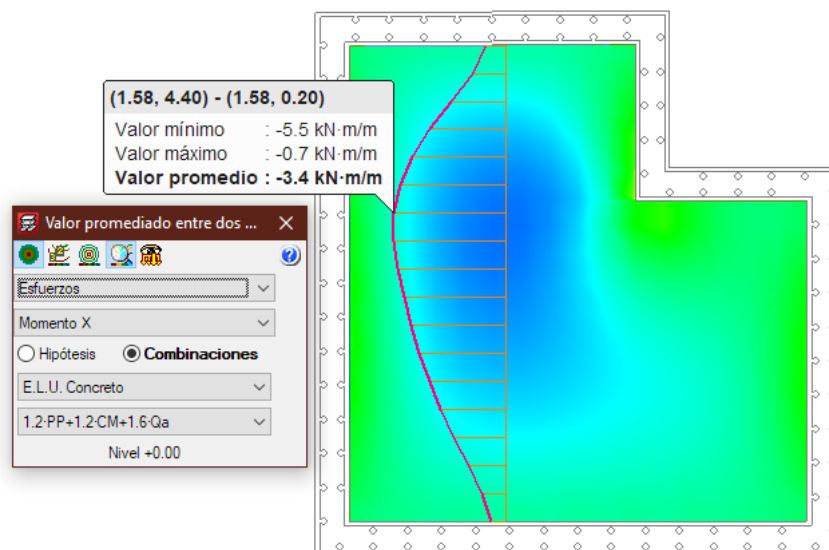


Imagen 18 Tanque No.2 momento.
Fuente: CYPECAD

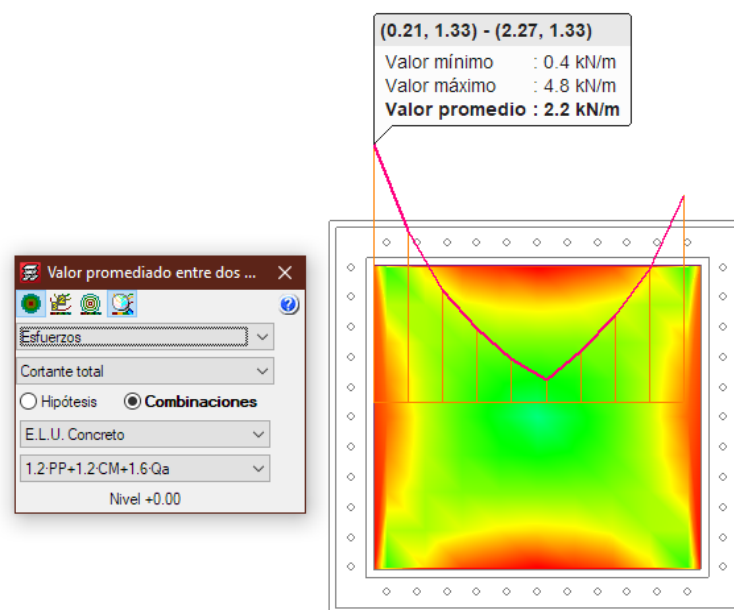


Imagen 19 Foso ascensor cortante.
Fuente: CYPECAD

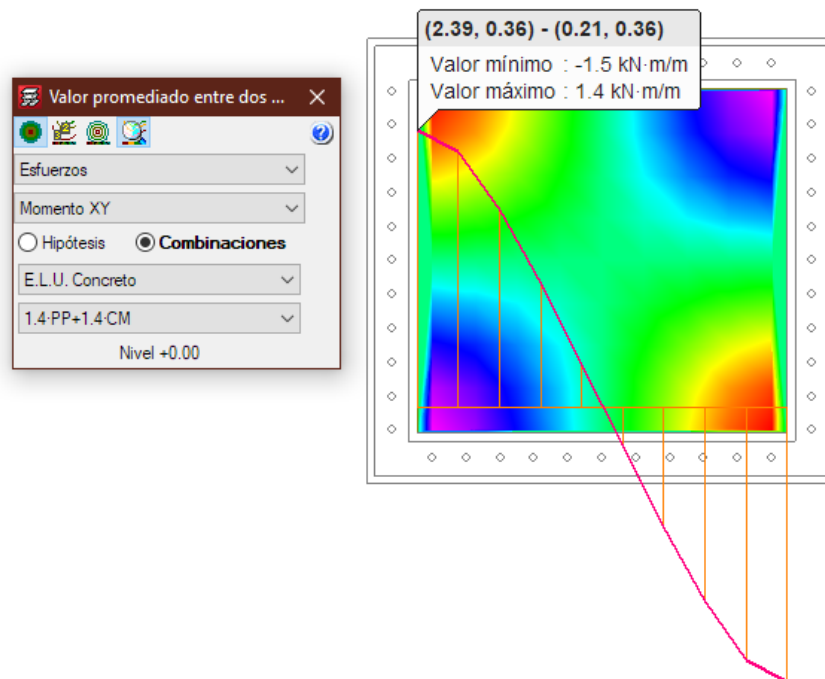


Imagen 20 Foso ascensor momento.
Fuente: CYPECAD

Para realizar el diseño de la losas de cimentación se toma una franja de 1 metro de ancho para el diseño, y se analiza como una viga de dimensiones $b = 1\text{ m}$, y la altura h igual al espesor de la losa, entonces para el tanque No.1 tenemos $b = 1\text{ m}$ y $h = 0.35\text{ m}$ y unas solicitaciones de cortante $V = 24.7\text{ KN}$ y momento de $M = 8.7\text{ KN.m}$, para el cálculo de la cuantía de acero longitudinal se usa acero #4 cada 0.20 m localizado en forma de doble parrilla con lo cual el área de acero corresponde a 10 barras #4, $A_s = 12.7\text{ cm}^2$, se procede a verificar si esta cuantía cumple por resistencia.

$$r = 0.075\text{ m}$$

$$\emptyset\#4 = 0.0127\text{ m}$$

$$d = h - rec - \emptyset\text{estribo} - \frac{\emptyset\text{barra}}{2}$$

$$d = 0.35 - 0.075 - 0.0127 - \frac{0.0127}{2}$$



$$d = 0.26 \text{ m}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 28 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 12.7 \text{ cm}^2$$

$$\theta Mn = 0.90 * f_y * A_s * \left[d - \frac{A_s * f_y}{2 * 0.85 * f'_c * b} \right]$$

$$\theta Mn = 0.90 * 420 * 12.7 * 10^{-1} \left[0.25559 - \frac{12.7 * 10^3 * 420}{2 * 0.85 * 28 * 1} \right]$$

$$\theta Mn = 123.6 \text{ KN.m}$$

$$\theta Mn > M_u \rightarrow \text{ok.}$$

$$\rho b = \frac{0.85 * f'_c * 0.85}{f_y} * \left(\frac{0.003}{0.003 + \epsilon_y} \right)$$

$$\rho_{Max} = \left(\frac{0.003}{\epsilon_t + 0.003} \right) * \rho b$$

$$\rho_{max} = 0.01355$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d$$

$$A_{s_{max}} = 36.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = 0.0033 * 100 * 26$$

$$A_{s_{min}} = 8.58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} < A_{s_{sumin}} < A_{s_{max}}$$

Así usamos 10 barras #4 de esta manera el área de acero suministrada será:

$$A_{s_{sum}} = 12.7 \text{ cm}^2$$

Para cumplir con el diseño a cortante se tiene lo siguiente:

$$V_c = \frac{1}{6} * \sqrt{f'_c} * b * d = \frac{1}{6} * \sqrt{28} * 1 * 0.26 * 10^3$$

$$V_c = 229.3 \text{ KN}$$

$$V_c > V_u$$



El concreto puede tomar todo el cortante, con lo cual se coloca el mismo acero transversalmente. De esta manera se compran los resultados dados con la hoja de Excel anteriormente mencionada, a continuación, se dan las tablas de diseño de las estructuras:

Diseño Losa											
Vu max= 24.70 KN		Mu max= 8.70 KN-m		Materiales							
Dimensiones				f _c	Kg/cm ²	280					
Ancho	cm	100		F _y	Kg/cm ²	4200					
Altura	cm	35.0		d	cm	26.87					
Recubrimiento	cm	7.5		As Min	cm ²	8.96					
				As Max	cm ²	67.16					
				As T°	cm ²	6.30					
	# Barra	c 0. ?	As cm²	As Min	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.24	2.64	0.03	0.90	123.59	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE		Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante					
		0.75	247.38	185.53	24.70	OK Espesor					

Tabla 21 Tanque No.1 Diseño por resistencia de losa.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Diseño Losa											
Vu max= 63.50 KN		Mu max= 5.50 KN-m		Materiales							
Dimensiones				f _c	Kg/cm ²	280					
Ancho	cm	100		F _y	Kg/cm ²	4200					
Altura	cm	35.0		d	cm	26.87					
Recubrimiento	cm	7.5		As Min	cm ²	8.96					
				As Max	cm ²	67.16					
				As T°	cm ²	6.30					
	# Barra	c 0. ?	As cm²	As Min	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.24	2.64	0.03	0.90	123.59	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE		Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante					
		0.75	247.38	185.53	63.50	OK Espesor					

Tabla 22 Tanque No.2 diseño por resistencia de losa.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



Diseño Losa

	Vu max=	4.80	KN								
	Mu max=	1.50	KN-m								
				Materiales							
				fc	Kg/cm2	210					
				Fy	Kg/cm2	4200					
				d	cm	26.87					
				As Min	cm2	8.96					
				As Max	cm2	67.16					
				As T°	cm2	6.30					
				Dimensiones							
				Ancho	cm	100					
				Altura	cm	35.0					
				Recubrimiento	cm	7.5					
	# Barra	c 0. ? M	As cm2	As Mín	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.99	3.52	0.02	0.90	121.80	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE											
		Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante					
		0.75	214.24	160.68	4.80	OK Espesor					

*Tabla 23 Fosos de ascensor diseño por resistencia de losa.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

Para los muros de los elementos se hace una comprobación apoyándonos en una hoja de Excel, con los valores de solicitaciones a flexión y cortante suministrados por el análisis realizado por el programa CYPE, como se muestra a continuación.

ESTRUCTURA	CORTANTE (KN)	MOMENTO (KN.m)	
TANQUE N.º 1	144.2	16.78	Datos suministrados por las comprobaciones de CYPE.
TANQUE N.º 2	110.56	21.28	
FOSO ASCENSOR	16.81	25.22	

Tabla 24 Solicitaciones en los elementos.



Diseño Muros

Vu max= 144.20 KN		Mu max= 16.78 KN-m		Materiales							
Dimensiones		f _c	Kg/cm ²	280							
Ancho	cm	F _y	Kg/cm ²	4200							
Altura	cm	d	cm	21.87							
Recubrimiento	cm	As Min	cm ²	7.29							
		As Max	cm ²	54.66							
		As T°	cm ²	5.40							
	# Barra	c 0. ? M	As cm²	As Mín	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.24	2.64	0.02	0.90	99.59	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE		Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante					
		0.75	202.40	151.80	144.20	OK Espesor					

Tabla 25 Tanque No.1 Diseño por resistencia de muros.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Diseño Muros

Vu max= 110.56 KN		Mu max= 21.28 KN-m		Materiales							
Dimensiones		f _c	Kg/cm ²	280							
Ancho	cm	F _y	Kg/cm ²	4200							
Altura	cm	d	cm	21.87							
Recubrimiento	cm	As Min	cm ²	7.29							
		As Max	cm ²	54.66							
		As T°	cm ²	5.40							
	# Barra	c 0. ? M	As cm²	As Mín	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.24	2.64	0.02	0.90	99.59	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE		Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante					
		0.75	202.40	151.80	110.56	OK Espesor					

Tabla 26 Tanque No.2 Diseño por resistencia de muros.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



Diseño Muros

	Vu max=	16.81	KN								
	Mu max=	14.31	KN-m								
				Materiales							
				fc	Kg/cm2	210					
				Fy	Kg/cm2	4200					
				d	cm	21.87					
				As Min	cm2	7.29					
				As Max	cm2	54.66					
				As T°	cm2	5.40					
				Dimensiones							
		Ancho	cm	100							
		Altura	cm	30.0							
		Recubrimiento	cm	7.5							
	# Barra	c 0. ? M	As cm2	As Mín	a	c	Et	Ø	Mr (KN-m)	Chequeo As	As Max
As requerido	4	0.200	12.70	12.70	2.99	3.52	0.02	0.90	97.79	OK As	OK
As Temperatura	4	0.200	12.70	12.70							OK
CORTANTE											
	Ø =	Vc (kN)	Ø Vc (kN)	Vu	Chequeo Cortante						
	0.75	175.28	131.46	16.81	OK Espesor						

*Tabla 27 Foso ascensor Diseño por resistencia de muros.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

Planos estructurales

Para la elaboración de los planos estructurales se usa el software de dibujo AUTOCAD de uso común en el ámbito ingenieril, procurando hacer cortes en perfil para suministrar de manera más precisa la información para que el constructor se le facilite la interpretación de estos, también es indispensable manejar una notación adecuada y suministrando la información de manera ordenada como son los espaciamientos de los aceros los diámetros de estos las especificaciones técnicas etc. A continuación, se muestran algunos detalles de los planos estructurales:

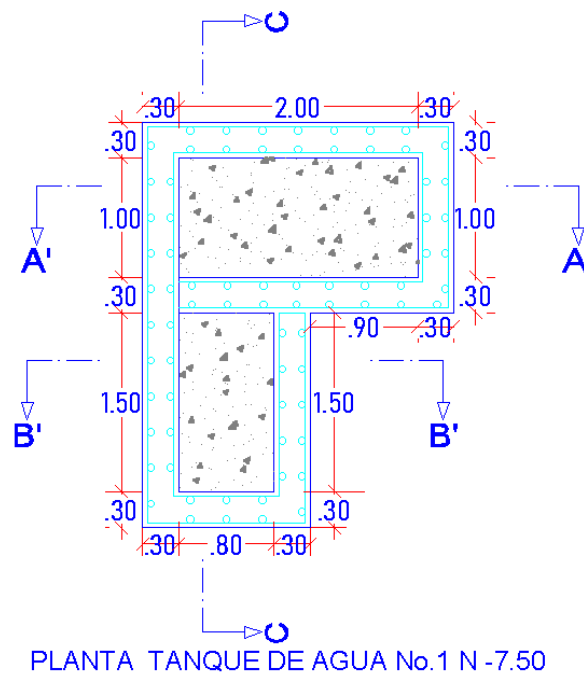


Imagen 21 Tanque No.1 planta.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

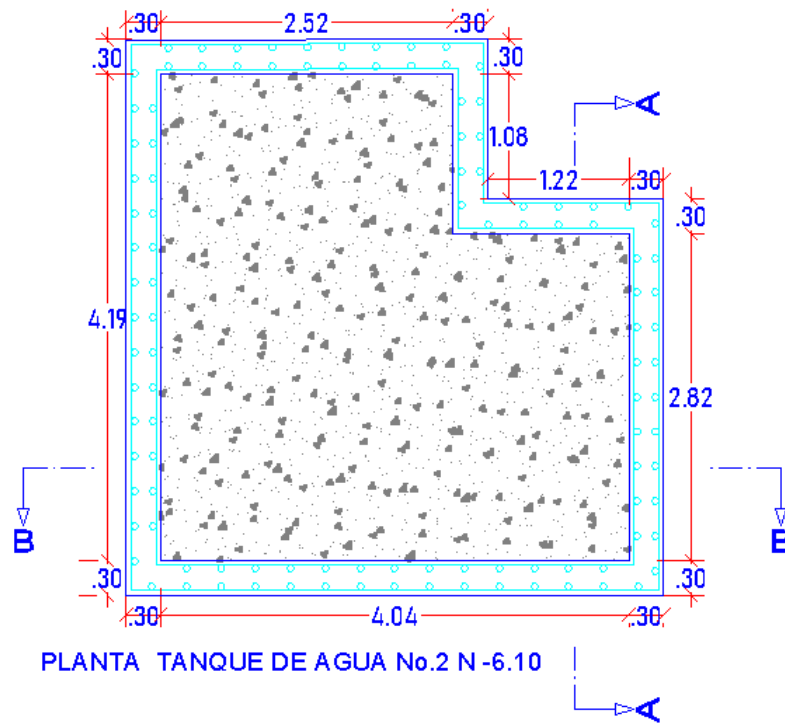


Imagen 22 Tanque No.2 planta.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

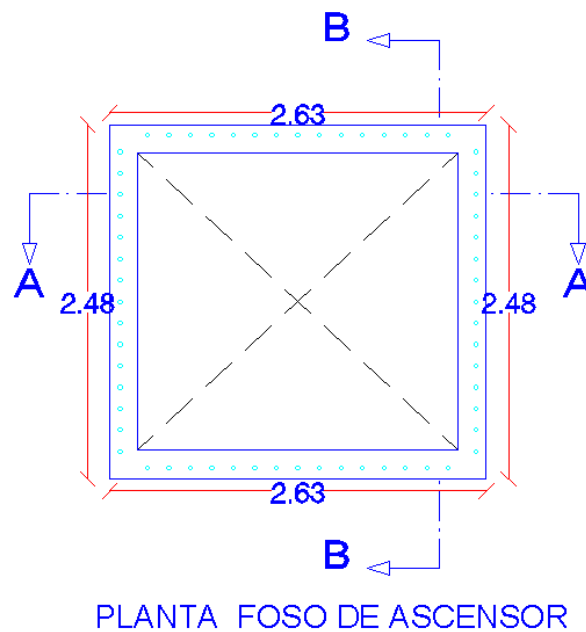


Imagen 23 Foso ascensor planta.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

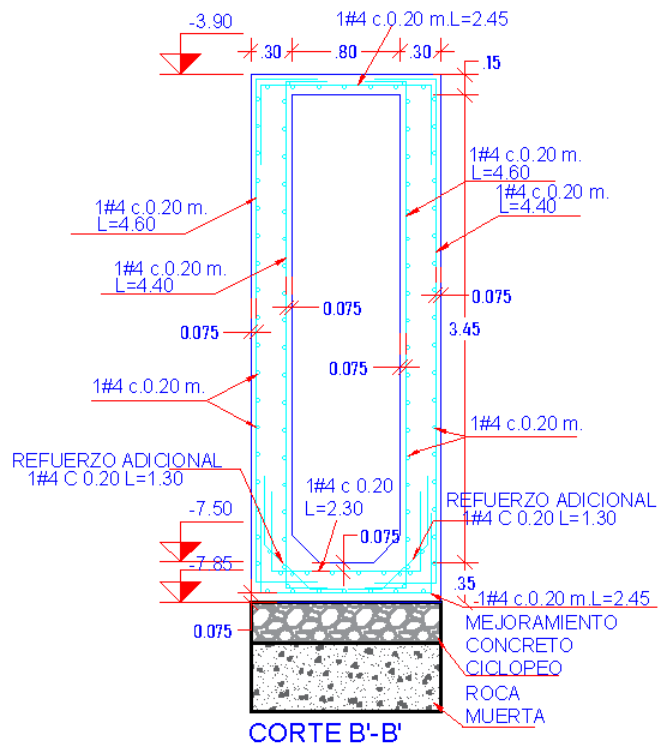


Imagen 24 Tanque No.1 corte.
 Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

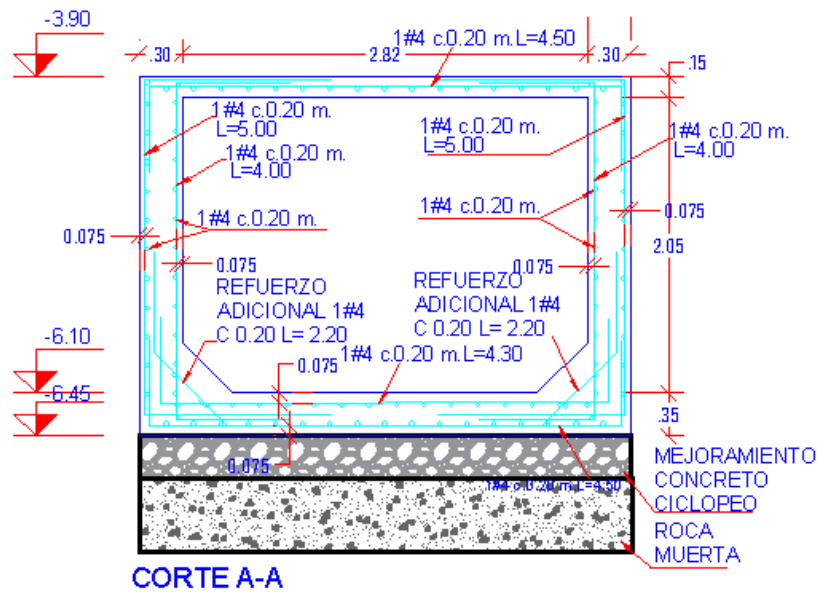
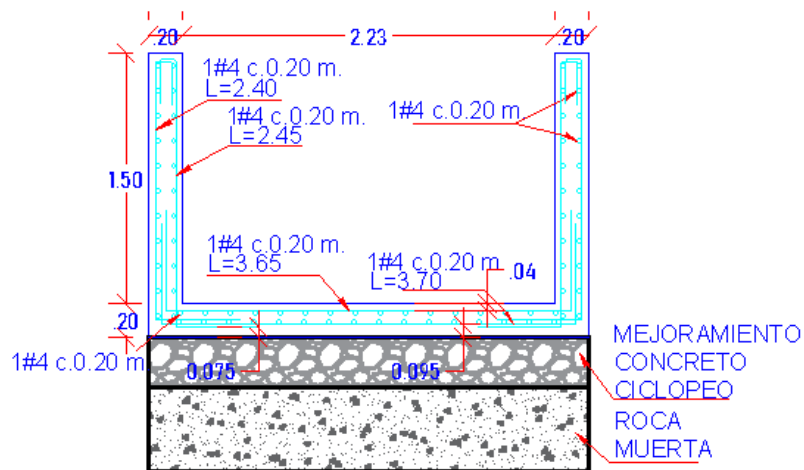


Imagen 25 Tanque No.2 corte
 Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



CORTE A-A

Imagen 26 Foso ascensor corte.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

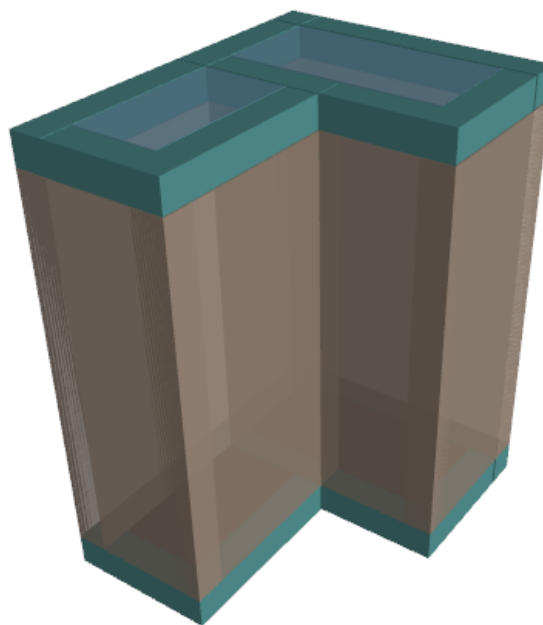


Imagen 27 modelo 3D tanque No.1
Fuente: CYPECAD

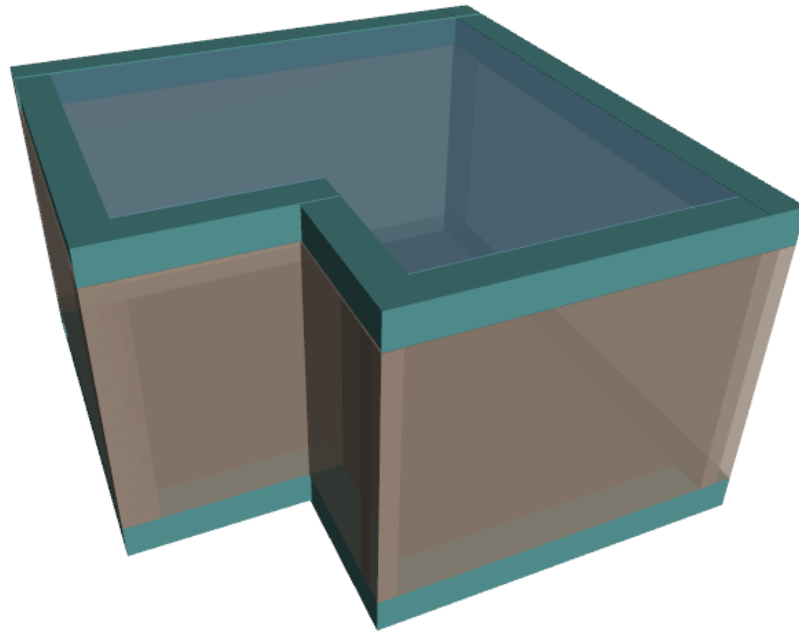


Imagen 28 modelo 3D tanque No.2
Fuente: CYPECAD

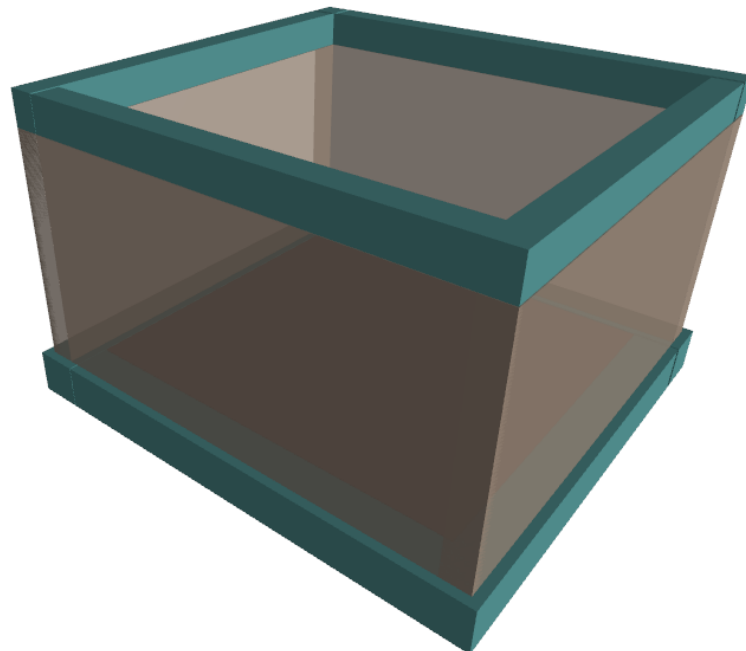


Imagen 29 modelo 3D foso de ascensor
Fuente: CYPECAD



5.2 DISEÑO ESTRUCTURAL CASA TORRES GALLEGO

5.2.1 Información de Entrada

Para iniciar el diseño estructural de la edificación en mención se cuenta con los diseños arquitectónicos de la vivienda la cual se localiza en la parcelación ciudad verde zona rural del municipio de Popayán, vía a los cementerios del norte, la edificación cuenta con una área de 384.10 m^2 distribuida así: hall de ingreso, sala de estar y de televisión, cocina, comedor, terraza, patio de ropas, baño social, alcoba principal, alcoba de servicio y dos alcobas secundarias, estudio y balcón, consta de un solo piso, debido a las características de la obra el sistema estructural es mampostería confinada, mientras que la cubierta se propone diseñarse en madera, se cuenta con información de estudios de suelos definiendo un suelo tipo D, el cual cumple con el criterio de velocidad de onda (v_s) en el rango de $360 \text{ m/s} > v_s > 180 \text{ m/s}$ estipulado en la tabla del literal A.2.4-1, siendo este un valor típico en los suelos de Popayán, para determinar los parámetros sísmicos nos apoyamos en el título A de la NSR-10, según la localización del proyecto en la ciudad de Popayán en el mapa de la figura A.2.3-1 se encuentra en zona de amenaza sísmica alta correspondiente al valor de aceleración pico efectiva de $A_a = 0.25$, en el mapa de la figura A.2.3-2 podemos ubicar el proyecto en la región 4 con lo cual el valor de la velocidad horizontal pico efectiva es de $A_v = 0.20$, para el valor del coeficiente de importancia al ser una edificación de uso residencial clasifica en el grupo de uso I con lo cual tomo el valor de $I = 1.0$, según lo estipulado en el numeral A.2.5.1.4, para el cálculo del coeficiente de capacidad de disipación de energía (R) según lo estipulado en la tabla A.3-1 para el sistema de mampostería confinada el coeficiente básico de disipación de energía $R_0 = 2.0$ al ser una estructura de un solo piso el valor del coeficiente de irregularidad en altura toma el valor de $\phi_a = 1.0$,

en cuanto a las irregularidades en planta se presenta la denominada retroceso en las esquinas con lo cual el valor de este coeficiente tome el valor de $\phi_p = 0.9$, el valor del coeficiente por ausencia de redundancia toma un valor de $\phi_r = 1.0$ ya que el sistema estructural no se estipula en los enunciados en el literal A.3.3.8.2 con esto tendremos un coeficiente de disipación de energía conformado por la siguiente expresión $R = \phi_a * \phi_p * \phi_r * R_0$ estipulada en el literal A.3.3.3 dando un valor de $R = 1.0 * 0.9 * 1.0 * 2 = 1.8$, se estipulan los materiales a utilizar en el sistema estructural con lo cual para la unidad de mampostería se tendrá una resistencia con un valor de $f'_{cu} = 15 \text{ Mpa}$, el mortero de pega una resistencia de $f'_{cp} = 17.5 \text{ Mpa}$, la mampostería una resistencia de $f'_m = 7.35 \text{ Mpa}$, el concreto una resistencia de $f'_c = 21 \text{ Mpa}$ y el acero de refuerzo una resistencia de $f_y = 420 \text{ Mpa}$.

RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MAMPOSTERÍA.

D.3.7.5 — VALOR DE f'_m BASADO EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES — Cuando f'_m no se seleccione mediante ensayos de muretes preliminares o históricos, su valor puede determinarse con base en una correlación apropiada de la calidad de los materiales empleados. En ausencia de tal correlación, el valor de f'_m , se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$R_m = \left(\frac{2h}{75 + 3h} \right) f'_{cu} + \left(\frac{50k_p}{75 + 3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8 f'_{cu} \quad (\text{D.3.7-1})$$

$$f'_m = 0.75 R_m \quad (\text{D.3.7-2})$$

R_m: Parametro definido por la ecuacion D.3.7-1.

h: Altura de la unidad de mamposteria (mm).

f'cu: Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre su área neta (Mpa).

f'cp: Resistencia especificada a la compresión del mortero e pega (Mpa).

K_p: Factor de corrección por absorcion de la mampostería (adimensional).

f'm: Resistencia a la compresión de la mampostería (Mpa).

E_m: Módulo de elasticidad de la mampostería (Mpa).

Imagen 30 Parámetros de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad de la mampostería.

Fuente: Mathcad.

Tabla D.3.4-1
Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción

Mortero tipo	Especificación de los morteros por propiedad ⁽¹⁾			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la Compresión f'_{cp} MPa ⁽²⁾	Flujo en (%) ⁽²⁾	Retención Mínima de Agua	Cemento Portland	Cal hidratada ⁽⁴⁾	Cemento para Mampostería ⁽⁷⁾	Arena/Material Cementante ⁽⁸⁾	
							Min.	Máx.
H	22.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.00	2.5
M	17.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.25	3.0
				1	no aplica	1	2.25	2.5
S	12.5	110-120	75%	1	0.25 a 0.50	no aplica	2.50	3.5
				0.5	no aplica	1	2.50	3.0
N ⁽⁶⁾	7.5	105-115	75%	1	0.50 a 1.25	no aplica	3.00	4.5
				0	no aplica	1	3.00	4.0

$$h := 60 \text{ mm}$$

$$f'_{cu} := 15 \text{ MPa}$$

$$f'_{cp} := 17.5 \text{ MPa}$$

$$Kp := 0.8$$

Tabla D.10.3-1
Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada

Tipo de unidad	f'_{cm} (MPa)
Tolete de arcilla	15
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de concreto o de arcilla (sobre área neta)	5

Imagen 31 Clasificación mortero de pega y resistencia de la unidad de mampostería.

Fuente: Mathcad.

$$Rm := \left(\frac{2 \cdot h}{75 \text{ mm} + 3 \cdot h} \right) \cdot f'_{cu} + \left(\frac{50 \text{ mm} \cdot Kp}{75 \text{ mm} + 3 \cdot h} \right) \cdot f'_{cp}$$

$$Rm = 9.804 \text{ MPa}$$

$$f'_m := (0.75 \cdot Rm) = 7.353 \text{ MPa}$$

$$f'_m = 7.353 \text{ MPa}$$

$$Em := 750 \cdot f'_m$$

$$Em = 5515 \text{ MPa}$$

Para mampostería en concreto

$$E_m = 900f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

Para mampostería en arcilla

$$E_m = 750f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

Imagen 32 Cálculo resistencia a la compresión y módulo de elasticidad de la mampostería.

Fuente: Mathcad.



5.2.2 Modelación

Para la modelación del proyecto se establecen los anchos de muros (0.15m) y la unidad de mampostería (tolete), en base a los planos arquitectónicos se referencian y se establece la longitud de los muros según el eje de ubicación de estos (X, Y) como resultado se tienen 31 muros en dirección X y 36 muros en dirección Y, se debe tener en cuenta que sean continuos en cada piso, como se estipula en el literal D.10.3.1, en este caso se consideran todos ya que la estructura solo consta de un piso, después de este proceso se procede a ubicar las columnetas de confinamiento en los muros propuestos por el arquitecto teniendo en consideración D.10.5.3 con lo cual se deben ubicar en todos los extremos de los muros y en sus intersecciones, así como separadas entre sí en lugares intermedios cada 2.9 metros siendo el parámetro más conservador el cual la norma describe como la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento.

Para el cálculo de cargas tendremos en cuenta el título B de la NSR-10 y los datos que nos pueda suministrar los planos arquitectónicos y el uso de la edificación, con lo que se tendrá en cuenta para el cálculo de cargas las siguientes consideraciones, teja española, cielo raso correas y tuberías para un total de carga muerta de $WD = 0.63 \text{ KN/m}^2$ haciendo uso de la tabla del literal B.3.4.1-4 de la NSR-10, para el valor de la carga viva se tendrá en cuenta que la pendiente de las aguas es del 35% con lo cual se considera un valor de $WL = 0.35 \text{ KN/m}^2$ según lo estipulado en la tabla B.4.2.1-2 de la NSR-10. Ya con estos datos procedemos a ingresarlos en el software desarrollado por el ingeniero Juan Manuel Mosquera que tiene en consideración las combinaciones básicas de diseño y el método de la fuerza horizontal equivalente y análisis modal para el cálculo de los efectos que llegan a los muros.



DESCRIPCION CARGAS MUERTAS		DESCRIPCION CARGA VIVAS	
ELEMENTO	CARGA KN/m^2	propuesta arquitectonica en tej española con pendiente de $35^\circ > 15^\circ$ con lo cual se tiene el valor de carga descrito:	CARGA KN/m^2
Teja española	0.2		0.35
Cielo raso	0.15		
Correas	0.08		
Tuberías	0.2		
TOTAL	0.63		

Tabla 28 Descripción cargas muertas.

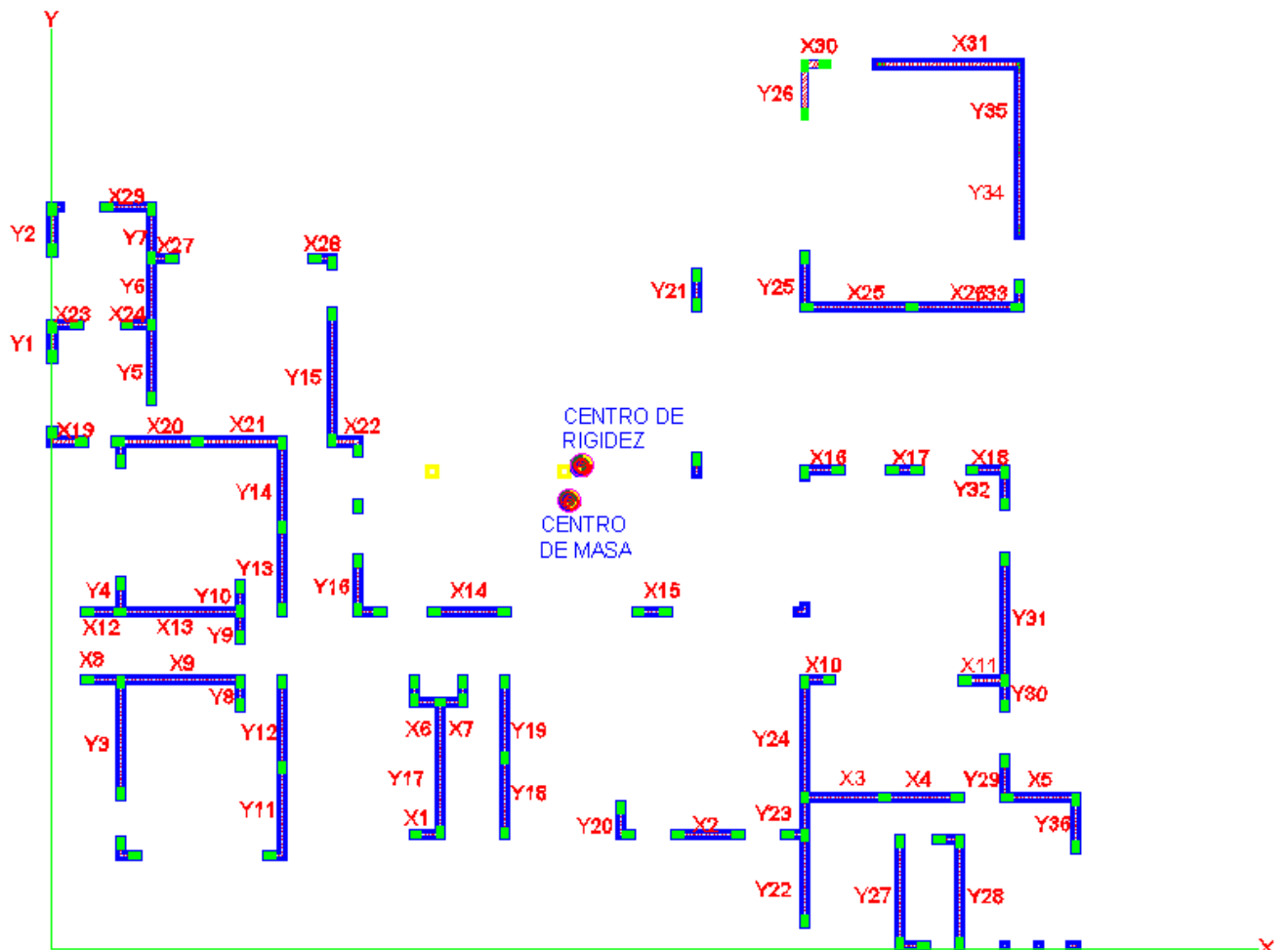


Imagen 33 Planta localización y referencia de muros.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



Después de la introducción de los datos anteriormente mencionados se puede obtener los resultados que se resumen en las coordenadas de los centros de masa y rigidez de la estructura las excentricidades naturales y accidentales los periodos de la estructura como también las rigideces, las derivas y los efectos cortantes en los muros, en la siguiente tabla se resumen los resultados:

Coordenada de masa X (m)	11.73	Rigidez en X (KN/m)	998084
Coordenada de masa Y (m)	10.14	Rigidez en Y (KN/m)	1542252
Coordenada de rigidez X (m)	12	Periodo (g)	0.16
Coordenada de rigidez Y (m)	10.93	Masa de la edificación (KN)	27.58
Excentricidad accidental X (m)	1.173	Cortante basal estatico (KN)	27.58
Excentricidad accidental Y (m)	1.013	Cortante basal dinamico (KN)	250
Excentricidad natural X (m)	-0.27	C.basal Modal > 80% C.basal Estatico--> ok.	
Excentricidad natural Y (m)	-0.79		

Tabla 29 Calculo de las fuerzas sísmicas.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Para los cálculos de diseño se tomará como referencia el muro No. X4, en la siguiente tabla se muestra en resumen las derivas y el valor de cortante que tomará dicho muro:

Muro	X4
Altura (m)	2.6
Cortante (KN)	11.17
Deriva (mm)	0.28
Longitud (m)	1.63

Tabla 30 Resultados muro X4.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Las derivas de la estructura oscilan entre (0.16-0.29) mm con lo cual cumple lo estipulado en la tabla A.6.4-1 que la restringe al 0.5% de la altura del piso, al tener una altura de muros de 2.6 m la deriva máxima permitida será de 13 mm ajustándose a las exigencias del código.



5.2.3 Diseño de elementos estructurales

Para el diseño de los muros de mampostería confinada de la estructura se debe cumplir con los requisitos expuestos en el literal D.10.3 donde la unidad de mampostería tipo tolete cumple con la misma ya que es permitida, el espesor mínimo del muro cumple, ya que la relación altura libre y su espesor tiene un valor de $\frac{h-libre}{Espesor} = \frac{2.6}{0.15} = 17.33 < 25$ cómo se estipula en el literal D.10.3.3, los muros en mampostería al son elementos de gran rigidez cuando las fuerzas son aplicadas en su plano y de baja rigidez y resistencia cuando se aplican de forma perpendicular al plano, es por esto que es de vital importancia cumplir con el chequeo de área mínima estipulado en el literal D.10.3.4, esto es para que la disposición de los muros sea de la forma más conveniente en dos direcciones ortogonales con lo cual se tiene que: $Am \geq \frac{N \cdot A_a \cdot A_p}{20} = \frac{1 \cdot 0.25 \cdot 384.1}{20} = 4.80$ --- $\rightarrow ok$.

N = Numero de niveles por encima del nivel considerado.

A_a = Coeficiente de aceleracion pico efectiva.

A_p = Area del piso en el nivel considerado.

Am = Area minima de muros, que actuan en la misma direccion. en planta, incluyendo columnetas de confinamiento.

$\geq \frac{N A_a A_p}{20}$	Cumple	PISO 1	N =	1	PISOS
4.80			Aa =	0.25	
			Ap =	384.1	m2

Tabla 31 Limite área mínima.



PISO 1			
Muros 1X	Longitud	Espesor	Área
#	(m)	(m)	(m2)
1	0.55	0.15	0.08
2	1.34	0.15	0.20
3	1.83	0.15	0.27
4	1.63	0.15	0.24
5	1.55	0.15	0.23
6	0.6	0.15	0.09
7	0.5	0.15	0.08
8	0.75	0.15	0.11
9	2.7	0.15	0.41
10	0.55	0.15	0.08
11	0.9	0.15	0.14
12	0.75	0.15	0.11
13	2.7	0.15	0.41
14	1.59	0.15	0.24
15	0.61	0.15	0.09
16	0.75	0.15	0.11
17	0.55	0.15	0.08
18	0.78	0.15	0.12
19	0.65	0.15	0.10
20	1.8	0.15	0.27
21	1.9	0.15	0.29
22	0.58	0.15	0.09
23	0.55	0.15	0.08
24	0.55	0.15	0.08
25	2.38	0.15	0.36
26	2.38	0.15	0.36
27	0.45	0.15	0.07
28	0.4	0.15	0.06
29	1	0.15	0.15
30	0.45	0.15	0.07
31	3.15	0.15	0.47
Am			5.53

Tabla 32 Áreas mínimas de muro en X.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



Muros 1Y	Longitud	Espesor	Área
#	(m)	(m)	(m2)
1	0.65	0.15	0.10
2	0.9	0.15	0.14
3	2.5	0.15	0.38
4	0.7	0.15	0.11
5	1.65	0.15	0.25
6	1.5	0.15	0.23
7	1.1	0.15	0.17
8	0.5	0.15	0.08
9	0.56	0.15	0.08
10	0.54	0.15	0.08
11	1.98	0.15	0.30
12	1.92	0.15	0.29
13	1.87	0.15	0.28
14	1.87	0.15	0.28
15	2.85	0.15	0.43
16	1.1	0.15	0.17
17	2.95	0.15	0.44
18	1.68	0.15	0.25
19	1.72	0.15	0.26
20	0.61	0.15	0.09
21	0.65	0.15	0.10
22	1.95	0.15	0.29
23	0.86	0.15	0.13
24	2.6	0.15	0.39
25	1.12	0.15	0.17
26	1.08	0.15	0.16
27	2.3	0.15	0.35
28	2.3	0.15	0.35
29	0.83	0.15	0.12
30	0.56	0.15	0.08
31	2.76	0.15	0.41
32	0.7	0.15	0.11
33	0.45	0.15	0.07
34	1.87	0.15	0.28
35	1.88	0.15	0.28
36	1.08	0.15	0.16
Am			7.82

Tabla 33 Áreas mínimas de muro en Y.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



Para encontrar la carga ultima (Pu), del muro X4 se considera el peso propio de este (Pp), la viga aérea de amarre (Pv) y la carga por ancho aferente de cubierta que pueda tomar el muro (Pc), de esta manera se tiene:

DISEÑO DE MURO EN MAMPOSTERÍA

$$e := 0.15 \text{ m}$$

$$h := 2.6 \text{ m}$$

$$l := 1.63 \text{ m}$$

$$Vm := 11.17 \text{ kN}$$

$$Mm := Vm \cdot h$$

$$Mm = 29.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\gamma Mamp := 18.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma Ccto := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$Pp := h \cdot e \cdot l \cdot \gamma Mamp \cdot 1.2$$

$$Pp = 14.11 \text{ kN}$$

- h = Altura de muro.
- e = Espesor de muro.
- l = Longitud de muro.
- b = Ancho de viga.
- h_v = Altura de viga.
- Aaf = Ancho aferente.
- Pp = Peso de muro.
- Pv = Peso de viga.
- Pcd = Peso muerto de cubierta.
- Pcl = Peso vivo de cubierta.
- Wcd = Carga muerta de cubierta distribuida.
- Wcl = Carga viva de cubierta distribuida.
- Pc = Peso de cubierta.
- Pu = Carga ultima.
- Mm = Momento del muro.
- Vm = Fuerza cortante de muro.
- Para encontrar la carga ultima en el muro (Pu), se considera el peso propio (Pp), la viga aérea de amarre (Pv) y la cubierta (Pc) considerando el ancho aferente correspondiente al muro.

Imagen 34 Variables para el cálculo de los pesos propios.
Fuente: Mathcad.



$$b := 0.15 \text{ m}$$

$$Aaf := 1.61 \text{ m}$$

$$hw := 0.25 \text{ m}$$

$$Wcd := 0.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Pv := b \cdot hw \cdot \gamma Ccto \cdot l \cdot 1.2$$

$$Wcl := 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Pv = 1.76 \text{ kN}$$

$$Pcd := Aaf \cdot Wcd \cdot l \cdot 1.2$$

$$Pcd = 1.98 \text{ kN}$$

$$Pcl := Aaf \cdot Wcl \cdot l \cdot 1.6$$

$$Pcl = 1.47 \text{ kN}$$

(a) Carga axial de compresión, con o sin flexión	$\phi = 0.65$
(b) Carga axial de tracción	$\phi = 0.85$
(c) Flexión sin carga axial	$\phi = 0.85$
(d) Cortante	$\phi = 0.50$

$$Pc := Pcd + Pcl$$

*Imagen 35 Pesos propios.
Fuente: Mathcad.*

$$Pc = 3.45 \text{ kN}$$

$$Pu := Pp + Pv + Pc$$

$$Pu = 19.33 \text{ kN}$$

*Imagen 36 Carga ultima.
Fuente: Mathcad.*

Para diseño a flexión consideramos el cortante afectado por el valor de **(R)** para calcular el momento de sollicitación:

$$R := 1.8$$

R = Coeficiente de disipación de energía.

$$Mu := \frac{Vm}{R} \cdot h$$

$$Mu = 16.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

*Imagen 37 Momento ultimo.
Fuente Mathcad.*

Se debe hacer un cálculo de reducción por esbeltez (R_e) ya que la resistencia de los muros estará afectada por este parámetro según lo estipulado en el literal D.5.5.2.

$$h' := 2.6 \text{ m}$$

$$t := 0.15 \text{ m}$$

$$\frac{h'}{t} = 17.333$$

$$Re := \begin{cases} \text{if } \frac{h'}{t} < 30 \\ \quad \begin{cases} Re \leftarrow 1 - \left(\frac{h'}{42 \cdot t} \right)^2 \\ \text{else} \\ Re \leftarrow \left(\frac{21 \cdot t}{h'} \right)^2 \end{cases} \end{cases}$$

$$Re = 0.83$$

- h' = Altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo.
- t = Espesor efectivo de la sección para evaluar efectos de pandeo.
- Re = Factor de reducción por esbeltez.
- As = Área de acero.
- Ase = Área de acero efectiva a tracción.
- a = Altura del bloque a compresión.
- d = Distancia de la fibra a compresión más alejada al centro del refuerzo.
- Fy = Resistencia a la fluencia del acero.
- $f'm$ = Resistencia a la compresión de la mampostería.

Imagen 38 Calculo de la relación de esbeltez.
Fuente: Mathcad.

Para el cálculo de la resistencia a flexión se toma como área de acero (A_s) 4 barras #3, para el cálculo del área efectiva de refuerzo a tracción (A_{se}) como también la dimensión del bloque equivalente a compresión (a) y la distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (d).

$$\begin{aligned}
 A_s &:= 285 \text{ mm}^2 & F_y &:= 420 \text{ MPa} & P_u &= 19.33 \text{ kN} \\
 A_{se} &:= \frac{A_s \cdot F_y + P_u}{F_y} & f'_m &:= 7.35 \text{ MPa} & h_{col} &:= 250 \text{ mm} \\
 A_{se} &= 331.02 \text{ mm}^2 & d &:= l - \frac{h_{col}}{2} & b_{col} &:= 250 \text{ mm} \\
 a &:= \frac{A_s \cdot F_y + P_u}{0.80 \cdot f'_m \cdot l} & d &= 1505 \text{ mm} & & \\
 a &= 14.51 \text{ mm} & M_n &:= A_{se} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) & M_n &= 208.23 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

Imagen 39 Resistencia a la flexión.
Fuente: Mathcad.

Así la resistencia a la flexión estará dada por la ecuación del literal D.5.7.2 de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \phi_{flex} &:= 0.85 \\
 \phi_{flex} M_n &:= \phi_{flex} \cdot M_n \cdot R_e \\
 \phi_{flex} M_n &= 146.85 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{Chequeo1} &:= \text{if } \phi_{flex} M_n > M_u \left| \begin{array}{l} \text{“Ok.”} \\ \text{else} \\ \text{“No cumple”} \end{array} \right. \\
 \text{Chequeo1} &= \text{“Ok.”}
 \end{aligned}$$

Imagen 40 Resistencia nominal a la flexión.
Fuente: Mathcad.

Para el diseño a cortante tomamos el valor encontrado en el análisis y lo afectamos el factor (**R**) con lo cual se tiene que:

$$V_u := \frac{V_m}{R}$$

$$V_u = 6.21 \text{ kN}$$

- **V_u** = Cortante ultimo de muro.
- **R** = Coeficiente de disipación de

*Imagen 41 Cortante ultimo.
Fuente: Mathcad.*

Para establecer la resistencia a cortante (ϕ_{vn}) del muro X4 se deben calcular los parámetros que componen dicha resistencia, como es el área efectiva a cortante (A_{mv}) que debe tener en cuenta los elementos de confinamiento según lo expresado en el literal D.5.4.1, como también la resistencia a compresión de la mampostería ($f'm$) con lo cual se tiene la siguiente expresión establecida en el literal D.5.7-7.

$$f'm := 7.35 \text{ MPa}$$

$$A_{mv} := (l + 2 \cdot b_{col}) \cdot e$$

$$A_{mv} = 0.32 \text{ m}^2$$

- **A_{mv}** = Área efectiva a cortante.

*Imagen 42 Área efectiva a cortante.
Fuente: Mathcad.*

Así la resistencia a cortante será:

$$\phi v = 0.5$$

$$\phi v V_{n1} := \phi v \cdot A_{mv} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot \sqrt{f'_m \cdot MPa} + \frac{P_u}{3 \cdot A_{mv}} \right) \quad \cdot \quad V_n = \text{Resistencia nominal a cortante de muro.}$$

$$\phi v V_{n1} = 39.312 \text{ kN}$$

$$\phi v V_{n2} := \phi v \cdot \frac{1}{6} \cdot A_{mv} \cdot \sqrt{f'_m \cdot MPa}$$

$$\phi v V_{n2} = 72.183 \text{ kN}$$

$$\phi v V_n := \begin{cases} \phi v V_{n1} & \text{if } \phi v V_{n1} < \phi v V_{n2} \\ \phi v V_{n2} & \text{else} \end{cases}$$

$$\phi v V_n = 39.312 \text{ kN}$$

*Imagen 43 Resistencia nominal a cortante.
Fuente: Mathcad.*

Para el sistema de la mampostería confinada como es este caso, se requiere de un chequeo por aplastamiento del paño de muro que está enmarcado por las viguetas y columnetas del sistema, para hacer cumplimiento de lo estipulado en el literal D.10.7.8 de la NSR-10, Para encontrar la sollicitación del muro (P_{ud}) se debe calcular también la longitud de la diagonal del paño de muro (h') entre los elementos de confinamiento para evaluar los efectos del pandeo, de esta manera se elabora el siguiente calculo:

$$h' := \sqrt{l^2 + h^2}$$

$$h' = 3.07 \text{ m}$$

$$lw := l$$

$$lw = 1.63 \text{ m}$$

$$Pud := \frac{h'}{lw} \cdot Vu$$

$$Pud = 11.68 \text{ kN}$$

- h' = Longitud de la diagonal del paño del muro.
- lw = Longitud horizontal total del muro, medida centro a centro de columnetas.
- lc = Distancia horizontal entre columnetas medida centro a centro.
- Pud = Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro.
- Amd = Área efectiva de la mampostería.
- Pnd = Fuerza axial resistente nominal a la compresión de la mampostería.

Imagen 44 Fuerza axial en la biela diagonal del muro.
Fuente: Mathcad.

Para el cálculo de la resistencia nominal al aplastamiento ($\phi_{Ap} * P_{nd}$) se hace uso de la formula estipulada en el literal D.10.7-3, pero con un cambio en su expresión con lo cual el área de la biela a compresión (A_{md}) es igual al ancho efectivo de la biela ($h'/5$) multiplicado por el espesor efectivo del muro (*Espesor*), de esta forma la expresión queda de la siguiente forma:

$$Amd := e \cdot \frac{h'}{5}$$

$$Amd = 0.092 \text{ m}^2$$

$$Pnd := 0.80 \cdot (0.80 f'm \cdot Amd) \cdot Re$$

$$Pnd = 359.3 \text{ kN}$$

$$\phi_{ap} := 0.65$$

$$\phi_{ap} \cdot Pnd = 233.54 \text{ kN}$$

$$\text{Chequeo2} := \begin{cases} \text{if } \phi_{ap} \cdot Pnd > Pud \\ \quad \text{“Ok.”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No Cumple”} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo2} = \text{“Ok.”}$$

- Amd = Área efectiva de la mampostería.
- Pnd = Fuerza axial resistente nominal a la compresión.

Imagen 45 Resistencia nominal al aplastamiento.
Fuente: Mathcad.

Los elementos de confinamiento reciben una fuerza de biela a compresión en las intersecciones de estos elementos (nudos), por lo tanto, se debe verificar que sean capaces de resistir como fuerza cortante (V_{uc}) la sollicitación se calcula según lo estipulado en el literal D.10.7-21 para columneta y el literal D10.7-22 para vigueta, de esta manera se obtiene los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 l_c &:= l & h_{vc} &:= 0.35 \text{ m} \\
 l_c &= 1.63 \text{ m} & A_{af_critico} &:= 3.25 \text{ m} \\
 h_p &:= h + \frac{h_v}{2} + \frac{h_{vc}}{2} & W_{um} &:= (1.2 \cdot W_{cd} + 1.6 \cdot W_{cl}) \cdot A_{af_critico} \\
 h_p &= 2.9 \text{ m} & W_{um} &= 4.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\
 & & L_{critica} &:= 4.9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Imagen 46 Dimensiones y cargas de los elementos.
Fuente: Mathcad.

$$\begin{aligned}
 V_{u_col} &:= \frac{l_c}{2 \cdot l_w} \cdot V_u & \cdot \text{hp} &= \text{Altura de piso localizado por encima del} \\
 V_{u_col} &= 3.1 \text{ kN} & \cdot \text{elemento bajo estudio, centro a centro entre} \\
 & & \cdot \text{viguetas de confinamiento.} \\
 V_{u_vig} &:= \frac{h_p}{2 \cdot l_w} \cdot V_u & \cdot \text{hvc} &= \text{Altura de viga de cimentación.} \\
 V_{u_vig} &= 5.52 \text{ kN} & \cdot \text{Wum} &= \text{Carga ultima distribuida de muro.} \\
 & & \cdot \text{Lcritica} &= \text{Longitud critica para encontrar la} \\
 & & \cdot \text{máxima sollicitación en las vigas de la edificación.} \\
 Mu_{vig} &:= \frac{W_{um} \cdot L_{critica}^2}{8} & \cdot \text{Vu_col} &= \text{Cortante ultimo columneta.} \\
 Mu_{vig} &= 12.84 \text{ kN}\cdot\text{m} & \cdot \text{Vu_vig} &= \text{Cortante ultimo de viga.} \\
 & & \cdot \text{Mu_col} &= \text{Momento ultimo de columneta.} \\
 & & \cdot \text{Mu_vig} &= \text{Momento ultimo de vigueta.} \\
 Mu_{col} &:= V_{u_col} \cdot h & \cdot \text{De esta manera se encuentran las} \\
 & & \cdot \text{solicitaciones de las viguetas y} \\
 Mu_{col} &= 8.07 \text{ kN}\cdot\text{m} & \cdot \text{columnetas, como lo son los valores} \\
 & & \cdot \text{de cortante ultimo y momento ultimo.}
 \end{aligned}$$

Imagen 47 Sollicitaciones en los elementos.
Fuente: Mathcad.



Para el diseño por resistencia de estos elementos se debe calcular según los requerimientos del título C de la NSR-10 con lo cual se hace el diseño de estos elementos por resistencia, es importante saber que viga se debe analizar es por este motivo que se chequea el diseño para la viga más crítica y se diseña la resistencia a flexión.

$$A_{s-estribo} = \text{Area de acero a cortante.}$$

$$A_{s-barras} = \text{Area de acero a flexion.}$$

$$r = \text{Recubrimiento.}$$

$$\phi_{est} = \text{Diametro del estribo.}$$

$$\phi_{bar} = \text{Diametro del acero longitudinal.}$$

$$Rec := 4 \text{ cm}$$

$$f'c := 21 \text{ MPa}$$

$$\phi_{Est} := 0.64 \text{ cm}$$

$$\phi_{Bar} := 1.27 \text{ cm}$$

$$d' := hv - Rec - \phi_{Est} - \frac{\phi_{Bar}}{2}$$

$$d' = 0.197 \text{ m}$$

$$\#Bar := 4$$

$$As' := \#Bar \cdot \frac{\phi_{Bar}^2 \cdot \pi}{4}$$

$$As' = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} := 0.0033 \cdot b \cdot d'$$

$$As_{min} = 0.98 \text{ cm}^2$$

$$As_{Max} := 0.018 \cdot b \cdot d'$$

$$As_{Max} = 5.326 \text{ cm}^2$$

#	Diámetro (Cm)	Área (Cm2)
2	0.64	0.32
3	0.95	0.71
4	1.27	1.27
5	1.59	1.98
6	1.91	2.85
7	2.22	3.88
8	2.54	5.07

Imagen 48 Parámetros de la resistencia nominal a la flexión.
Fuente: Mathcad.

```
Chequeo3 := if  $As_{min} < As' < As_{Max}$ 
|| "Ok."
else
|| "Cambiar área de acero."
```

Chequeo3 = "Ok."

$$\phi Mn := 0.90 \cdot Fy \cdot As' \cdot \left(d' - \frac{As' \cdot Fy}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b} \right)$$

$$\phi Mn = 30.168 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

```
Chequeo4 := if  $\phi Mn > Mu_{vig} \wedge Mu_{col}$ 
|| "Ok."
else
|| "No cumple."
```

Chequeo4 = "Ok."

*Imagen 49 Resistencia a la flexión
elementos de confinamiento.
Fuente: Mathcad.*

Para encontrar la resistencia a cortante (V_n) se calcula de la siguiente manera:

V_c = Resistencia a cortante suministrada por el concreto.

V_s = Resistencia a cortante suministrada por el acero.

$$Vc := \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c \cdot MPa} \cdot b \cdot d'$$

$$Vc = 22.6 \text{ kN}$$

*Imagen 50 Resistencia a cortante del concreto.
Fuente: Mathcad.*

Se puede observar que el concreto puede tomar la totalidad de los cortantes solicitados por las viguetas y columnetas, se coloca para refuerzo a cortante un acero mínimo que consiste en un estribo #2 con lo cual tendremos las siguientes separaciones de estribos:



$Asv =$ Area de acero a cortante.

$Sep =$ Separacion de acero a cortante.

$$Asv := \frac{\Phi Est^2 \cdot \pi}{4}$$

$$Asv = 0.32 \text{ cm}^2$$

$$Sep1 := \frac{Asv \cdot Fy}{0.062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot MPa \cdot b}$$

$$Sep1 = 31.7 \text{ cm}$$

$$Sep2 := \frac{Asv \cdot Fy}{0.35 \frac{N}{mm^2} \cdot b}$$

$$Sep2 = 25.74 \text{ cm}$$

Imagen 51 Área de acero a cortante.
Fuente: Mathcad.

Estas separaciones son de dimensiones muy grandes, con lo cual no cumple con lo estipulado en el literal C.21.5.3.2, se toma la opción b del mismo para la separación de estribos con lo cual se obtiene:

$$Sep := 24 \cdot \Phi Est$$

$$\phi vc := 0.75$$

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

$$Vs := \frac{\phi vc \cdot Asv \cdot Fy \cdot d'}{Sep}$$

$$Vs = 13.01 \text{ kN}$$

$$Vn := Vc + Vs$$

$$Vn = 35.61 \text{ kN}$$

$$Chequeo5 := \begin{cases} \text{"Ok."} \\ \text{else} \\ \text{"No cumple."} \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} Vn > Vu_{col} \wedge Vu_{vig} \end{array} \right.$$

$$Chequeo5 = \text{"Ok."}$$

Imagen 52 Resistencia nominal a cortante.
Fuente: Mathcad.



Para el diseño de la cimentación se empieza suministrado un ancho que en este caso es de (55 cm), con la carga ultima ($P_u, KN/m$) y el esfuerzo en el suelo, dato que nos suministra el estudio de suelos encontramos el ancho requerido de la cimentación del muro X4 de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 h &:= 2.6 \text{ m} & \gamma_{Mamp} &:= 18.5 \frac{kN}{m^3} & \gamma_{Ccto} &:= 24 \frac{kN}{m^3} & \sigma_{suelo} &:= 78 \frac{kN}{m^2} \\
 e &:= 0.15 \text{ m} & b_{vig} &:= 0.15 \text{ m} & h_{vig} &:= 0.25 \text{ m} & An_{sum} &:= 0.55 \text{ m} \\
 Aaf &:= 1.61 \text{ m} & Wlc &:= 0.35 \frac{kN}{m^2} & Wdc &:= 0.63 \frac{kN}{m^2}
 \end{aligned}$$

$$P_m := h \cdot e \cdot \gamma_{Mamp} \cdot 1.2$$

$$P_m = 8.66 \frac{kN}{m}$$

$$P_v := b_{vig} \cdot h_{vig} \cdot \gamma_{Ccto} \cdot 1.2$$

$$P_v = 1.08 \frac{kN}{m}$$

$$P_{cl} := Aaf \cdot Wlc \cdot 1.6$$

$$P_{cl} = 0.902 \frac{kN}{m}$$

$$P_{cd} := Aaf \cdot Wdc \cdot 1.2$$

$$P_{cd} = 1.22 \frac{kN}{m}$$

$$P_u := P_m + P_v + P_{cl} + P_{cd}$$

$$P_u = 11.86 \frac{kN}{m}$$

$$An_{req} := \frac{P_u}{\sigma_{suelo}}$$

$$An_{req} = 0.152 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Chequeo} &:= \text{if } An_{sum} > An_{req} \\
 &\quad \parallel \text{"Ok."} \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad \parallel \text{"No comple."}
 \end{aligned}$$

$$\text{Chequeo} = \text{"Ok."}$$

- h= Altura de muro.
- e= Espesor de muro.
- b_{vig}= Ancho de viga.
- h_{vig}= Peralte de viga.
- Aaf= Ancho aferente.
- Wlc= Carga viva de cubierta.
- Wdc= Carga muerta de cubierta
- P_m= Peso de muro.
- P_v= Peso de viga aerea de amarre.
- P_{cl}= Peso de cubierta vivo.
- P_{cd}= Peso de cubierta muerto.
- P_c= Peso de cubierta
- P_u= Carga ultima.
- An_{req}= Ancho requerido.
- An_{sum}= Ancho suministrado.

Imagen 53 Chequeo ancho de cimentación.

Fuente Mathcad.

DISEÑO DE CIMENTACION

$$\begin{aligned}
 l &:= 1.63 \text{ m} & b_{col} &:= 0.15 \text{ m} & b_{vig} &:= 0.15 \text{ m} & Wdc &:= 0.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\
 e &:= 0.15 \text{ m} & h_{col} &:= 0.25 \text{ m} & h_{vig} &:= 0.25 \text{ m} & Wlc &:= 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\
 h &:= 2.6 \text{ m} & \gamma_{Ccto} &:= 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_{Mamp} &:= 18.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & Aaf &:= 1.61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Pm := e \cdot l \cdot h \cdot \gamma_{Mamp} \cdot 1.2 \qquad Pcol := b_{col} \cdot h_{col} \cdot h \cdot \gamma_{Ccto} \cdot 1.2$$

$$Pm = 14.11 \text{ kN} \qquad Pcol = 2.808 \text{ kN}$$

$$Pv := b_{vig} \cdot h_{vig} \cdot l \cdot \gamma_{Ccto} \cdot 1.2 \qquad Pc := (Wdc \cdot 1.2 + Wlc \cdot 1.6) \cdot \frac{Aaf}{2} \cdot l$$

$$Pv = 1.76 \text{ kN} \qquad Pc = 1.727 \text{ kN}$$

$$Pu := Pm + Pv + Pcol \cdot 2 + Pc \qquad Xr := \frac{(Pv + Pm + Pc) \cdot \frac{l}{2} + Pcol \cdot l}{Pv + Pm + Pc + Pcol}$$

$$Pu = 23.216 \text{ kN}$$

$$ex := Xr - \frac{l}{2} \qquad Xr = 0.927 \text{ m}$$

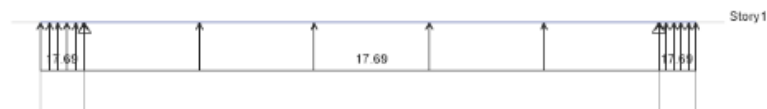
$$ex = 0.112 \text{ m} \qquad B := 0.55 \text{ m}$$

Imagen 54 Cargas consideradas y excentricidad para diseño de cimentación.
Fuente: Mathcad.

$$\sigma_1 := \frac{Pv + Pm + Pc + Pcol}{B \cdot l} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot ex}{l}\right) \qquad \sigma_2 := \frac{Pv + Pm + Pc + Pcol}{B \cdot l} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot ex}{l}\right)$$

$$\sigma_1 = 32.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \qquad \sigma_2 = 13.367 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

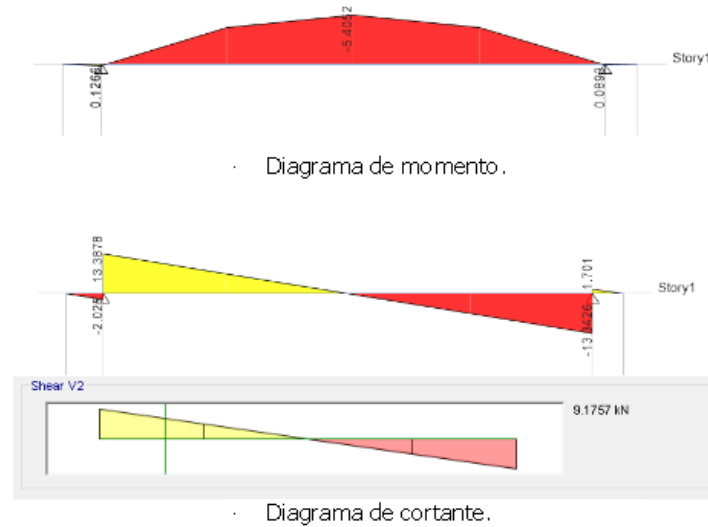
Se considera el esfuerzo de mayor valor como constante para el diseño de la cimentación con lo cual se tiene:



$$Wlong := \sigma_1 \cdot B$$

$$Wlong = 17.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Imagen 55 Esfuerzos debido al suelo.
Fuente: Mathcad.



$$M_u := 5.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_u := 9.2 \text{ kN}$$

Imagen 56 Solicitaciones en la viga de cimentación.
Fuente: Mathcad y Etabs.

Para el diseño por resistencia de la viga de cimentación se debe hacer según los requerimientos estipulados en el título C de la NSR-10.

$$\begin{aligned} Rec &:= 7.5 \text{ cm} & h_w &:= 0.35 \text{ m} \\ f'c &:= 21 \text{ MPa} & b &:= 0.25 \text{ m} \\ \Phi Est &:= 0.95 & F_y &:= 420 \text{ MPa} \\ \Phi Bar &:= 0.95 \text{ cm} \\ d &:= h_w - Rec - \Phi Est - \frac{\Phi Bar}{2} \\ d &= 0.261 \text{ m} \end{aligned}$$

#	Diámetro (Cm)	Área (Cm ²)
2	0.64	0.32
3	0.95	0.71
4	1.27	1.27
5	1.59	1.98
6	1.91	2.85
7	2.22	3.88
8	2.54	5.07

$$\begin{aligned} \#Bar &:= 4 \\ As' &:= \#Bar \cdot \frac{\Phi Bar^2 \cdot \pi}{4} \\ As' &= 2.84 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$As_{min} := 0.0033 \cdot b \cdot d \quad As_{Max} := 0.018 \cdot b \cdot d$$

Imagen 57 Diseño por resistencia viga de cimentación.
Fuente: Mathcad.

$$As_{min} = 2.15 \text{ cm}^2$$

$$As_{Max} = 11.734 \text{ cm}^2$$

$$\text{Chequeo3} := \begin{cases} \text{if } As_{min} < As' < As_{Max} \\ \quad \parallel \text{ "Ok."} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Cambiar área de acero."} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo3} = \text{ "Ok."}$$

$$\phi Mn := 0.90 \cdot Fy \cdot As' \cdot \left(d - \frac{As' \cdot Fy}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b} \right)$$

$$\phi Mn = 26.516 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Chequeo4} := \begin{cases} \text{if } \phi Mn > Mu \\ \quad \parallel \text{ "Ok."} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "No cumple."} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo4} = \text{ "Ok."}$$

*Imagen 58 Chequeos diseño por resistencia viga de cimentación.
Fuente: Mathcad.*

Para el cálculo de la resistencia a cortante se hace uso de los estipulado en el literal C.11.1 de la NSR-10, como se muestra a continuación:

$$Vc := \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c \cdot \text{MPa}} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = 49.79 \text{ kN}$$

Se puede observar que el concreto es capaz de tomar toda la sollicitación a cortante de la viga de cimentación, con lo cual se hace uso de un acero mínimo que consiste en un estribo #3 para obtener las separaciones entre estos

$$Asv := \frac{\phi Est^2 \cdot \pi}{4}$$

$$Asv = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$Sep1 := \frac{Asv \cdot Fy}{0.062 \cdot \sqrt{f'c \cdot \text{MPa}} \cdot b}$$

$$Sep1 = 41.91 \text{ cm}$$

$$Sep2 := \frac{Asv \cdot Fy}{0.35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot b}$$

$$Sep2 = 34.02 \text{ cm}$$

*Imagen 59 Diseño a cortante viga de cimentación.
Fuente: Mathcad.*



Estas separaciones tienen valores muy grandes, por lo cual se hace uso de la opción b del literal C.21.5.3.2 de la NSR-10, obteniendo la siguiente separación para el cálculo de la resistencia a cortante que aporta el acero y finalmente obtener la resistencia a cortante nominal.

$$Sep := 24 \cdot \Phi Est \qquad \phi_{vc} := 0.75$$

$$Sep = 23 \text{ cm}$$

$$Vs := \frac{\phi_{vc} \cdot A_{sv} \cdot F_y \cdot d}{Sep}$$

$$Vs = 25.54 \text{ kN}$$

$$V_n := V_c + V_s$$

$$V_n = 75.32 \text{ kN}$$

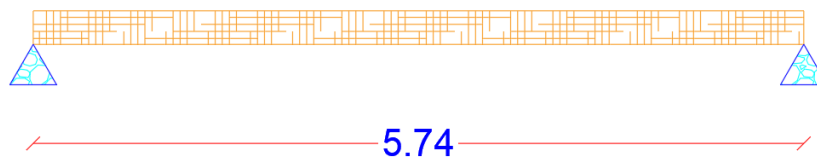
$$Chequeo5 := \begin{cases} \text{“Ok.”} & \text{if } V_n > V_u \\ \text{“No cumple.”} & \text{else} \end{cases}$$

$$Chequeo5 = \text{“Ok.”}$$

*Imagen 60 Separación y chequeos del diseño a cortante
Viga de cimentación.
Fuente: Mathcad.*

Para el diseño de los elementos de cubierta se tendrá en cuenta las vigas caballetes, limahoyas y limatesas en madera chanul como también las teleras, para el diseño de las vigas en madera se ubica la viga más crítica modelándola como simplemente apoyada, de tal forma que la luz sea la más larga.

VIGA MADERA CHANUL



*Imagen 61 Viga crítica de diseño.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

Se considera las recomendaciones arquitectónicas en el diseño, teja española en fibrocemento y pendiente del 35% con lo cual las cargas actuantes serán:

Cargas de diseño :

$$Dead := 0.20 \frac{kN}{m^2}$$
$$Live := 0.35 \frac{kN}{m^2}$$
$$L := 5.74 \text{ m}$$
$$Aaf := 4.30 \text{ m}$$

*Imagen 62 Cargas de diseño.
Fuente: Mathcad.*

El diseño se hace por el método de esfuerzos admisibles según lo estipulado en G.2.2.2 con lo cual la madera utilizada (Chanul) que se clasifica en el grupo ES3 tendrá los siguientes parámetros según lo estipulado en las tablas G.2.2-1 y G.2.2-2.

$Grupo := "Es3"$

$F_b := 23 \text{ MPa}$

$F_t := 17 \text{ MPa}$

$F_c := 19 \text{ MPa}$

$F_p := 3.8 \text{ MPa}$

$F_v := 1.6 \text{ MPa}$

$E_{0.5} := 14000 \text{ MPa}$

$E_{0.05} := 11000 \text{ MPa}$

$E_{min} := 5500 \text{ MPa}$

Tabla G.2.2-1
Esfuerzos Admisibles, F_i , (MPa) C.H = 12%

GRUPO	F_b Flexión	F_t Tensión	F_c Compresión	F_p Compresión ⊥	F_v Cortante
ES1	29.5	21.0	23.0	6.0	2.0
ES2	28.5	20.0	22.0	4.3	2.0
ES3	23.0	17.0	19.0	3.8	1.6
ES4	17.0	12.0	15.0	2.8	1.5
ES5	15.0	11.0	13.0	2.0	1.1
ES6	12.5	9.0	10.0	1.5	1.3

Tabla G.2.2-2
Módulos de Elasticidad Longitudinal, E_i , (MPa) CH = 12%

GRUPO	Módulo Promedio	Módulo 5° Percentil	Módulo Mínimo
	$E_{0.5}$	$E_{0.05}$	E_{min}
ES1	18 000	13 250	7 130
ES2	18 000	13 250	7 130
ES3	14 000	11 000	5 500
ES4	12 500	10 000	5 000
ES5	11 200	8 250	4 435
ES6	9 000	6 500	3 564

Imagen 63 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad ES3.

Fuente: Mathcad.

Para el cálculo de los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad en la madera utilizada, se tendrán en cuenta coeficientes de modificación que tienen en cuenta la duración de la carga, el contenido de humedad, la temperatura ambiente, las incisiones o afectaciones que se establezcan las secciones transversales de la misma, la acción de conjunto entre vigas, la rigidez al pandeo que puedan presentar y el área de soporte de las vigas.

Según lo estipulado en el literal G.2.2.3.1 de la NSR-10, se debe considerar un coeficiente de modificación por duración de la carga.

Tabla G 2.2-3
Por duración de la carga (C_D)

Duración carga	Flexión F_b	Tensión F_t	Compresión F_c	Compresión ⊥ F_p	Cortante F_v	Típica carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.90	1.00	0.90	muerta
Diez años	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	viva de ocupación
Dos meses	1.15	1.15	1.15	1.00	1.15	
7 días	1.25	1.25	1.25	1.00	1.25	construcción
Diez minutos	1.60	1.60	1.60	1.00	1.60	viento y terremoto
Impacto	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	Impacto

$CD_{Fb} := 0.90$

$CD_{Fp} := 1.0$

$CD_{Fv} := 0.90$

$CD_{Fc} := 0.90$

Imagen 64 Coeficientes por duración de carga.

Fuente: Mathcad.

Para realizar el ajuste por efectos de humedad se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.2.1 de la NSR-10, el contenido de humedad típico de esta madera es de 12 %, con lo cual se obtienen los siguientes coeficientes.

$$Cm_{Fb} := 1.0$$

$$Cm_{Fp} := 1.0$$

$$Cm_{Fv} := 1.0$$

$$Cm_{Fc} := 1.0$$

$$Cm_{E0.5} := 1.0$$

$$Cm_{E0.05} := 1.0$$

$$Cm_{Emin} := 1.0$$

Tabla G.2.2-5
Coeficientes de afectación para esfuerzos F_i y módulos de elasticidad E_i

Esfuerzos		CH ≤ 12 %	CH > 19%
Flexión	F_b	1.0	0.75
Tensión	F_t	1.0	0.75
Compresión Paralela	F_c	1.0	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.80
Cortante	F_v	1.0	0.80
Módulos de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.80
	$E_{0.05}$	1.0	0.80
	E_{min}	1.0	0.80

Para valores de CH, entre 12% y 19%, la reducción será proporcional.

*Imagen 65 Coeficientes por contenido de humedad.
Fuente Mathcad.*

Para realizar el ajuste por cambios de temperatura se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.3 de la NSR-10, de la siguiente manera.

Tabla G.2.2-6
Variación de las propiedades mecánicas por temperatura (C_t)

Parámetros de diseño	Condiciones de servicio	$^{\circ}C_t$		
		$T \leq 37.8^{\circ}C$	$37.8^{\circ}C < T \leq 51.7^{\circ}C$	$51.7^{\circ}C < T \leq 65^{\circ}C$
$F_t, E_{0.5}, E_{0.05}, E_{min}$	Húmedo o seco	1.0	0.9	0.9
$F_b, F_v, F_c, F_{c\perp}$	Seco	1.0	0.8	0.7
	Húmedo	1.0	0.7	0.5

Los anteriores valores se aplicarán a madera aserrada, y madera laminada.

$$Ct_{Fb} := 1.0$$

$$Ct_{Fv} := 1.0$$

$$Ct_{E0.5} := 1.0$$

$$Ct_{Emin} := 1.0$$

$$Ct_{Fp} := 1.0$$

$$Ct_{Fc} := 1.0$$

$$Ct_{E0.05} := 1.0$$

*Imagen 66 Coeficientes por temperatura ambiente.
Fuente: Mathcad.*

- Para considerar los efectos que producen la incisión en los elementos en madera se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.4 de la NSR-10, con lo cual se obtiene los siguientes coeficientes de modificación.

$$C_{in_Fb} := 0.80$$

$$C_{in_Fp} := 1.0$$

$$C_{in_Fv} := 0.80$$

$$C_{in_Fc} := 0.80$$

$$C_{in_E0.5} := 0.95$$

$$C_{in_E0.05} := 0.95$$

$$C_{in_Emin} := 0.95$$

Tabla G.2.2-7
Variación de las propiedades mecánicas por incisiones (C_{in})

Parámetros de diseño	(C_{in})
$E_{0.5}$, $E_{0.05}$, E_{min}	0.95
F_b , F_t , F_v , F_c	0.80
F_p	1.00

Los anteriores valores se aplican a madera aserrada

Imagen 67 Coeficientes por incisión en los elementos.

Fuente: Mathcad.

- No se consideran los coeficientes por acción conjunta (C_r) ya que no hay elementos en conjunto, tampoco el coeficiente de rigidez al pandeo (C_T) ya que los elementos no están sometidos a la compresión axial y finalmente tampoco se considera el coeficiente de desviación al grano (C_{DG}) ya que este se conoce durante el proceso de construcción, se deja a consideración del constructor proporcionar el dato para realizar el ajuste necesario.

De esta manera los módulos de elasticidad, esfuerzos admisibles a flexión, a compresión paralela a la fibra y a cortante para diseño, quedan expresados de esta manera según lo estipulado en el literal G.2.2.3 de la NSR-10.

$$F'b := F_b \cdot C_{D_Fb} \cdot C_{m_Fb} \cdot C_{t_Fb} \cdot C_{in_Fb}$$

$$F'b = 16.56 \text{ MPa}$$

$$F'p := F_p \cdot C_{D_Fp} \cdot C_{m_Fp} \cdot C_{t_Fp} \cdot C_{in_Fp}$$

$$F'p = 3.8 \text{ MPa}$$

$$F'v := F_v \cdot C_{D_Fv} \cdot C_{m_Fv} \cdot C_{t_Fv} \cdot C_{in_Fv}$$

$$F'v = 1.152 \text{ MPa}$$

$$F'c := F_c \cdot C_{D_Fc} \cdot C_{m_Fc} \cdot C_{t_Fc} \cdot C_{in_Fc}$$

$$F'c = 13.68 \text{ MPa}$$

- $F'b$ = Esf. admisible a flexión.
- $F'p$ = Esf. admisible a compresión perpendicular.
- $F'v$ = Esf. admisible a cortante.
- $F'c$ = Esf. admisible a compresión paralelo al grano.
- $E'0.5$ = Modulo de elasticidad promedio.
- $E'0.05$ = Modulo de elasticidad al 5 percentil.
- $E'min$ = Modulo de elasticidad mínimo.
- Nota: todos son modificados por los coeficientes.

Imagen 68 Esfuerzos modificados por coeficientes.

Fuente: Mathcad.

$$E'_{0.5} := E_{0.5} \cdot C_m_{E0.5} \cdot C_t_{E0.5} \cdot C_{in}_{E0.5}$$

$$E'_{0.5} = 13300 \text{ MPa}$$

$$E'_{0.05} := E_{0.05} \cdot C_m_{E0.05} \cdot C_t_{E0.05} \cdot C_{in}_{E0.05}$$

$$E'_{0.05} = 10450 \text{ MPa}$$

$$E'_{min} := E_{min} \cdot C_m_{Emin} \cdot C_t_{Emin} \cdot C_{in}_{Emin}$$

$$E'_{min} = 5225 \text{ MPa}$$

*Imagen 69 Módulos de elasticidad modificados por los coeficientes.
Fuente: Mathcad.*

Al ser elementos de cubierta inclinada, se tendrá en cuenta la existencia de cielos rasos, con lo cual la tabla G.3.2-1 nos permite una deflexión admisible de $\frac{\ell}{300}$.

Tabla G.3.2-1
Deflexiones admisibles en vigas con Δ (mm)

Tipo de Construcción	Cargas Vivas ℓ/k^*	Viento o Granizo ℓ/k^*	Cargas Totales ℓ/k^*
Elementos de techo/Cubierta			
Cubiertas inclinadas	Nota 1	Nota 1	Nota 1
Cielorasos de pañete o yeso	$\ell/360$	$\ell/360$	$\ell/300$
Otros cielos rasos	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Sin cielo raso	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Techos planos	Nota 1	Nota 1	$\ell/300$
Elementos de entrepiso	$\ell/360$	–	$\ell/300$
Pisos rigidizados			$\ell/360$
Muros exteriores y particiones interiores			
Con acabados frágiles	–	$\ell/240$	–
Con acabados flexibles	–	$\ell/240$	–
Edificaciones industriales	–		$\ell/200$
Edificaciones provisionales			(3) $\ell/160$
Fomaletas para concreto			(3) $\ell/360$ ó 3 mm
Forros para columnas - vigas			(3) $\ell/360$ ó 1.6 mm

Tabla 34 Deflexiones admisibles.
Fuente: NSR-10



$$\Delta_{admi} := \frac{L}{300}$$

$$\Delta_{admi} = 19.133 \text{ mm}$$

$$d := 0.25 \text{ m}$$

$$\frac{L}{d} = 22.96$$

- d = Peralte del elemento.
- L = Longitud del elemento.

*Imagen 70 Deflexión admisible.
Fuente: Mathcad.*

Se considera un peralte de 0.25 m con lo cual la relación $\frac{\ell}{d}$ es mayor a 20 así, no es necesario hacer corrección por cortante según lo estipulado en el literal G.3.2.4 de la NSR-10.

$$\begin{array}{l} \text{Chequeo1} := \text{if } \frac{L}{d} > 20 \\ \quad \parallel \text{ "Ok."} \\ \quad \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Corrección por cortante."} \end{array}$$

$$\text{Chequeo1} = \text{ "Ok."}$$

*Imagen 71 Chequeo corrección por cortante.
Fuente: Mathcad.*

Para el cálculo de la sección se establecen unas combinaciones para encontrar la carga W' , con lo cual se encuentra dicho parametro según lo estipulado en el literal G.3.2.5 de la NSR-10.

Tabla G.3.2-3
Cargas W' para cálculo de la sección por deflexiones

Condición de construcción	CH < 19% Seca	CH > 19% Húmeda
Condición de servicio	CH < 19%	CH > 19%, CH < 19%
Madera aserrada	1.5D+L	1.8D+L
Madera laminada	1.5D+L	1.8D+L

$$W' := 1.5 \cdot (Dead \cdot Aaf) + 1 \cdot (Live \cdot Aaf)$$

$$W' = 2.795 \frac{kN}{m}$$

$$b := \frac{12 \cdot \left(\frac{W' \cdot L^4 \cdot 5}{\Delta adm_i \cdot 384 \cdot E' \cdot 0.05} \right)}{d^3}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

- W' = Carga para cálculo de sección.
- b = Ancho de sección.

Imagen 72 Calculo de la sección.
Fuente: Mathcad.

Se debe afectar los esfuerzos admisibles para flexión con los siguientes coeficientes particulares de modificación, coeficiente de forma (**CF**) y el coeficiente de estabilidad lateral (**CL**), según lo estipulado en el literal G.3.3.2 de la NSR-10.

$$Cd := 1$$

$$Cl := 0.88$$

$$CF := Cd \cdot Cl$$

$$CF = 0.88$$

Tabla G 3.3-1
Factor de ajuste C_d , por medidas d y b , para F_b , F_t , F_c

	(d) mm	F_b		F_t
		(b) mm	(b) mm	
		50-75	100	
Madera aserrada visualmente seleccionada como E.S.	50 a 100	1.15	1.15	1.15
	127	1.10	1.10	1.10
	150	1.10	1.10	1.10
	203	1.10	1.10	1.10
	254	1.00	1.00	1.00
	300	1.00	1.00	1.00
Construcción normal E.N.	50 a 100	1.00	1.00	1.00

Tabla G 3.3-2
Factor de ajuste por longitud, C_l , para F_t , F_c

l (m), longitud	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{ft} tensión, flexión	1.00	0.94	0.90	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
C_{fc} compresión	1.00	0.97	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89

$$\frac{d}{b} = 1.647$$

```

Chequeo2 := if  $\frac{d}{b} > 1$ 
    || "Soporte lateral"
else
    || "No soporte lateral"

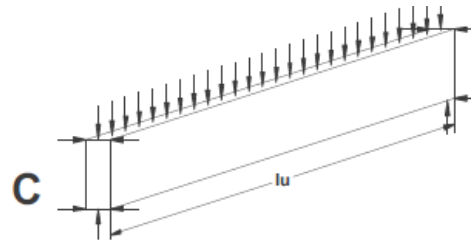
```

$Chequeo2 = \text{"Soporte lateral"}$

Imagen 73 Coeficientes particulares de flexión.
Fuente: Mathcad.

El coeficiente de uso en cara ancha (G.3.3.2.4) no aplica en este caso ya que la viga se cargará en su cara más angosta.

La dimensión del peralte de la viga es mayor que su ancho con lo cual la relación $\frac{d}{b} > 1$, se debe incluir soportes laterales en los puntos de apoyo como lo estipula el literal (G.3.3.3.2), se presenta el caso descrito en la siguiente imagen y su longitud efectiva.



	Cantilíver (1)	Cuando $\ell_u/d < 7$	Cuando $\ell_u/d > 7$
C	Carga uniformemente repartida	$\ell_e = 2.06\ell_u$	$\ell_e = 1.63\ell_u + 3d$

Imagen 74 Longitud efectiva.
Fuente: NSR-10

$$lu := L$$

$$lu = 5.74 \text{ m}$$

$$le := \begin{cases} \text{if } \frac{lu}{d} < 7 \\ \quad || le \leftarrow 2.06 \cdot lu \\ \text{else} \\ \quad || le \leftarrow 1.63 \cdot lu + 3 \cdot d \end{cases}$$

$$le = 10.106 \text{ m}$$

lu = Longitud no soportada lateralmente.

Imagen 75 Calculo de la longitud efectiva.
Fuente: Mathcad.

La relación de esbeltez se calcula según lo estipulado en G.3.3.4.3, de esta manera se tiene:

$$RB := \sqrt{\frac{le \cdot d}{b^2}}$$

RB = Relación de esbeltez.

$$RB = 10.475$$

Imagen 76 Calculo de la relación de esbeltez.
Fuente: Mathcad.

El esfuerzo a flexión crítico está dado por la fórmula del literal G.3.3-6, de esta manera se tiene:

$$F_{be} := \frac{1.20 \cdot E'_{min}}{RB^2} \quad \cdot \quad F_{be} = \text{Esfuerzo crítico a flexión.}$$

$$F_{be} = 57.146 \text{ MPa}$$

*Imagen 77 Esfuerzo a flexión crítico.
Fuente: Mathcad.*

De esta manera se obtienen todas las variables para el cálculo del coeficiente de estabilidad lateral (G.3.3-5).

$$CL := \frac{1 + \frac{F_{be}}{F'_b}}{1.9} - \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{F_{be}}{F'_b}}{1.9}\right)^2 - \left(\frac{F_{be}}{0.95 F'_b}\right)}$$

$$CL = 0.98$$

*Imagen 78 Coeficiente de estabilidad lateral
Fuente: Mathcad.*

Así el esfuerzo admisible a flexión estar dado por:

$$F''_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión modificado.}$$

$$F''_b := F'_b \cdot CF \cdot CL$$

$$F''_b = 14.289 \text{ MPa}$$

*Imagen 79 Esfuerzo a flexión modificado.
Fuente: Mathcad.*



Para el cálculo del esfuerzo actuante se utiliza la combinación básica, para obtener el valor del momento de la sollicitación.

$$W := 1.2 \text{ Dead} \cdot Aaf + 1.6 \text{ Live} \cdot Aaf$$

$$W = 3.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{act} := \frac{W \cdot L^2}{8}$$

$$M_{act} = 14.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Fb_{act} := \frac{M_{act} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b \cdot d^3}{12}}$$

$$Fb_{act} = 8.96 \text{ MPa}$$

$$\text{Chequeo3} := \begin{cases} \text{if } F''b > Fb_{act} \\ \quad \text{|| "Ok."} \\ \text{else} \\ \quad \text{|| "No cumple."} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo3} = \text{"Ok."}$$

Imagen 80 Chequeo de esfuerzo actuante.
Fuente: Mathcad.

El momento actuante no debe ser mayor al momento dado por el literal (G.3.3.5) de la NSR-10 aplicando la formula dada en (G.3.3-7) (**Mom**).

$$Mom := F''b \cdot \frac{b \cdot d^2}{6}$$

$$Mom = 22.59 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Chequeo4 := \begin{cases} \text{“Ok.”} & \text{if } Mom > M_{act} \\ \text{“No cumple.”} & \text{else} \end{cases}$$

$$Chequeo4 = \text{“Ok.”}$$

Imagen 81 Chequeo momento actuante.
Fuente: Mathcad.

Los esfuerzos máximos de corte paralelos a las fibras se evalúan a una distancia (d "peralte de viga") del punto de apoyo, teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los mismos según lo estipulado en el literal (G.3.4.1).

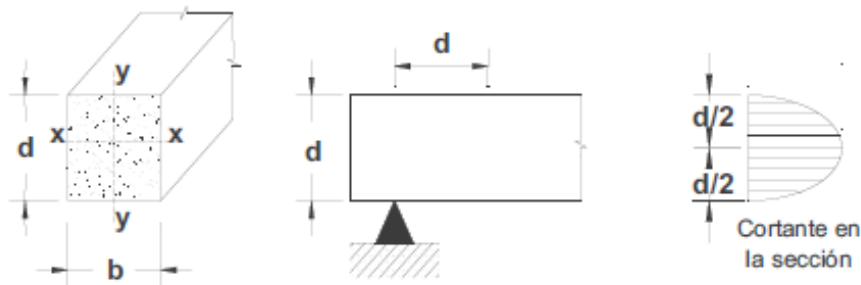


Figura G.3.4-1 — Esfuerzo Cortante en vigas.

Imagen 82 Distribución de esfuerzos.
Fuente: NSR-10

Para el cálculo del esfuerzo cortante actuante se toma la formula estipulada en el literal (G.3.4-1).

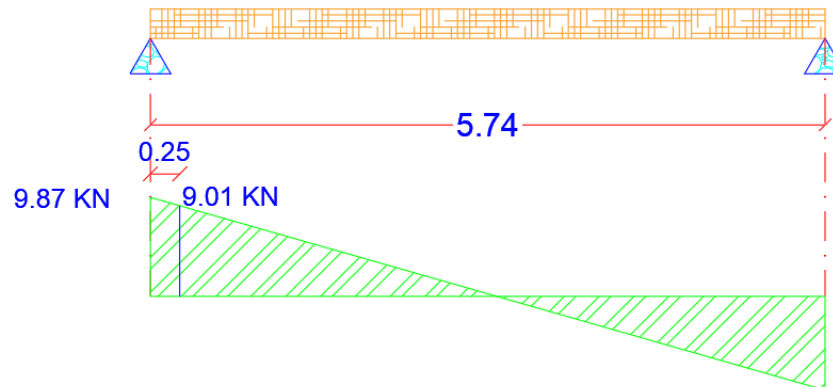


Imagen 83 Posición cálculo de esfuerzo cortante.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

$$V := 9.01 \text{ kN}$$

$$fv := \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot d}$$

$$fv = 0.356 \text{ MPa}$$

$$\text{Chequeo5} := \begin{cases} \text{"Ok."} & \text{if } F'v > fv \\ \text{"No cumple."} & \text{else} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo5} = \text{"Ok."}$$

- V = Cortante de sollicitación
- fv = Esfuerzo a cortante.

Imagen 84 Chequeo esfuerzo a cortante
Fuente: Mathcad.

Los esfuerzos de compresión paralelos a las fibras del elemento se deben verificar en los apoyos según lo estipulado en (G.3.5.1), al tener cargas inclinadas en los elementos el esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra debe ser modificado según (G.3.5.2) con lo cual:

Pendiente de la cubierta 35% → 15.75°



F'_θ = Esfuerzo admisible de compresión para un ángulo θ .

F^*c = Esfuerzo básico de compresión paralelo al grano.

F'_p = Esfuerzo admisible modificado perpendicular al grano.

$$\theta := 15.12^\circ$$

$$F'\theta := \frac{F^*c \cdot F'_p}{F^*c \cdot (\sin(\theta))^2 + F'_p \cdot (\cos(\theta))^2}$$

$$F'\theta = 11.62 \text{ MPa}$$

Ilustración 85 Esfuerzo admisible a compresión.
 Fuente: Mathcad.

El esfuerzo de aplastamiento actuante será:

$$N := 9.87 \text{ kN}$$

$$fp := \frac{N}{b \cdot d}$$

$$fp = 0.26 \text{ MPa}$$

- N= Fuerza de compresión perpendicular actuante.
- fp= Esfuerzo de aplastamiento.

$$\text{Chequeo6} := \begin{cases} \text{“Ok.”} & \text{if } F'\theta > fp \\ \text{“No cumple.”} & \text{else} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo6} = \text{“Ok.”}$$

Ilustración 86 Chequeo esfuerzos de aplastamiento.
 Fuente: Mathcad.

Para finalizar se pide la comprobación de la deformación por aplastamiento según lo estipulado en (G.3.5.3) con lo cual se tiene:

$\Delta d = \text{Deformabilidad perpendicular al grano.}$

$$\Delta d := \frac{f_p \cdot d}{E' \cdot 0.5}$$

$$\Delta d = 0.005 \text{ mm}$$

```
Chequeo7 := if  $\Delta d_{adm} > \Delta d$ 
           || "Ok."
           else
           || "No cumple."
```

Chequeo7 = "Ok."

Ilustración 87 Deformación por aplastamiento.
Fuente: Mathcad.

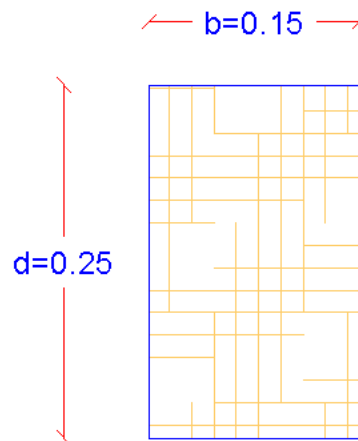
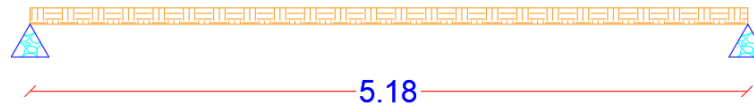


Imagen 88 Sección de diseño.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

Para el cálculo del elemento telera se procede de la misma manera, con lo cual se evalúa el elemento más crítico:

TELERA MADERA CHANUL



*Imagen 89 Telera crítica de diseño.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

Se considera las recomendaciones arquitectónicas en el diseño, teja española en fibrocemento y pendiente del 35% con lo cual las cargas actuantes serán:

Cargas de diseño:

$$Dead := 0.20 \frac{kN}{m^2}$$
$$Live := 0.35 \frac{kN}{m^2}$$
$$L := 5.18 \text{ m}$$
$$Aaf := 1.44 \text{ m}$$

*Imagen 90 Cargas de diseño.
Fuente: Mathcad.*

El diseño se hace por el método de esfuerzos admisibles según lo estipulado en G.2.2.2 con lo cual la madera utilizada (pino radiata) que se clasifica en el grupo ES6 tendrá los siguientes parámetros según lo estipulado en las tablas G.2.2-1 y G.2.2-2.

Grupo := "Es3"

$F_b := 23 \text{ MPa}$

$F_t := 17 \text{ MPa}$

$F_c := 19 \text{ MPa}$

$F_p := 3.8 \text{ MPa}$

$F_v := 1.6 \text{ MPa}$

$E_{0.5} := 14000 \text{ MPa}$

$E_{0.05} := 11000 \text{ MPa}$

$E_{min} := 5500 \text{ MPa}$

Tabla G.2.2-1
Esfuerzos Admisibles, F_i , (MPa) C.H = 12%

GRUPO	F_b Flexión	F_t Tensión	F_c Compresión	F_p Compresión ⊥	F_v Cortante
ES1	29.5	21.0	23.0	6.0	2.0
ES2	28.5	20.0	22.0	4.3	2.0
ES3	23.0	17.0	19.0	3.8	1.6
ES4	17.0	12.0	15.0	2.8	1.5
ES5	15.0	11.0	13.0	2.0	1.1
ES6	12.5	9.0	10.0	1.5	1.3

Tabla G.2.2-2
Módulos de Elasticidad Longitudinal, E_i , (MPa) CH = 12%

GRUPO	Módulo Promedio $E_{0.5}$	Módulo 5° Percentil $E_{0.05}$	Módulo Mínimo E_{min}
ES1	18 000	13 250	7 130
ES2	18 000	13 250	7 130
ES3	14 000	11 000	5 500
ES4	12 500	10 000	5 000
ES5	11 200	8 250	4 435
ES6	9 000	6 500	3 564

Imagen 91 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad ES3.

Fuente: Mathcad.

Para el cálculo de los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad en la madera utilizada, se tendrán en cuenta coeficientes de modificación que tienen en cuenta la duración de la carga, el contenido de humedad, la temperatura ambiente, las incisiones o afectaciones que se establezcan las secciones transversales de la misma, la acción de conjunto entre vigas, la rigidez al pandeo que puedan presentar y el área de soporte de las vigas.

Según lo estipulado en el literal G.2.2.3.1 de la NSR-10, se debe considerar un coeficiente de modificación por duración de la carga.

Tabla G.2.2-3
Por duración de la carga (C_D)

Duración carga	Flexión F_b	Tensión F_t	Compresión F_c	Compresión ⊥ F_p	Cortante F_v	Típica carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.90	1.00	0.90	muerta
Diez años	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	viva de ocupación
Dos meses	1.15	1.15	1.15	1.00	1.15	
7 días	1.25	1.25	1.25	1.00	1.25	construcción
Diez minutos	1.60	1.60	1.60	1.00	1.60	viento y terremoto
Impacto	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	Impacto

$CD_{Fb} := 0.90$

$CD_{Fp} := 1.0$

$CD_{Fv} := 0.90$

$CD_{Fc} := 0.90$

Imagen 92 Coeficientes por duración de carga.

Fuente: Mathcad.

Para realizar el ajuste por efectos de humedad se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.2.1 de la NSR-10, el contenido de humedad típico de esta madera es de 12 %, con lo cual se obtienen los siguientes coeficientes.

$$Cm_{Fb} := 1.0$$

$$Cm_{Fp} := 1.0$$

$$Cm_{Fv} := 1.0$$

$$Cm_{Fc} := 1.0$$

$$Cm_{E0.5} := 1.0$$

$$Cm_{E0.05} := 1.0$$

$$Cm_{Emin} := 1.0$$

Tabla G.2.2-5
Coeficientes de afectación para esfuerzos F_i y módulos de elasticidad E_i

Esfuerzos		CH ≤ 12 %	CH > 19%
Flexión	F_b	1.0	0.75
Tensión	F_t	1.0	0.75
Compresión Paralela	F_c	1.0	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.80
Cortante	F_v	1.0	0.80
Módulos de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.80
	$E_{0.05}$	1.0	0.80
	E_{min}	1.0	0.80

Para valores de CH, entre 12% y 19%, la reducción será proporcional.

Imagen 93 Coeficientes por contenido de humedad.

Fuente: Mathcad.

Para realizar el ajuste por cambios de temperatura se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.3 de la NSR-10, de la siguiente manera.

Tabla G.2.2-6
Variación de las propiedades mecánicas por temperatura (C_t)

Parámetros de diseño	Condiciones de servicio	$^{\circ}C_t$		
		$T \leq 37.8^{\circ}C$	$37.8^{\circ}C < T \leq 51.7^{\circ}C$	$51.7^{\circ}C < T \leq 65^{\circ}C$
$F_t, E_{0.5}, E_{0.05}, E_{min}$	Húmedo o seco	1.0	0.9	0.9
$F_b, F_v, F_c, F_{c\perp}$	Seco	1.0	0.8	0.7
	Húmedo	1.0	0.7	0.5

Los anteriores valores se aplicarán a madera aserrada, y madera laminada.

$$Ct_{Fb} := 1.0$$

$$Ct_{Fv} := 1.0$$

$$Ct_{E0.5} := 1.0$$

$$Ct_{Emin} := 1.0$$

$$Ct_{Fp} := 1.0$$

$$Ct_{Fc} := 1.0$$

$$Ct_{E0.05} := 1.0$$

Imagen 94 Coeficientes por temperatura ambiente.

Fuente: Mathcad.

- Para considerar los efectos que producen la incisión en los elementos en madera se hace uso de lo estipulado en el literal G.2.2.3.4 de la NSR-10, con lo cual se obtiene los siguientes coeficientes de modificación.

$$C_{in_Fb} := 0.80$$

$$C_{in_Fp} := 1.0$$

$$C_{in_Fv} := 0.80$$

$$C_{in_Fc} := 0.80$$

$$C_{in_E0.5} := 0.95$$

$$C_{in_E0.05} := 0.95$$

$$C_{in_Emin} := 0.95$$

Tabla G.2.2-7
Variación de las propiedades mecánicas por incisiones (C_{in})

Parámetros de diseño	(C_{in})
$E_{0.5}$, $E_{0.05}$, E_{min}	0.95
F_b , F_t , F_v , F_c	0.80
F_p	1.00

Los anteriores valores se aplican a madera aserrada

Imagen 95 Coeficientes por incisión en los elementos.

Fuente: Mathcad.

- No se consideran los coeficientes por acción conjunta (C_r) ya que no hay elementos en conjunto, tampoco el coeficiente de rigidez al pandeo (C_T) ya que los elementos no están sometidos a la compresión axial y finalmente tampoco se considera el coeficiente de desviación al grano (CDG) ya que este se conoce durante el proceso de construcción, se deja a consideración del constructor proporcionar el dato para realizar el ajuste necesario.

De esta manera los módulos de elasticidad, esfuerzos admisibles a flexión, a compresión paralela a la fibra y a cortante para diseño, quedan expresados de esta manera según lo estipulado en el literal G.2.2.3 de la NSR-10.

$$F^b := F_b \cdot CD_{Fb} \cdot C_m_{Fb} \cdot C_t_{Fb} \cdot C_{in_Fb}$$

$$F^b = 16.56 \text{ MPa}$$

$$F^p := F_p \cdot CD_{Fp} \cdot C_m_{Fp} \cdot C_t_{Fp} \cdot C_{in_Fp}$$

$$F^p = 3.8 \text{ MPa}$$

$$F^v := F_v \cdot CD_{Fv} \cdot C_m_{Fv} \cdot C_t_{Fv} \cdot C_{in_Fv}$$

$$F^v = 1.152 \text{ MPa}$$

$$F^c := F_c \cdot CD_{Fc} \cdot C_m_{Fc} \cdot C_t_{Fc} \cdot C_{in_Fc}$$

$$F^c = 13.68 \text{ MPa}$$

- F^b = Esf. admisible a flexión.
- F^p = Esf. admisible a compresión perpendicular.
- F^v = Esf. admisible a cortante.
- F^c = Esf. admisible a compresión paralelo al grano.
- $E^{0.5}$ = Modulo de elasticidad promedio.
- $E^{0.05}$ = Modulo de elasticidad al 5 percentil.
- E^{min} = Modulo de elasticidad mínimo.
- Nota: todos son modificados por los coeficientes.

Imagen 96 Esfuerzos modificados por coeficientes.

Fuente: Mathcad.



$$E'_{0.5} := E_{0.5} \cdot C_{m_E0.5} \cdot C_{t_E0.5} \cdot C_{in_E0.5}$$

$$E'_{0.5} = 13300 \text{ MPa}$$

$$E'_{0.05} := E_{0.05} \cdot C_{m_E0.05} \cdot C_{t_E0.05} \cdot C_{in_E0.05}$$

$$E'_{0.05} = 10450 \text{ MPa}$$

$$E'_{min} := E_{min} \cdot C_{m_Emin} \cdot C_{t_Emin} \cdot C_{in_Emin}$$

$$E'_{min} = 5225 \text{ MPa}$$

Imagen 97 Módulos de elasticidad modificados.
Fuente: Mathcad.

Al ser elementos de cubierta inclinada, se tendrá en cuenta la existencia de cielos rasos en pañete con lo cual la tabla G.3.2-1 nos permite una deflexión admisible de $\frac{\ell}{300}$.

Tabla G.3.2-1
Deflexiones admisibles en vigas con Δ (mm)

Tipo de Construcción	Cargas Vivas ℓ/k^*	Viento o Granizo ℓ/k^*	Cargas Totales ℓ/k^*
Elementos de techo/Cubierta			
Cubiertas inclinadas	Nota 1	Nota 1	Nota 1
Cielorastos de pañete o yeso	$\ell/360$	$\ell/360$	$\ell/300$
Otros cielos rasos	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Sin cielo raso	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Techos planos	Nota 1	Nota 1	$\ell/300$
Elementos de entrepiso	$\ell/360$	–	$\ell/300$
Pisos rigidizados			$\ell/360$
Muros exteriores y particiones interiores			
Con acabados frágiles	–	$\ell/240$	–
Con acabados flexibles	–	$\ell/240$	–
Edificaciones industriales	–		$\ell/200$
Edificaciones provisionales			(3) $\ell/160$
Formaletas para concreto			(3) $\ell/360$ ó 3 mm
Forros para columnas - vigas			(3) $\ell/360$ ó 1.6 mm

Tabla 35 Deflexiones admisibles.
Fuente: NSR-10



$$\Delta_{admi} := \frac{L}{300}$$

$$\Delta_{admi} = 17.267 \text{ mm}$$

$$d := 0.20 \text{ m}$$

$$\frac{L}{d} = 25.9$$

- **d**= Peralte del elemento.
- **L**= Longitud del elemento.

*Imagen 98 Deflexión admisible.
Fuente: Mathcad.*

Se considera un peralte de 0.20 m con lo cual la relación $\frac{\ell}{d}$ es mayor a 20, así no es necesario hacer corrección por cortante según lo estipulado en el literal G.3.2.4 de la NSR-10.

$$\begin{aligned} \text{Chequeo1} &:= \text{if } \frac{L}{d} > 20 \\ &\quad \parallel \text{"Ok."} \\ &\quad \text{else} \\ &\quad \parallel \text{"Corrección por cortante."} \\ \text{Chequeo1} &= \text{"Ok."} \end{aligned}$$

*Imagen 99 Chequeo corrección por cortante.
Fuente: Mathcad.*

Para el cálculo de la sección se establecen unas combinaciones para encontrar la carga W' , con lo cual se encuentra dicho parámetro según lo estipulado en el literal G.3.2.5 de la NSR-10.

:



Tabla G.3.2-3
Cargas W' para cálculo de la sección por deflexiones

Condición de construcción	CH < 19% Seca	CH > 19% Húmeda
Condición de servicio	CH < 19%	CH > 19% , CH < 19%
Madera aserrada	1.5D+L	1.8D+L
Madera laminada	1.5D+L	1.8D+L

$$W' := 1.5 \cdot (Dead \cdot Aaf) + 1 \cdot (Live \cdot Aaf)$$

$$W' = 0.936 \frac{kN}{m}$$

$$b := \frac{12 \cdot \left(\frac{W' \cdot L^4 \cdot 5}{\Delta admi \cdot 384 \cdot E' \cdot 0.05} \right)}{d^3}$$

$$b = 0.1 \text{ m}$$

- W' = Carga para cálculo de sección.
- b = Ancho de sección.

Imagen 100 Calculo de la sección.
Fuente: Mathcad.

Se debe afectar los esfuerzos admisibles para flexión con los siguientes coeficientes particulares de modificación, coeficiente de forma (**CF**) y el coeficiente de estabilidad lateral (**CL**), según lo estipulado en el literal G.3.3.2 de la NSR-10.

$$Cd := 1$$

$$Cl := 0.88$$

$$CF := Cd \cdot Cl$$

$$CF = 0.88$$

Tabla G 3.3-1
Factor de ajuste C_d , por medidas d y b , para F_b , F_t , F_c

	(d) mm	F_b		F_t
		(b) mm		
		50 -75	100	
Madera aserrada visualmente seleccionada como E.S.	50 a 100	1.15	1.15	1.15
	127	1.10	1.10	1.10
	150	1.10	1.10	1.10
	203	1.10	1.10	1.10
	254	1.00	1.00	1.00
Construcción normal E.N.	300	1.00	1.00	1.00
	50 a 100	1.00	1.00	1.00

Tabla G 3.3-2
Factor de ajuste por longitud, C_l , para F_t , F_c

l (m), longitud	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{lt} tensión, flexión	1.00	0.94	0.90	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
C_{lc} compresión	1.00	0.97	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89

$$\frac{d}{b} = 2.742$$

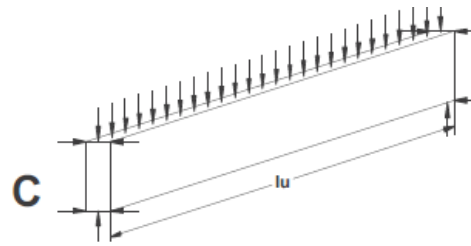
$$Chequeo2 := \begin{cases} \text{if } \frac{d}{b} > 1 \\ \quad \text{“Soporte lateral”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No soporte lateral”} \end{cases}$$

$$Chequeo2 = \text{“Soporte lateral”}$$

Imagen 101 Coeficientes particulares de flexión.
Fuente: Mathcad.

El coeficiente de uso en cara ancha (G.3.3.2.4) no aplica en este caso ya que la viga se cargará en su cara más angosta.

La dimensión del peralte de la viga es mayor que su ancho con lo cual la relación $\frac{d}{b} > 1$, se debe incluir soportes laterales en los puntos de apoyo como lo estipula el literal G.3.3.3.2, se presenta el caso descrito en la siguiente imagen y su longitud efectiva.



	Cantiliver (1)	Cuando $l_u/d < 7$	Cuando $l_u/d > 7$
C	Carga uniformemente repartida	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$

Imagen 102 Longitud efectiva.
Fuente: NSR-10

$$l_u := L$$

$$l_u = 5.18 \text{ m}$$

$$l_e := \begin{cases} \text{if } \frac{l_u}{d} < 7 \\ \quad || l_e \leftarrow 2.06 \cdot l_u \\ \text{else} \\ \quad || l_e \leftarrow 1.63 \cdot l_u + 3 \cdot d \end{cases}$$

$$l_e = 9.043 \text{ m}$$

l_u = Longitud no soportada lateralmente.

Imagen 103 Calculo de longitud efectiva.
Fuente: Mathcad.

La relación de esbeltez se calcula según lo estipulado en G.3.3.4.3, de esta manera se tiene:

$$RB := \sqrt{\frac{l_e \cdot d}{b^2}}$$

RB = Relación de esbeltez.

$$RB = 18.437$$

Imagen 104 Calculo de la relación de esbeltez.
Fuente: Mathcad.

El esfuerzo a flexión crítico está dado por la fórmula del literal G.3.3-6, de esta manera se tiene:

$$F_{be} := \frac{1.20 \cdot E'_{min}}{RB^2}$$

F_{be} = Esfuerzo crítico a flexión.

$$F_{be} = 18.446 \text{ MPa}$$

*Imagen 105 Esfuerzo crítico a flexión.
Fuente: Mathcad.*

De esta manera se obtienen todas las variables para el cálculo del coeficiente de estabilidad lateral (G.3.3-5).

$$CL := \frac{1 + \frac{F_{be}}{F'_b}}{1.9} - \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{F_{be}}{F'_b}}{1.9}\right)^2 - \left(\frac{F_{be}}{0.95 F'_b}\right)}$$

$$CL = 0.86$$

*Imagen 106 Coeficiente de estabilidad lateral.
Fuente: Mathcad*

Así el esfuerzo admisible a flexión estar dado por:

$$F''_b := F'_b \cdot CF \cdot CL$$

$$F''_b = 12.489 \text{ MPa}$$

*Imagen 107 Esfuerzo a flexión modificado.
Fuente: Mathcad.*

Para el cálculo del esfuerzo se utiliza la combinación básica, para obtener el valor del momento de la sollicitación.

$$W := 1.2 \text{ Dead} \cdot Aaf + 1.6 \text{ Live} \cdot Aaf$$

$$W = 1.152 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{act} := \frac{W \cdot L^2}{8}$$

$$M_{act} = 3.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Fb_{act} := \frac{M_{act} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b \cdot d^3}{12}}$$

$$Fb_{act} = 7.95 \text{ MPa}$$

$$\text{Chequeo3} := \begin{cases} \text{if } F''b > Fb_{act} \\ \quad \text{|| "Ok."} \\ \quad \text{else} \\ \quad \text{|| "No cumple."} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo3} = \text{"Ok."}$$

Imagen 108 Chequeo de esfuerzo actuante.
Fuente: Mathcad.

El momento actuante no debe ser mayor al momento dado por el literal (G.3.3.5) aplicando la formula dada en (G.3.3-7)

$$Mom := F''b \cdot \frac{b \cdot d^2}{6}$$

$$Mom = 6.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Chequeo4} := \begin{cases} \text{if } Mom > M_{act} \\ \quad \text{|| "Ok."} \\ \quad \text{else} \\ \quad \text{|| "No cumple."} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo4} = \text{"Ok."}$$

Imagen 109 Chequeo momento actuante.
Fuente: Mathcad.

Los esfuerzos máximos de corte paralelos a las fibras se evalúan a una distancia (d "peralte de viga") del punto de apoyo, teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los mismos según lo estipulado en el literal (G.3.4.1).

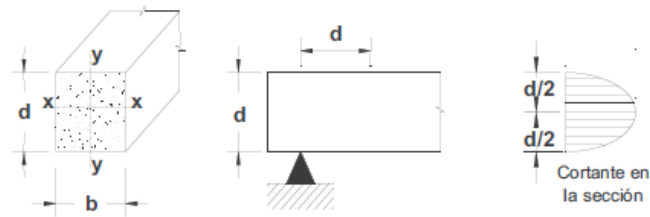


Figura G.3.4-1 — Esfuerzo Cortante en vigas.

Imagen 110 Distribución de esfuerzos.
Fuente: NSR-10

Para el cálculo del esfuerzo cortante actuante se toma la formula estipulada en el literal (G.3.4-1).

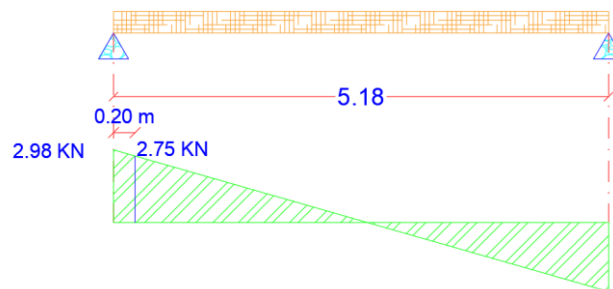


Imagen 111 Posición calculo esfuerzo cortante.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

$$V := 2.75 \text{ kN}$$

$$fv := \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot d}$$

$$fv = 0.283 \text{ MPa}$$

$$\text{Chequeo5} := \begin{cases} \text{“Ok.”} & \text{if } F'v > fv \\ \text{“No cumple.”} & \text{else} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo5} = \text{“Ok.”}$$

- V = Cortante de sollicitación
- fv = Esfuerzo a cortante.

Imagen 112 Chequeo a cortante.
Fuente: Mathcad.

Los esfuerzos de compresión paralelos a las fibras del elemento se deben verificar en los apoyos según lo estipulado en (G.3.5.1), al tener cargas inclinadas en los elementos el esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra debe ser modificado según (G.3.5.2) con lo cual:

Pendiente de la cubierta 35% → 15.75°

$$\theta := 15.12^\circ$$

$$F'\theta := \frac{F'c \cdot F'p}{F'c \cdot (\sin(\theta))^2 + F'p \cdot (\cos(\theta))^2}$$

$$F'\theta = 11.62 \text{ MPa}$$

Imagen 113 Esfuerzo admisible a compresión.
Fuente: Mathcad.

El esfuerzo de aplastamiento actuante será:

$$N := 2.98 \text{ kN}$$

$$fp := \frac{N}{b \cdot d}$$

$$fp = 0.204 \text{ MPa}$$

$$\text{Chequeo6} := \begin{cases} \text{if } F'\theta > fp \\ \quad \parallel \text{“Ok.”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“No cumple.”} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo6} = \text{“Ok.”}$$

- N= Fuerza de compresión perpendicular actuante.
- fp= Esfuerzo de aplastamiento.

*Imagen 114 Cheque esfuerzos de aplastamiento.
Fuente: Mathcad.*

Para finalizar se pide la comprobación de la deformación por aplastamiento según lo estipulado en (G.3.5.3) con lo cual se tiene:

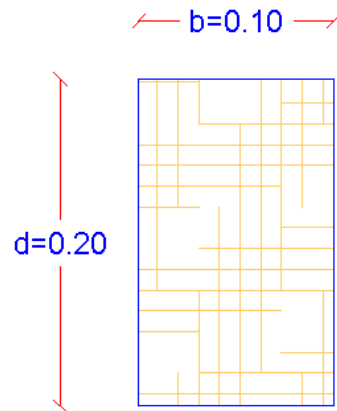
$$\Delta d := \frac{fp \cdot d}{E'0.5}$$

$$\Delta d = 0.003 \text{ mm}$$

$$\text{Chequeo7} := \begin{cases} \text{if } \Delta d_{admi} > \Delta d \\ \quad \parallel \text{“Ok.”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“No cumple.”} \end{cases}$$

$$\text{Chequeo7} = \text{“Ok.”}$$

*Imagen 115 Deformación por aplastamiento.
Fuente: Mathcad.*



*Imagen 116 Sección de diseño.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

5.2.3 Planos estructurales

Para la elaboración de los planos estructurales se usa el software de dibujo AUTOCAD de uso común en el ámbito ingenieril, procurando hacer cortes en perfil para suministrar de manera más precisa la información para que el constructor se le facilite la interpretación de estos, también es indispensable manejar una notación adecuada y suministrando la información de manera ordenada como son los espaciamientos de los aceros los diámetros de estos las especificaciones técnicas etc. A continuación, se muestran algunos detalles de los planos estructurales:

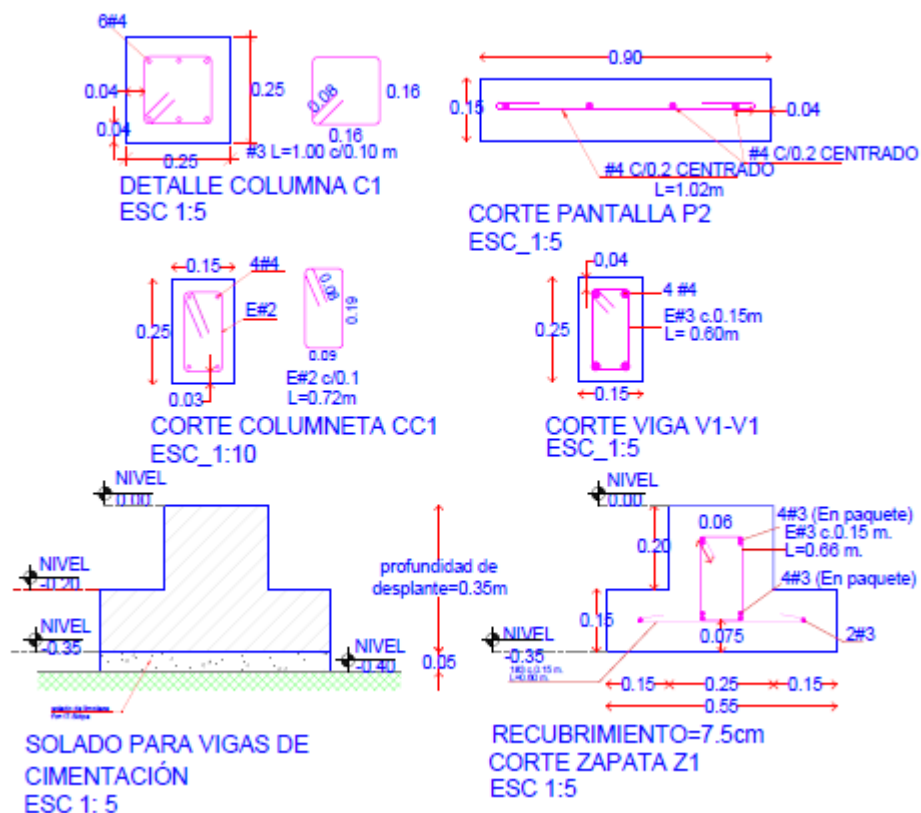


Imagen 117 Elementos estructurales.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

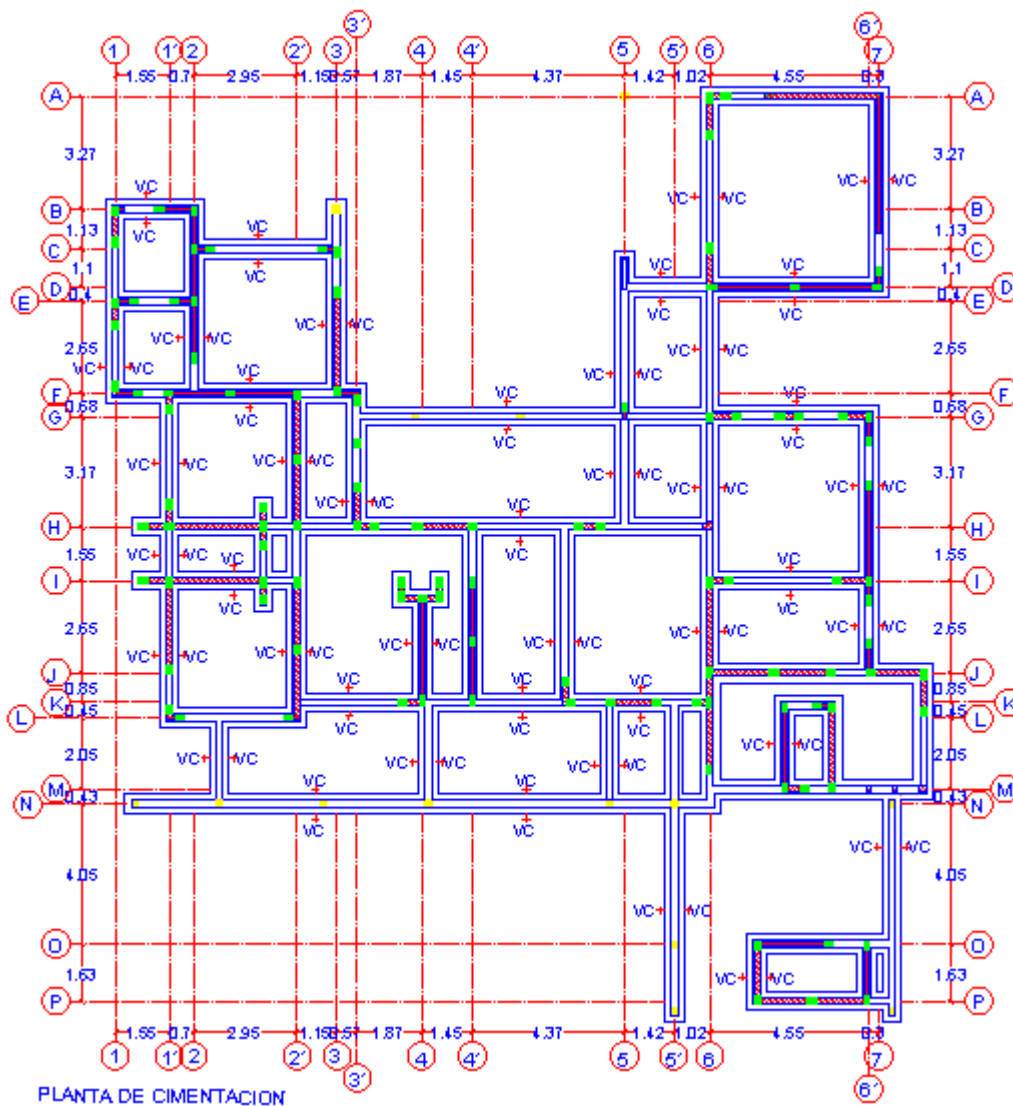


Imagen 118 Planta de cimentación.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

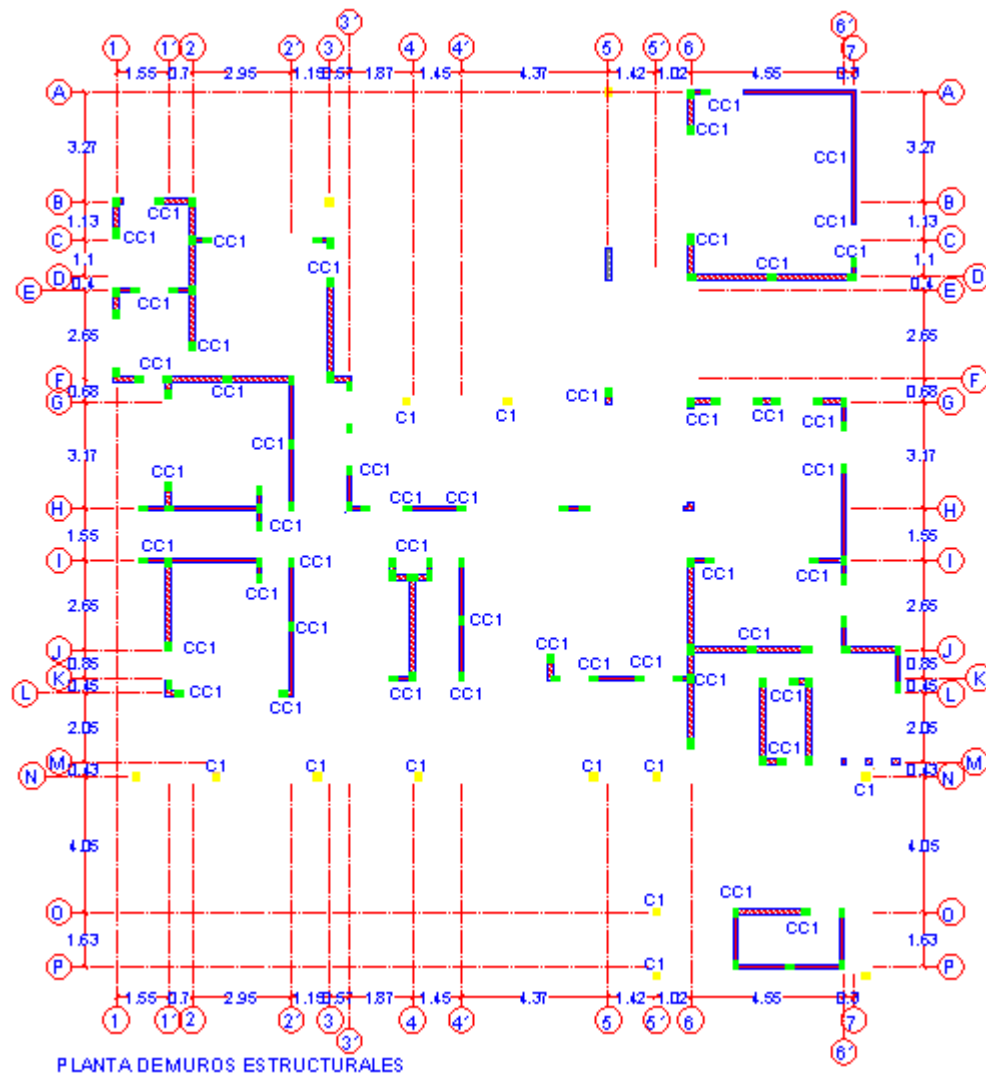


Imagen 119 Planta de muros.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

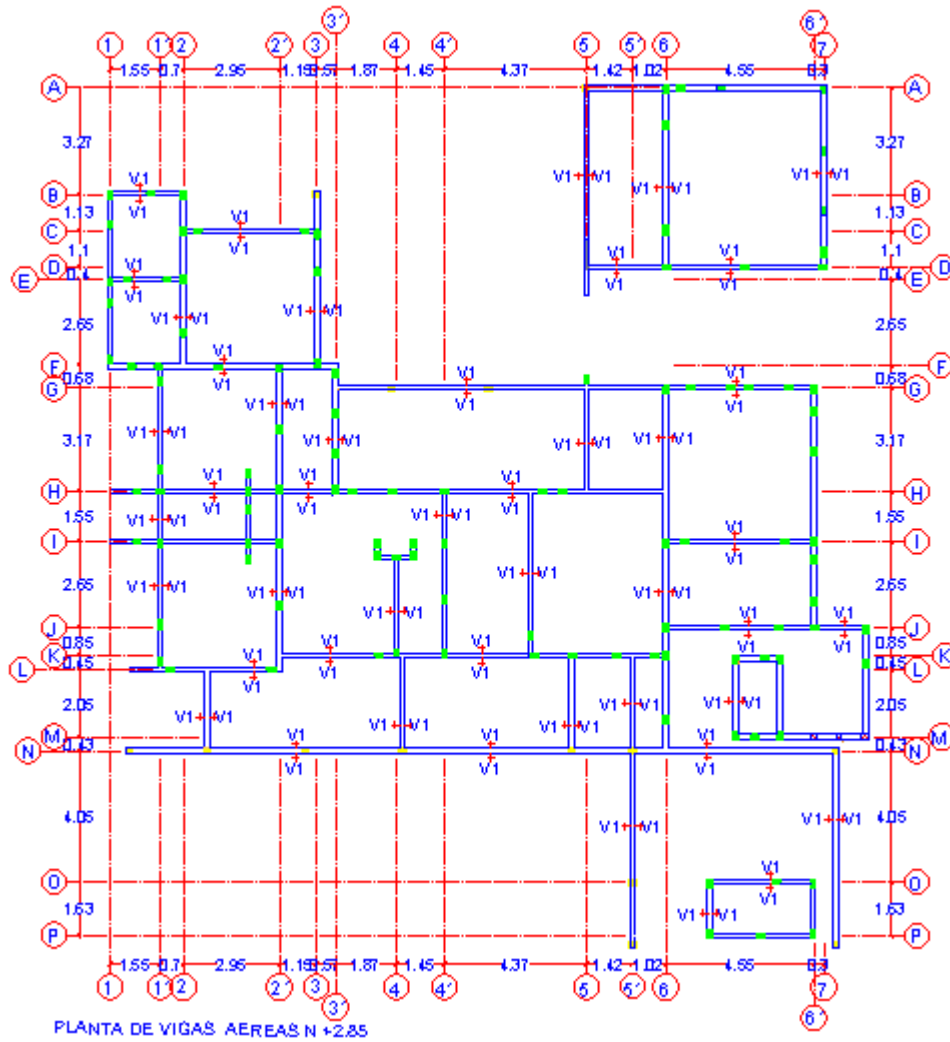
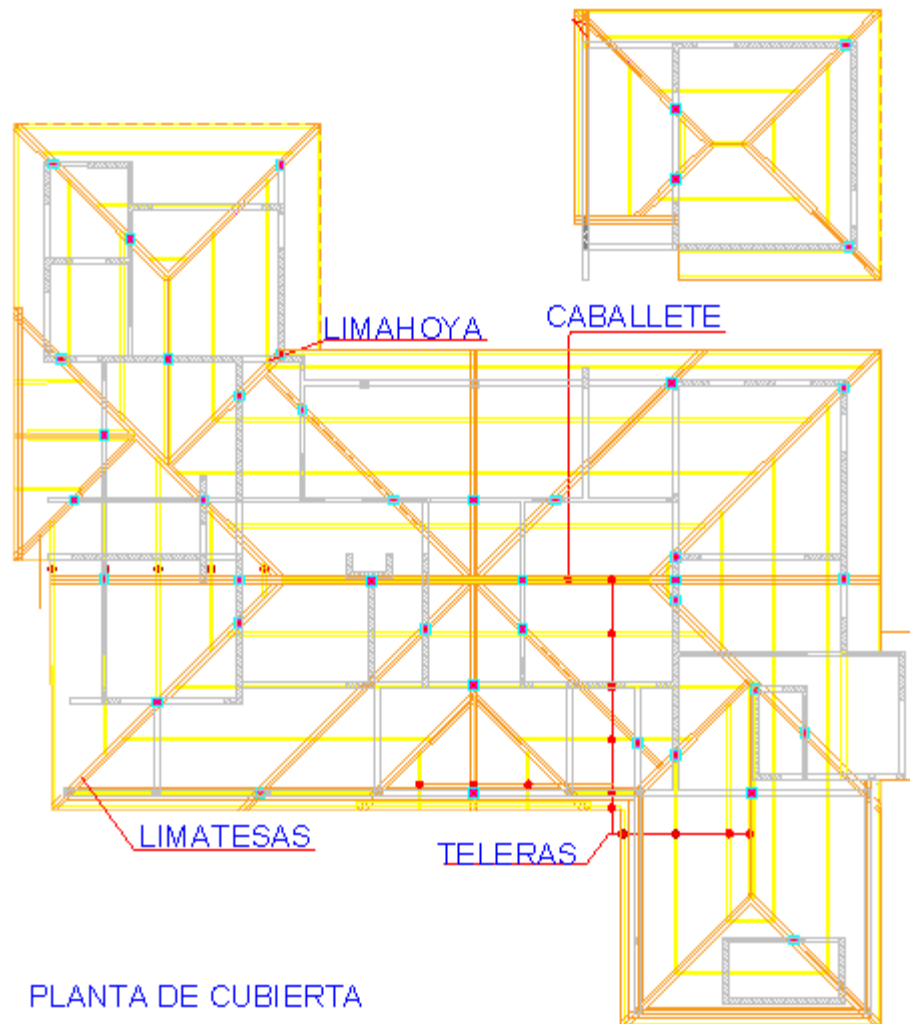


Imagen 120 Planta de vigas aéreas.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



*Imagen 121 Planta de cubieta.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

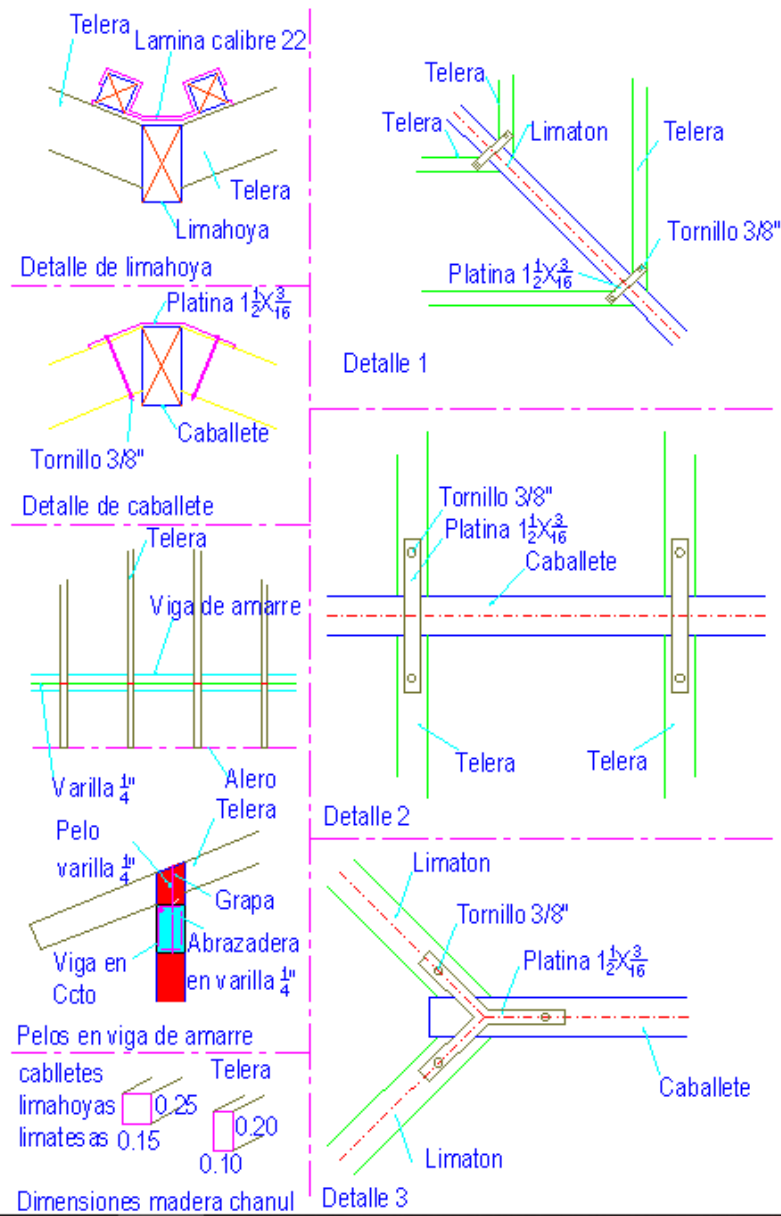


Imagen 122 Detalles elementos de cubierta.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S

5.3 VISITA PARA PERITAJE ESTRUCTURAL VIVIENDAS LOCALIZADAS EN POPAYÁN, (PREDIO ID 382)

5.3.1 Información de Entrada

Se le solicito a la empresa H y C ingeniería estructural Colombia S.A.S que realizara un peritaje estructural en la Cra 11 entre calles 4^{ta} y 5^{ta} donde se visitan la totalidad de 13 predios correspondientes a edificaciones los cuales estaban identificados con los ID'S 371 a 383, para efectos prácticos se describe en este informe la intervención echa en el predio ID 382, el cual está ubicado en la Cra 11 No. 4-92, esta edificación tiene un uso residencial y comercial, la inspección es efectuada para tener una idea detallada de la intervención que tendrán estos predios debido a la ampliación vial de la Cra 11, área total construida de $107.55 m^2$, el área afectada por dicha intervención es de $17.13 m^2$, así, la intervención es del 15.93%, la cual se considera como una afectación de tipo parcial para la edificación, la inspección tiene como por objeto identificar el sistema estructural del que está compuesta, realizando una inspección visual de los elementos constituyentes de la estructura y con base al estado y dimensionamiento que estos presentan, poder emitir un concepto general de las condiciones en las que se encuentra la edificación.



*Imagen 123 Localización edificación ID 382.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

5.3.2 Visita edificación ID 382

En la realización de esta visita se contó con un equipo conformado por, dos ingenieros civiles, un auxiliar de ingeniería, una arquitecta y un delineante de arquitectura, ya que se requiere unos levantamientos arquitectónicos adicionales al peritaje de la edificación, se evidencio que la estructura objeto de inspección consta de dos pisos con una configuración irregular en planta, edificación que corresponde a un sistema estructural de muros de carga en mampostería confinada, ya que está configurada con columnetas y viguetas. El estado de la misma es bueno pero la edificación no se ajusta a los requerimientos actuales de la NSR-10 ya que su antigüedad es considerable.



*Imagen 124 Fachada edificación ID 382.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

Al realizar la inspección visual en el interior de la vivienda, se observa que los muros en mampostería presentan confinamiento mediante columnetas como es el caso del muro de la imagen 50, se evidencia unas grietas en el extremo del marco al final de la columneta, debido posiblemente a la falla en el confinamiento, no se observa elementos de confinamiento en el marco de la ventana que aportan rigidez, ya que al tener vanos mayores al 35% del área del muro, este compromete su estabilidad, no se observan otras anomalías.



*Imagen 125 Configuración muros edificación.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

En las siguientes fotografías se puede observar las dimensiones de las columnetas que conforman la estructura de la edificación ($0.30\text{ m} \times 0.30\text{ m}$) y ($0.20\text{ m} \times 0.20\text{ m}$) correspondientes al local y la vivienda respectivamente, es evidente que las columnetas del local son pertenecientes a una estructura adicional construida posteriormente que tiene como objeto dar apoyo al segundo piso, no hay indicios de fallos en los elementos que conforman el sistema estructural.



*Imagen 126 Columneta $0.30\text{ m} \times 0.30\text{ m}$ vivienda.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*



*Imagen 127 Columneta $0.20\text{ m} \times 0.20\text{ m}$ Local.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

En la siguiente fotografía se puede observar el local perteneciente a la edificación, los pisos en cerámica de alto tráfico sin anomalías evidentes, los muros pañetados y pintados sin presencia de humedad, esta área de la edificación se encuentra en buen estado y será afectada en su gran mayoría por el corte arquitectónico debido a la intervención vial.



*Imagen 128 Local comercial.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

En la siguiente fotografía se evidencia la existencia de un muro longitudinal central en mampostería confinada construido posteriormente a la edificación en su totalidad, este elemento separa la estructura original en dos viviendas, siendo una de estas la que se tiene por objeto de evaluación.



*Imagen 129 Muro en mampostería confinada ladrillo a la vista.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*

En la fotografía se observa un recinto único que conforma el segundo piso de la edificación, no hay evidencia de condiciones adversas en los elementos que conforman los muros de cargas, se detalla que el piso está conformado por tabletas de cerámica en perfecto estado como los muros

debidamente pañetados y pintados, no se evidencia presencia de humedades ni anomalías en los elementos estructurales, esta área también se verá afectada en un porcentaje importante debido a la intervención vial ya que se encuentra ubicado en la parte frontal de la edificación.



*Imagen 130 Segundo piso vivienda.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S*



5.3.3 Observaciones y recomendaciones del peritaje estructural ID 382

En esta visita se concluyó con el equipo de trabajo que la edificación presenta una condición buena en los elementos de la estructura de muros en mampostería confinada del primer y segundo piso, la configuración geométrica de la estructura garantiza un eventual reforzamiento estructural debido al corte generado por la intervención vial, para ello debe evaluarse técnica y económicamente la conveniencia de reforzar localmente, reforzar totalmente o demoler y reconstruir, que garantice como mínimo el comportamiento adecuado de los elementos cortados. En este sentido se propone realizar un reforzamiento estructural para la estabilización de la fachada de la vivienda como también el replanteo de elementos interiores como muros losas viguetas y columnetas, teniendo en cuenta que el reforzamiento total de la estructura implica prácticamente la demolición de la misma teniendo como resultado una relación benéfico costo baja.

Predio ID	382				
Sistema estructural	Mampostería simple	Mampostería confinada	X	Porticos	
No. Pisos	1 Piso	2 Pisos	X	3 Pisos	
Estado de la edificación	Malo	Regular		Bueno	X
NSR-10	Cumple	No cumple	X		
Tipo de afectación	Parcial	X	Total	Mixto	

Tabla 36 Resumen observaciones.
Fuente: H y C ingeniería Colombia S.A.S



6. CONCLUSIONES

Se reforzó los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera universitaria aplicando la teoría del concreto armado, análisis estructural limitándose a la normatividad que rige nuestro país (NSR-10) con lo cual se puede desarrollar un diseño estructural de forma correcta.

Se fortaleció el manejo de software y los conocimientos requeridos para un correcto desempeño en esta área de la ingeniería, ganado destreza en el desarrollo de los diseños estructurales identificando los errores más comunes que suelen cometerse y buscando la manera más eficiente para realizar el respectivo diseño estructural.

Se debe entregar planos ordenados, manejar la notación adecuada de acuerdo a su tamaño de escala, para que los constructores tengan una correcta interpretación de estos, para finalizar es importante resaltar que se debe tener una comunicación activa entre los involucrados en un proyecto ya que de esta manera se evitará contratiempos y retrasos en el desarrollo de este.



BIBLIOGRAFÍA

- [1]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO A; Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. BOGOTA, 2010.
- [2]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO B; Cargas. BOGOTA, 2010.
- [3]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO C; Concreto Estructural. BOGOTA, 2010.
- [4]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO D; Mampostería Estructural. BOGOTA, 2010.
- [5]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO G; Estructuras Madera y estructuras de guadua. BOGOTA, 2010.
- [6]. AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TITULO H; Estudios Geotécnicos. BOGOTA, 2010.