
**Trabajo de grado en modalidad pasantía
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL**



**Universidad
del Cauca**

NAYIBE RAMOS DAZA

COD:100412011165

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN
2017**

Trabajo de grado en modalidad pasantía
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Informe final de práctica profesional para optar al título de:
Ingeniera Civil

Director:
Ingeniero Juan Carlos Obando

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN
2017

Nota de Aceptación:

Firma del Director de Pasantía

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Popayán, ____ de Noviembre del 2017

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	4
LISTA DE IMÁGENES	7
AGRADECIMIENTOS	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN.....	11
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. INFORMACIÓN GENERAL	13
4.1. TÍTULO DE LA PASANTÍA	13
4.2. NOMBRE DEL PASANTE	13
4.3. ENTIDAD RECEPTORA.....	13
4.4. SEDE DE TRABAJO.....	13
4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD	13
4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	13
4.7. DURACIÓN.....	13
4.8. RECURSOS UTILIZADOS	14
4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA.....	14
4.8.2. PASANTE	14
4.9. METODOLOGÍA	14
4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS	14
5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA	16
5.1. DISEÑO ESTRUCTURAL PUESTO DE SALUD.....	16
5.1.1. Descripción	16
5.1.2. Localización del proyecto.....	16
5.1.3 Esquema arquitectónico	17
5.1.4. Consideraciones iniciales:	17

5.1.5. Analisis y diseño estructural:	19
5.1.6. Espectro de diseño de aceleraciones:	20
5.1.7. Representación de los periodos modales:	21
5.1.8. Umbral de daño:	21
5.1.9. Detalles de elementos de la estructura:.....	23
5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL CUBIERTA CANCHA MULTIPLE INSTITUCION EDUCATIVA BACHILLERATO PATIA.....	25
5.2.1. Descripción:	25
5.2.2. Localización del proyecto:.....	26
5.2.3. Esquema arquitectonico:	26
5.2.4. Consideraciones iniciales:	28
5.2.5. Resumen de medición y características de estructura metálica:	29
5.2.6. Analisis y diseño estructural:	30
5.2.7. Espectro de diseño de aceleraciones:	31
5.2.8. Diseño de muro:	31
5.2.8. Detalles de elementos de la estructura:.....	33
5.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA E.S.E HOSPITAL DE EL TAMBO (SECTOR CASA MEDICA)	34
5.3.1. Descripción:	34
5.3.2. Localización:	35
5.3.3. Reconocimiento de la edificación:	36
5.3.4. Planos de levantamiento estructural:.....	37
5.3.5. Evaluación estructural de casa de paso	38
5.3.6. Consideraciones iniciales:	39
5.3.7. Modelación estructural:.....	40
5.3.7.2. Cargas de granizo:.....	40
5.3.8. Espectro elástico de aceleraciones:.....	41
5.3.9. Espectro de diseño de aceleraciones:	41
5.3.10. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades:.....	42
5.3.11. Valores máximos de derivas:.....	43
5.3.12. Umbral de daño:	43
5.3.13. Detalle de elementos de la estructura:.....	45

5.3.14. Modelacion de la losa maciza de cubierta:	48
5.3.15. Cantidades de obra:.....	49
5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CONJUNTO RESIDENCIAL ALTOS DE COMPOSTELA	49
5.4.1. Descripción:	49
5.4.2. Localización:	49
5.4.3. Esquema Arquitectonico:	50
5.4.4. Consideraciones iniciales:	51
5.4.5. Cargas y materiales utilizados:	52
5.4.6. Modelación del tanque de almacenamiento:.....	52
5.4.7. Tensión maxima sobre el terreno:	56
5.4.8. Verificacion de deflexión en losa de tapa:.....	56
5.4.9. Implantación del tanque de almacenamiento:.....	57
5.4.10. Detalles de elementos de la estructura:.....	57
6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA	59
7. ANÁLISIS DE LOGRO DE LOS OBJETIVOS.....	60
8. CONCLUSIONES	61
9. BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	63

LISTA DE IMÁGENES

<i>Figura 1. Imagen en 3D de la Puesto de Salud El Cabuyo.</i>	16
<i>Figura 2. Localización del proyecto.</i>	16
<i>Figura 3. Planta arquitectonica del proyecto.</i>	17
<i>Figura 4. Corte general del Proyecto</i>	17
<i>Figura 5. Espectro elástico de aceleraciones.</i>	20
<i>Figura 6. Espectro de diseño de aceleraciones.</i>	20
<i>Figura 7. Representación de los periodos modales.</i>	21
<i>Figura 8. Espectro de diseño con umbral de daño.</i>	21
<i>Figura 9. Valor de mayor deriva en las columnas para sismo en X.</i>	22
<i>Figura 10. Valor de mayor deriva en las columnas para sismo en Y.</i>	22
<i>Figura 11. Ejemplo del despiece de columna tipo.</i>	23
<i>Figura 12. Ejemplo del despiece de viga de entrepiso.</i>	23
<i>Figura 13. Detalle de nivel de desplante de la cimentacion.</i>	24
<i>Figura 14. Ejemplo del despiece de zapata.</i>	24
<i>Figura 15. Ejemplo del despiece de viga de cimentacion.</i>	25
<i>Figura 16. Cancha multiple, Institucion Educativa Bachillerato Patia</i>	25
<i>Figura 17. Modelo en 3D del diseño de la estructura.</i>	26
<i>Figura 18. Localización del proyecto.</i>	26
<i>Figura 19. Planta arquitectonica del proyecto.</i>	27
<i>Figura 20. Corte longitudinal del proyecto.</i>	27
<i>Figura 21. Corte transversal del proyecto.</i>	27
<i>Figura 22. Espectro elástico de aceleraciones.</i>	30
<i>Figura 23. Espectros de diseño de aceleraciones.</i>	31
<i>Figura 24. Detalle de elementos de cimentacion.</i>	32
<i>Figura 25. Detalle de anclaje de muro a Zapata.</i>	32
<i>Figura 26. Ejemplo de despiece viga de cimentacion.</i>	33
<i>Figura 27. Ejemplo detalle viga de cimentacion.</i>	33
<i>Figura 28. Ejemplo despiece de Zapata.</i>	34
<i>Figura 29. Localización del proyecto.</i>	35
<i>Figura 30. Localización del proyecto.</i>	36
<i>Figura 31. Fotografias detalle de la estructura existente.</i>	36
<i>Figura 32. Planta de cimentacion Casa de Paso.</i>	37
<i>Figura 33. Planta de entrepiso Nivel +2.30m Casa de Paso.</i>	38
<i>Figura 34. Espectro elástico de aceleraciones.</i>	41
<i>Figura 35. Espectro de diseño de aceleraciones.</i>	42
<i>Figura 36. Representación gráfica del centro de masas</i>	43
<i>Figura 37. Espectro elastic de aceleraciones.</i>	44
<i>Figura 38. Derivas maximas para umbral de daño.</i>	44
<i>Figura 39. Modelo en 3D del diseño de la estructura.</i>	45
<i>Figura 40. Ejemplo despiece de columna de entrepiso.</i>	45
<i>Figura 41. Detalle de viga de</i>	46
<i>Figura 42. Detalles de Zapata corrida.</i>	46
<i>Figura 43. Planta de columnas nueva</i>	47
<i>Figura 44. Planta de vigas de entrepiso nuevas...</i>	47
<i>Figura 45. Detalles de losa maciza de cubierta.</i>	48
<i>Figura 46. Localización del proyecto.</i>	49

<i>Figura 47. Vista isometrica arquitectonica del proyecto.</i>	50
<i>Figura 48. Corte del tanque de almacenamiento y el edificio.</i>	51
<i>Figura 49. Cargas vivas minimas uniformemente distribuidas.</i>	52
<i>Figura 50. Vista en 3D del tanque de almacenamiento.</i>	52
<i>Figura 51. Cortante (Vu) en losa de tapa.</i>	53
<i>Figura 52. Momento (Mu) en losa de tapa.</i>	53
<i>Figura 53. Detalle de losa de tapa tanque de almacenamiento.</i>	54
<i>Figura 54. Ejemplo de despiece de muros del tanque.</i>	54
<i>Figura 55. Cortante (Vu) en losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).</i>	55
<i>Figura 56. Momento (Mu) en losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).</i>	55
<i>Figura 57. Detalle losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).</i>	55
<i>Figura 58. Tensiones sobre la losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).</i>	56
<i>Figura 59. Flecha sobre la losa de tapa del tanque.</i>	56
<i>Figura 60. Implantacion del tanque de almacenamiento.</i>	57
<i>Figura 61. Planta de losa de tapa.</i>	57
<i>Figura 62. Detalle mensula de apoyo losa de tapa.</i>	58
<i>Figura 63. Detalle vigas de losa de tapa.</i>	58

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios, y a mis padres que se esforzaron tanto para que fuera posible lograr obtener mi título de ingeniera civil. Especialmente a mi padre que aunque no este aquí estara muy orgulloso de que uno de sus sueños se este haciendo realidad.

Agradezco infinitamente a cada una de las personas que fueron parte de este camino en la lucha por ser una profesional, a mis profesores desde la escuela hasta la Universidad, a amigos y familiares que de algun modo me apoyaron.

A la Universidad del Cauca por ofrecerme una excelente educacion hacia mi formacion como ingeniera civil de la mano de los mejores profesores a nivel academico y de gran talento humano.

1. INTRODUCCIÓN

Según acuerdo N°051 de 2001 del Consejo Superior Universitario y la resolución N°281 del 10 de junio de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, que reglamenta el trabajo de grado en la facultad y establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial, se desarrolló el presente documento con el fin de describir el proceso que se desempeñó durante la pasantía como auxiliar de diseño estructural en la empresa HxC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

La pasantía resulta ampliamente beneficiosa para complementar los conocimientos adquiridos durante el periodo académico; durante esta se tuvo la oportunidad de participar en diferentes proyectos en los que se aclararon dudas que fueron surgiendo en medio de su desarrollo, además de tomar decisiones sobre los temas que afecten al proyecto.

Durante el desarrollo de la pasantía se pudo evidenciar que para el desarrollo de un proyecto estructural se hace necesario hacer uso de otras ramas de la ingeniería, como por ejemplo, el área de geotecnia, la cual proporciona la información necesaria sobre el terreno donde se construirá dicha estructura.

Al recibir un proyecto es necesario identificar diferentes variables como la zona donde se implantará la estructura, es decir, su localización, además del uso que tendrá, entre otras. Es importante apropiarse del proyecto tomándose el tiempo para analizar y estudiar los diferentes textos que se requieren para el diseño de este, así mismo el manejo de los softwares básicos los cuales son de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de poder culminar los requisitos para acceder al título como ingeniera civil y tener una noción más clara de cómo es el mundo laboral, se llevó a cabo esta pasantía, donde principalmente se va a ver aplicados conocimientos sobre el diseño estructural y el entendimiento de los parámetros que se desarrollan en la NSR-10, que es la principal guía de diseño.

Esta pasantía es el medio en el cual se pone en desarrollo conocimientos y actitudes del pasante como profesional de ingeniería civil, que se está preparando para servir a una sociedad, otorgándole mediante el diseño de estructuras, lugares seguros para habitación de las personas, por tanto la pasantía en H y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S aporta en gran medida, para que se apliquen y afiancen los conocimientos adquiridos el period académico.

Los proyectos en los que se participó contaron con el empleo de programas de diseño que ofrecen una variedad de herramientas que ayudan a que la aplicación de diferentes ítems de la concepción de la estructura, sean más entendibles y guían al pasante a verse involucrado en la toma de decisiones e implementación de ideas que ayudan a mejorar el diseño, otorgando la oportunidad de crecer como un ser responsable ética y socialmente e incentivando a que se siga estudiando e investigando acerca de las diferentes situaciones que se presentan, ideando posibles soluciones que favorecerán el criterio del futuro egresado.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar y participar en las actividades de un auxiliar de diseño estructural de manera consiente en los proyectos a desarrollar, de modo que lo que termine como resultado sea una edificación bien planteada y analizada de la manera más coherente y responsable.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los proyectos de manera completa, de tal forma que su diseño no se vea interrumpido por desconocimiento o inexistencia de información.
- Aplicar y conocer el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para su posterior aplicación y buena interpretación en los diferentes proyectos a desarrollar.
- Advertir de posibles inconvenientes que se estén presentando en los proyectos, para poder desarrollar una solución efectiva y económica para el modelo.
- Interpretar de manera coherente los planos, detalles, estudios de suelos, e información que se entrega acerca de la estructura de diseño, para llegar a un modelo entendible y bien desarrollado.
- Verificar que lo planteado, está bien desarrollado, solicitando asesoría a los diferentes tutores con los que se cuenta en el desarrollo de esta pasantía.

4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1. TITULO DE LA PASANTÍA

Pasante como auxiliar de diseño estructural

4.2. NOMBRE DEL PASANTE

Nayibe Ramos Daza

4.3. ENTIDAD RECEPTORA

H y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, empresa dedicada al desarrollo de obras civiles incluyendo asesoría, diseño, estudios, supervisión técnica, interventoría y construcción.

MISIÓN: Prestar servicio de asesoría, consultoría, diseño construcción y supervisión técnica de obras civiles a empresas, contratistas, ingenieros, arquitectos y personas naturales.

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 2020.

Dentro de su portafolio de servicios esta la asesoría, consultoría, diseño, construcción y supervisión técnica de estructuras.

4.4. SEDE DE TRABAJO

El desarrollo de la pasantía se lleva a cabo en la oficina de la empresa ubicada en la *carrera 7ª # 7N-66, Barrio El Recuerdo.*

4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD

- Ingeniero Juan Carlos Obando.

4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

- Ingeniero Carlos Ariel Hurtado

4.7. DURACIÓN

La pasantía da inicio el día 22 de junio y termina el día 22 de septiembre del año 2017, contando con una duración de 576 horas que son las requeridas por el programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

4.8. RECURSOS UTILIZADOS

4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA

El trabajo se lleva a cabo en la oficina, donde se requirió de computador, con los diferentes programas de diseño y dibujo con sus licencias, la NSR- 10, papelería y los cubículos de trabajo, todo esto fue proporcionado por la empresa.

4.8.2. PASANTE

Por parte del pasante solo fue necesario la disposición y una libreta de su propiedad, para la entrega de informes e investigación de bibliografía por su cuenta.

4.9. METODOLOGÍA

La jornada de trabajo empezó durante parte del mes de Junio, Agosto y Septiembre en horario de oficina, de Lunes a Viernes.

Los proyectos en los que se tuvo participación, comenzaban por un análisis de la información que se entregaba, como estudios de suelos y diseños arquitectónicos. Dependiendo de la complejidad de los diseños, era el tiempo que se empleaba para poder diseñarlos con ayuda de Cype y con los programas del PhD Juan Manuel Mosquera, aplicando las especificaciones de la NSR-10.

En el proceso de diseño se encontraban edificaciones donde se debía analizar los muros no estructurales, que, aunque no sean de la importancia de los elementos estructurales se deben tener en cuenta porque son parte fundamental de la concepción del modelo; para estos se empleaban hojas de cálculo de Excel y también para el chequeo de otros elementos, conociendo como era el funcionamiento interno de estas.

El diseño de cubiertas fue llevado a cabo en el programa Arquimet 2.0 desarrollado por Acesco y la Universidad del Norte (Unsoft), que ayuda en el diseño de perfiles metálicos de lámina delgada, para la estructura que va a soportar la cubierta.

4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

Los proyectos que se efectuaron eran dispuestos en AutoCAD, haciendo despiece de los elementos necesarios, cumpliendo con cortes y detalles de elementos tanto estructurales, como no estructurales.

Los planos que se desarrollan cuentan con planta de cimentación y los elementos que la conforman, las plantas de entrepisos con respectivo despiece de vigas, columnas y losas, planta de cubierta, con detalles de perfiles etc., cada planta contiene los ejes y cotas que ayudan a la ubicación de los elementos que conforman la edificación; también había planos con los detalles no estructurales y con las especificaciones de obra que fueran necesarias.

Además de los planos que se entrega tanto copia a curaduría como al dueño del proyecto, se entrega la memoria de cálculo, con todos los análisis, parámetros y cálculos que se desarrollaron y tuvieron en cuenta durante el proceso de diseño y memoriales de responsabilidad y formatos que sean necesarios para cada curaduría a la que se le presente el diseño.

Antes de la entrega de planos y memorias de cálculo se hacen reuniones con el dueño del proyecto para entregar avances y se hagan las observaciones que se consideren pertinentes.

5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

5.1. DISEÑO ESTRUCTURAL PUESTO DE SALUD

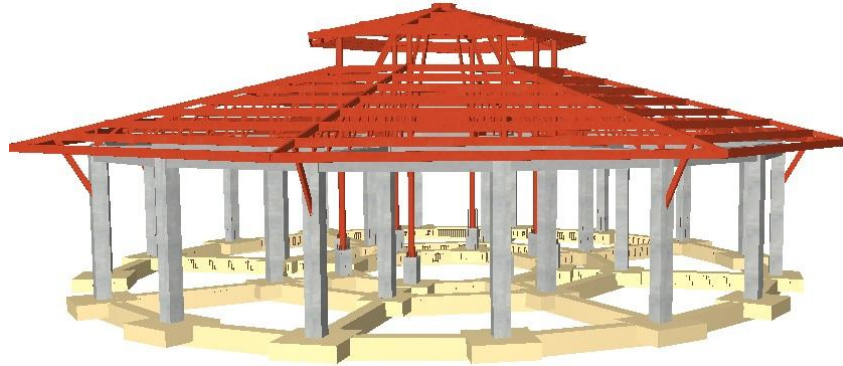


Figura 1. Imagen en 3D de la Puesto de Salud El Cabuyo.
Fuente: Cype 3D.

5.1.1. Descripción

Se realiza el diseño estructural para el Puesto de Salud El Cabuyo, ubicado en el resguardo de Yaquiva del municipio de Inza (Cauca). La estructura se compone de un piso con porticos de concreto reforzado y cubierta en estructura metálica.

5.1.2. Localización del proyecto

El puesto de salud se encuentra ubicado en el resguardo de Yaquiva en la zona rural del municipio de Inza (Cauca).

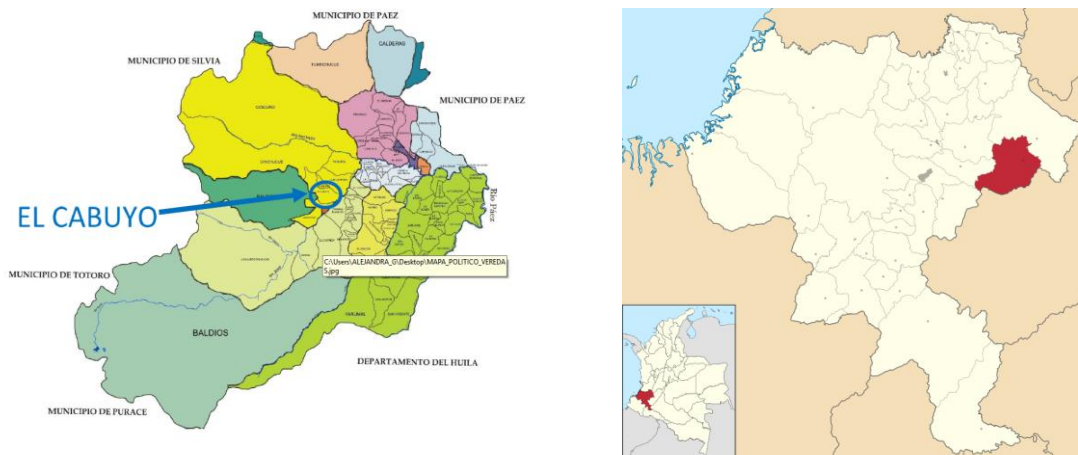


Figura 2. Localización del proyecto.
Fuente: Google maps

5.1.3 Esquema arquitectonico

La estructura se compone de un solo piso, con un radio de 9.48m, una cubierta dividida en 2, una central a una altura de 5.98 m y una cubierta exterior a una altura de 4.35m. A continuación se presenta la propuesta arquitectónica del Proyecto:

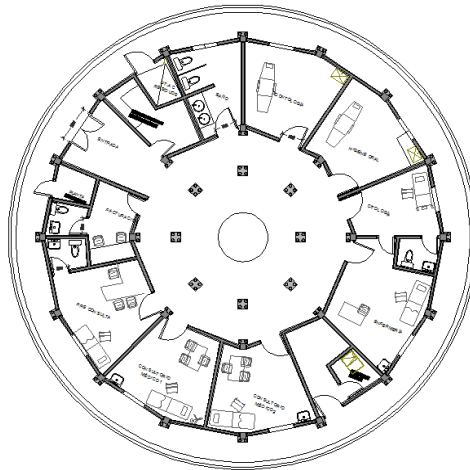


Figura 3. Planta arquitectónica del proyecto.
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

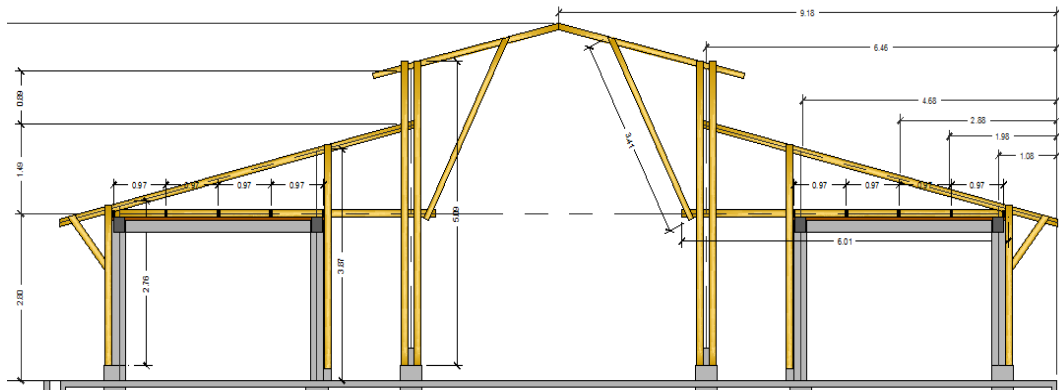


Figura 4. Corte general del Proyecto
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

5.1.4. Consideraciones iniciales:

La estructura está proyectada como un Sistema de porticos de concreto reforzado, con una cubierta en estructura metálica, considerando un grado de disipación de energía DES.

El Sistema de porticos se plantea con columnas y vigas de dimensiones de 30x30 cm.

La estructura que conforma la cubierta se diseña contemplando acero estructural ($f_y = 350\text{MPa}$), se dispone de cerchas en perfiles rectangulares para dar la forma deseada.

Con el estudio de suelos como informacion de entrada se obtuvieron los parametros del suelo, necesarios para el diseño de la cimentacion. A continuacion los parametros para el perfil de suelo tipo E, ademas de los parametros sismicos de la zona.

TABLA 1. PARAMETROS SISMICOS	
Zona de amenaza sismica	Alta
Aa	0.25
Av	0.20
Ae	0.12
Ad	0.06
Fa	1.45
Fv	3.20
I	II
Ro	7.00

El diseño de la cimentación se consideró con zapatas individuales amarradas con vigas, con un esfuerzo admisible del suelo de $7.80 \text{ Ton}/\text{m}^2$ dato obtenido del estudio de suelos entregado.

Las características de los materiales utilizados son los siguientes:

TABLA 2. RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	
Concreto	$f'c=21\text{Mpa}$
Acero de refuerzo	$f_y=420\text{Mpa}$
Estructura metalica	$f_y=350\text{Mpa}$

Las cargas que se tienen en cuenta para el diseño se describen en la Tabla 3. Para las cargas de viento se considera una velocidad promedio del viento de $150\text{Km}/\text{h}$ y dado que la carga de granizo según lo que se estipula en la NSR-10 en el titulo B.4.8.3.1 se tienen en cuenta para zonas que estén por encima de los 2000m. s. n. m , en este caso no se tiene en cuenta debido a que el municipio de Inza se encuentra a una altura promedio de 1800 m. s. n. m

TABLA 3. CARGAS		
CARGA MUERTA	Teja de fibrocemento	$0.20 \text{ KN}/\text{m}^2$
	Estructura metalica	$0.10 \text{ KN}/\text{m}^2$
CARGA VIVA	De cubierta	$0.50 \text{ KN}/\text{m}^2$

TABLA 4. Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_v (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero conformado	ASTM A 572 50 ksi	203000.00	0.300	78076.92	345.00	0.000012	77.01
	ASTM A 36 36 ksi	203000.00	0.300	78076.92	250.00	0.000012	77.01
Hormigón	f'c=210	21551.49	0.200	8979.79	-	0.000010	24.53

Notación:
E: Módulo de elasticidad
 ν : Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
 f_v : Límite elástico
 α_t : Coeficiente de dilatación
 γ : Peso específico

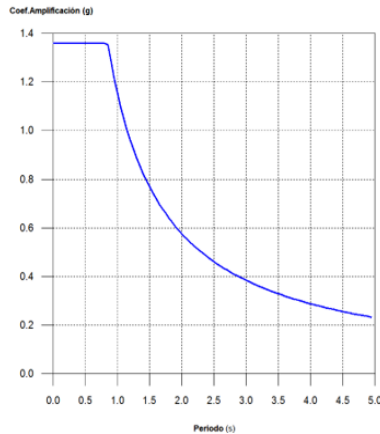
TABLA 5. Características mecánicas de los materiales									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero conformado	ASTM A 572 50 ksi	1	5" X 3.4, (Tubos)	14.56	13.10	13.10	338.30	338.30	676.59
		2	120 x 60 x 2, (Perfil Rectangular [I])	6.86	1.93	3.93	129.22	44.63	108.50
		3	60 x 40 x 2, (Perfil Rectangular [I])	3.65	1.19	1.93	17.64	8.63	18.84
		4	160X60X15X1.5, (Perfiles PHR (C))	4.50	1.46	2.34	178.55	21.25	0.03
	ASTM A 36 36 ksi	5	120 x 60 x 2, (Perfil Rectangular [I])	6.86	1.93	3.93	129.22	44.63	108.50
		6	160X60X15X1.5, (Perfiles PHR (C))	4.50	1.46	2.34	178.55	21.25	0.03
Hormigón	f'c=210	7	30x30, (Viga descolgada rectangular)	900.0 0	750.0 0	750.0 0	67500.0 0	67500.0 0	113400.0 0
		8	30x30, (Pilar rectangular)	900.0 0	750.0 0	750.0 0	67500.0 0	67500.0 0	113400.0 0

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
I_t: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

5.1.5. Analisis y diseño estructural:

El análisis de la estructura se da en el programa CYPECAD por el método dinámico elástico espectral, que plantea y resuelve las ecuaciones de equilibrio dinámico, manteniendo control sobre las propiedades de rigidez y resistencia de la estructura, para que su comportamiento sea lineal.

Con las ordenadas del espectro correspondiente al periodo de vibración en cada modo se calcula la respuesta dinámica máxima, para determinar los esfuerzos que se generan en la estructura sometida a una excitación que varía en el tiempo. El periodo fundamental aproximado que se determina en el análisis es de 0.13s, con un valor máximo de las ordenadas espectrales de 1.359g.



Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = 2.5 \cdot A_s \cdot F_a \cdot I \quad T \leq T_C$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_C \leq T \leq T_L$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.359 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Figura 5. Espectro elástico de aceleraciones.
 Fuente: Dato de Cype 3D.

5.1.6. Espectro de diseño de aceleraciones:

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

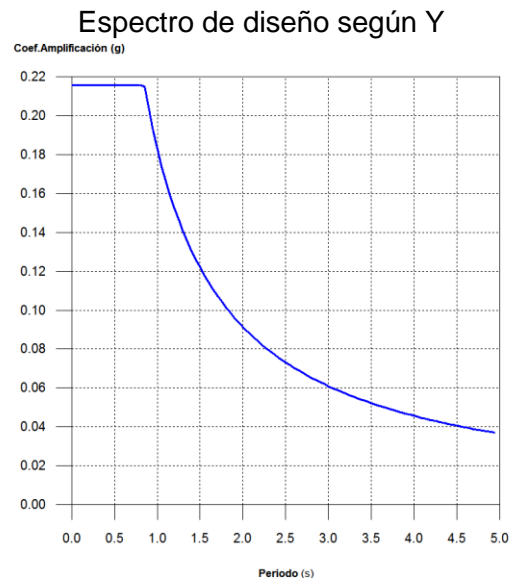
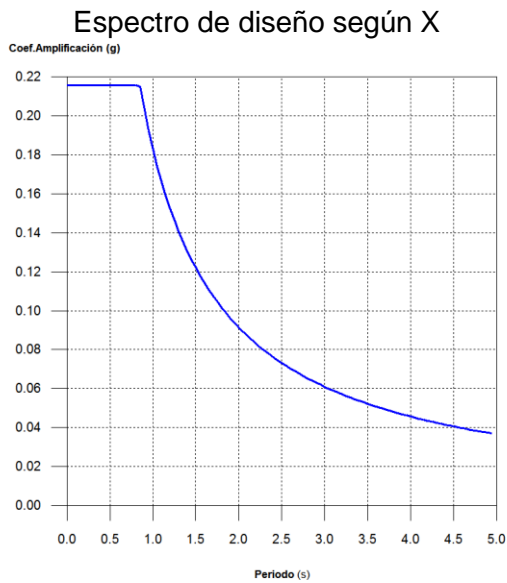


Figura 6. Espectro de diseño de aceleraciones.
 Fuente: Dato de Cype 3D.

5.1.7. Representación de los periodos modales:

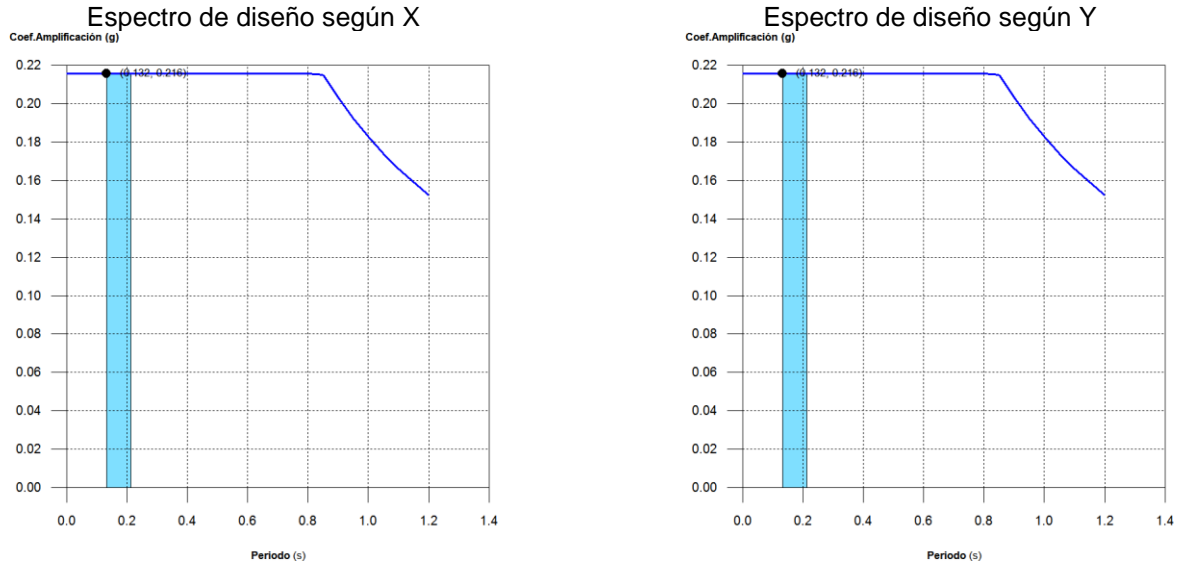


Figura 7. Representación de los periodos modales.
 Fuente: Dato de Cype 3D.

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

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 4	0.132	0.216

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.132	0.216

5.1.8. Umbral de daño:

Datos:

- $A_d=0.06$
- $S=4$
- $F_v=3.2$
- $A_a=0.25$
- $A_v=0.20$

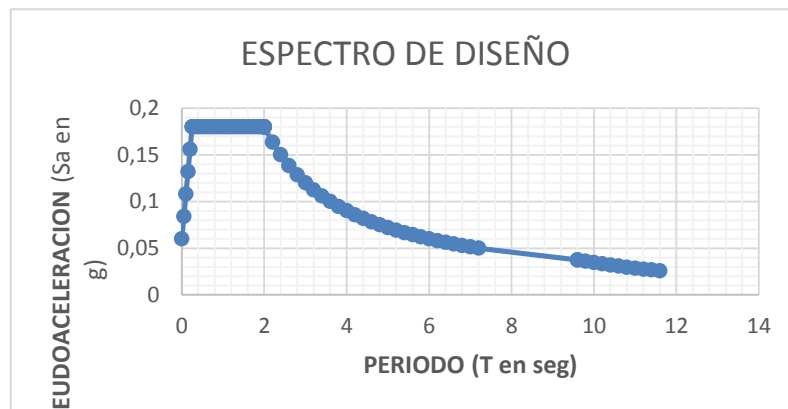


Figura 8. Espectro de diseño con umbral de daño.
 Fuente: Dato de hoja de cálculo.

5.1.8.1. Chequeo de derivas con umbral de daño:

- SISMO X

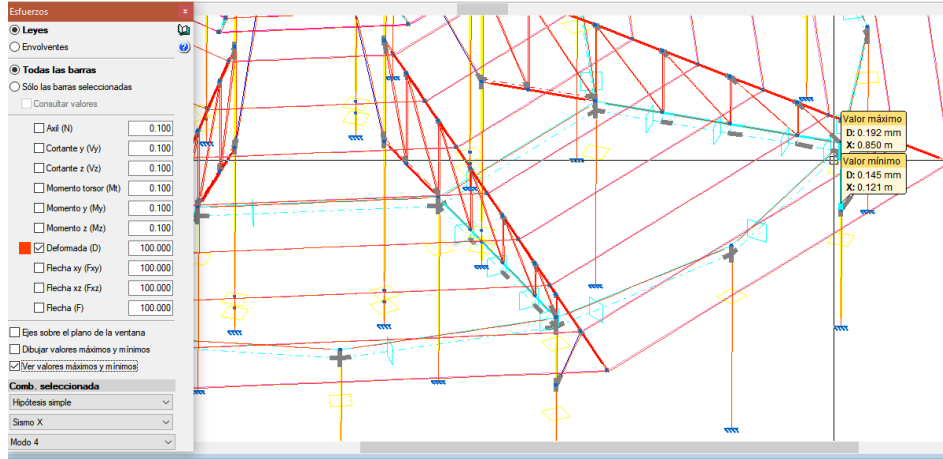


Figura 9. Valor de mayor deriva en las columnas para sismo en X
 Fuente: Dato de Cype 3D.

- SISMO Y

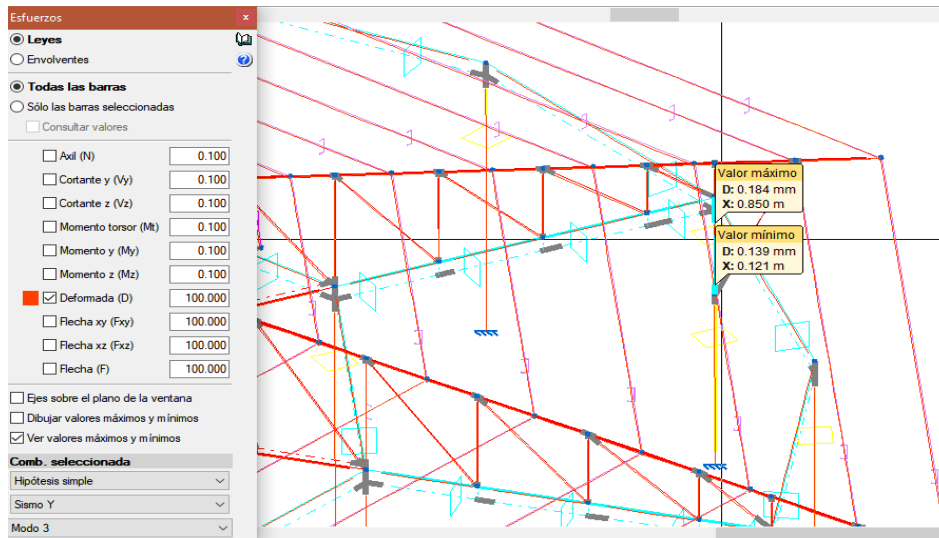


Figura 10. Valor de mayor deriva en las columnas para sismo en Y
 Fuente: Dato de Cype 3D.

$$\text{DERIVA MAX} = 0.2\text{mm} < \text{DERIVA ADMISIBLE} = 11.24\text{mm}$$

5.1.9. Detalles de elementos de la estructura:

El programa además de entregar los datos ya presentados, hace las comprobaciones pertinentes para vigas y pilares, muestra los despieces de los elementos estructurales, para que se efectúen los cambios que se consideren pertinentes y exporta datos para memoria y planos.

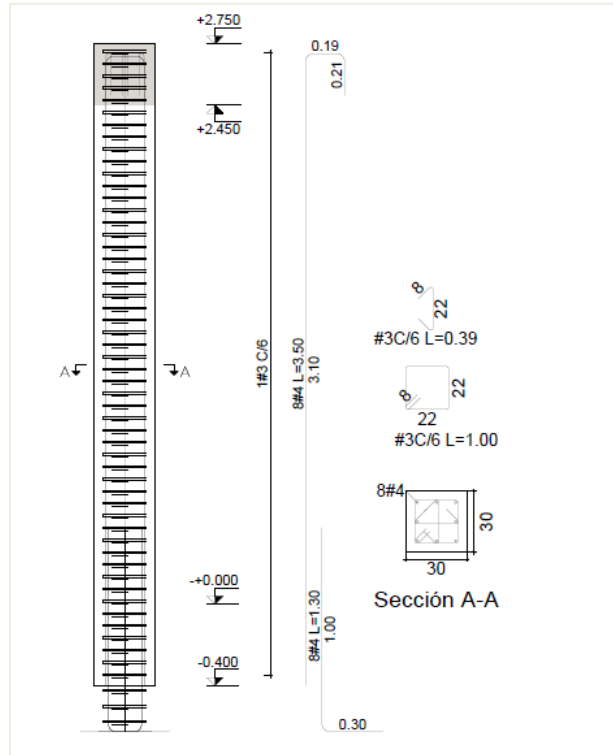


Figura 11. Ejemplo del despiece de columna tipo.
 Fuente: Planos del diseño estructural.

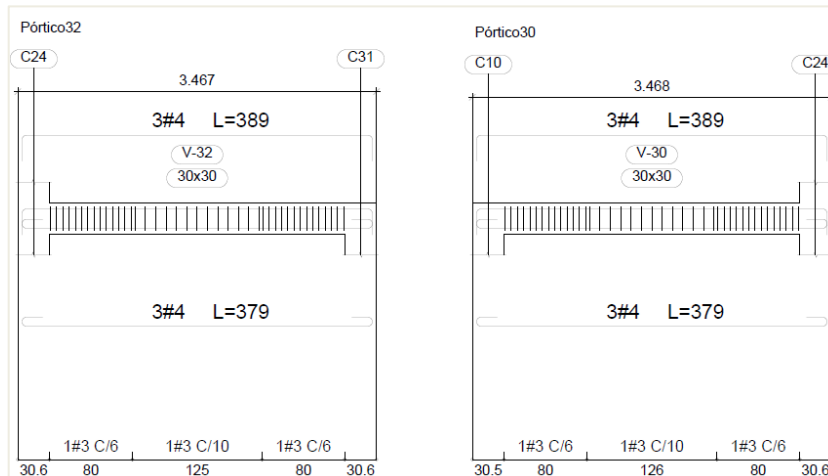


Figura 12. Ejemplo del despiece de viga de entreslabo.
 Fuente: Planos del diseño estructural.

Para el diseño de la cimentación, se tienen en cuenta los valores de las cargas que bajan por los pilares, el diseño de esta se considera con zapatas aisladas, con una profundidad de desplante de 0.70m según las consideraciones planteadas en el estudio de suelos.

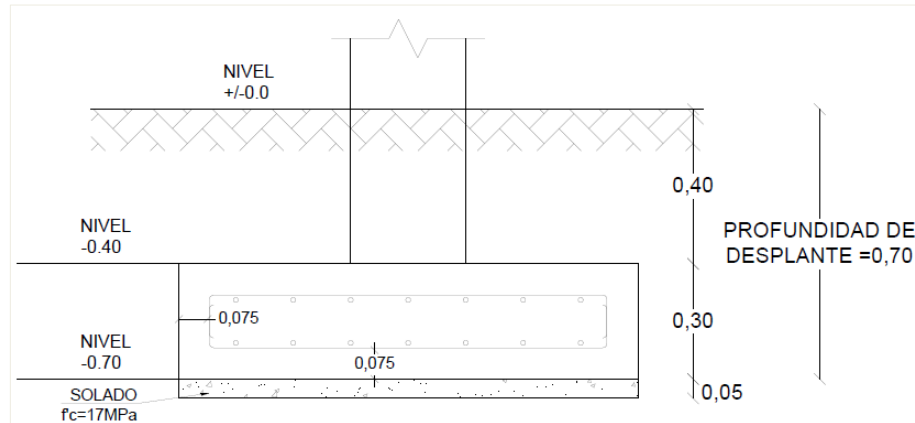


Figura 13. Detalle de nivel de desplante de la cimentacion.
 Fuente: Planos del diseño estructural.

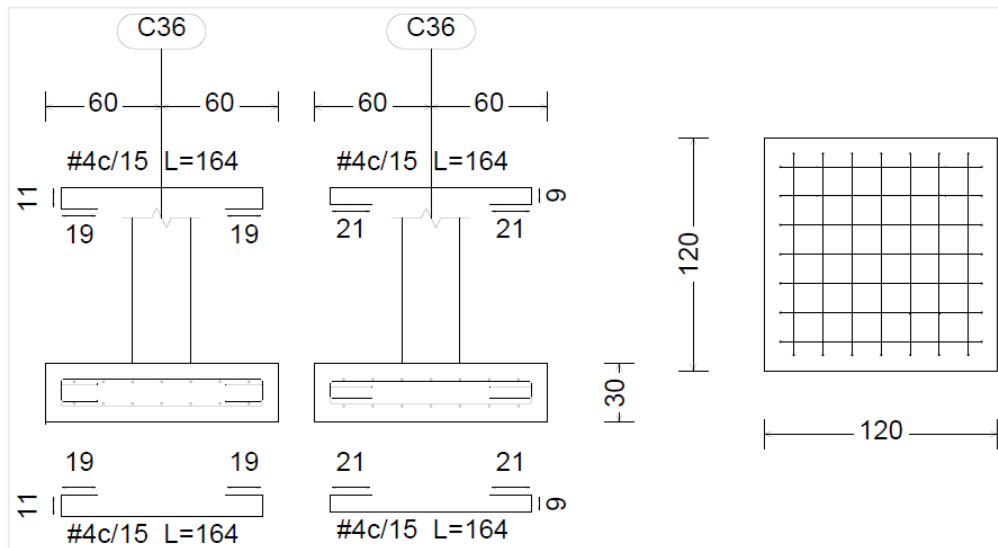


Figura 14. Ejemplo del despiece de zapata.
 Fuente: Planos del diseño estructural.

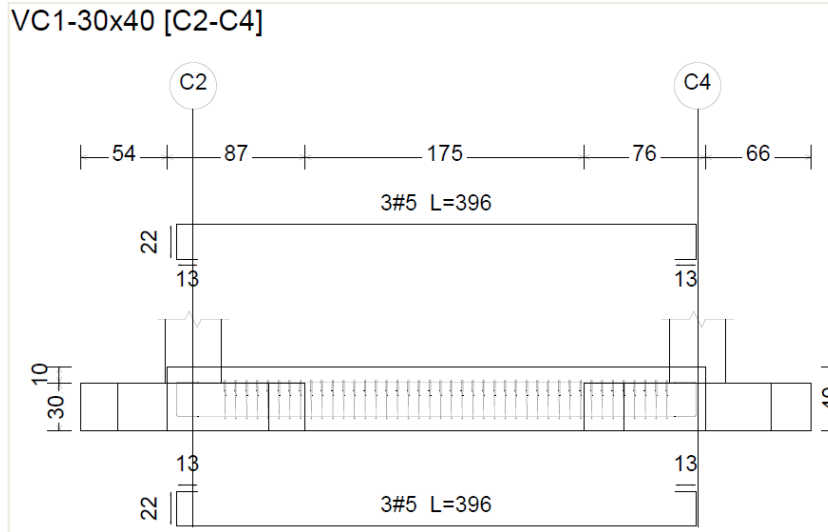


Figura 15. Ejemplo del despiece de viga de cimentacion.
Fuente: Planos del diseño estructural.

5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL CUBIERTA CANCHA MULTIPLE INSTITUCION EDUCATIVA BACHILLERATO PATIA

.5.2.1. Descripción:

El proyecto consiste en el diseño estructural de la cubierta para una cancha multiple de la Institucion Educativa Bachillerato Patia. La estructura se compone de un piso con porticos de acero que descansan sobre pedestales de concreto los cuales se apoyan sobre la cimentacion. La cubierta esta compuesta en estructura metalica.



Figura 16. Cancha multiple, Institucion Educativa Bachillerato Patia
Fuente: Estudio de suelos.

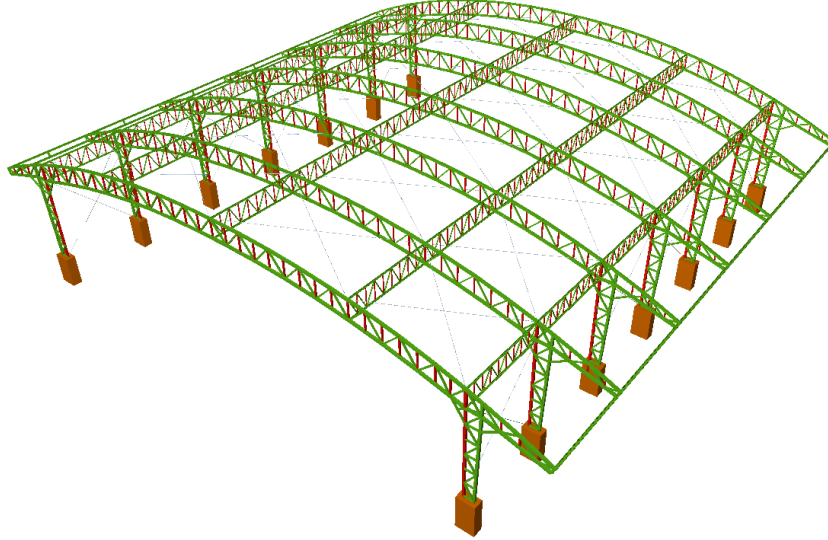


Figura 17. Modelo en 3D del diseño de la estructura.
Fuente: Cype3D, vista en 3D

5.2.2. Localización del proyecto:

El polideportivo se encuentra ubicado en el municipio de Patia en el departamento del Cauca.



Figura 18. Localización del proyecto.
Fuente: Google Maps.

5.2.3. Esquema arquitectónico:

La estructura se compone de un solo piso, una altura de columnas de 5.7m, A continuación se presenta la propuesta arquitectónica del proyecto:

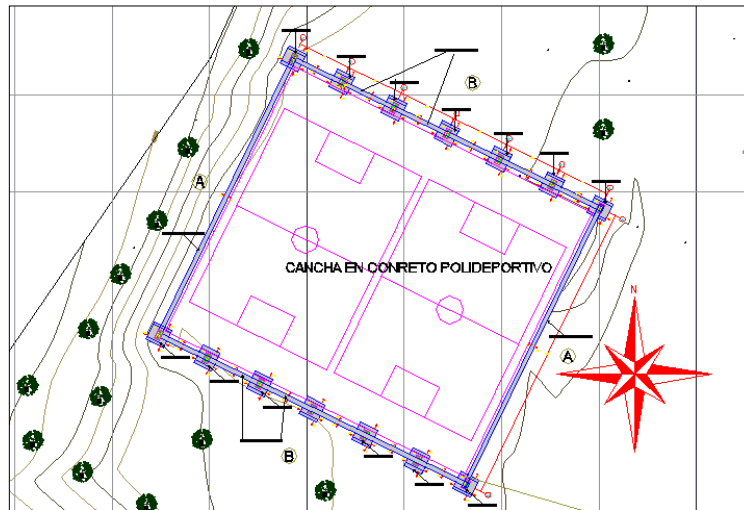


Figura 19. Planta arquitectónica del proyecto.
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

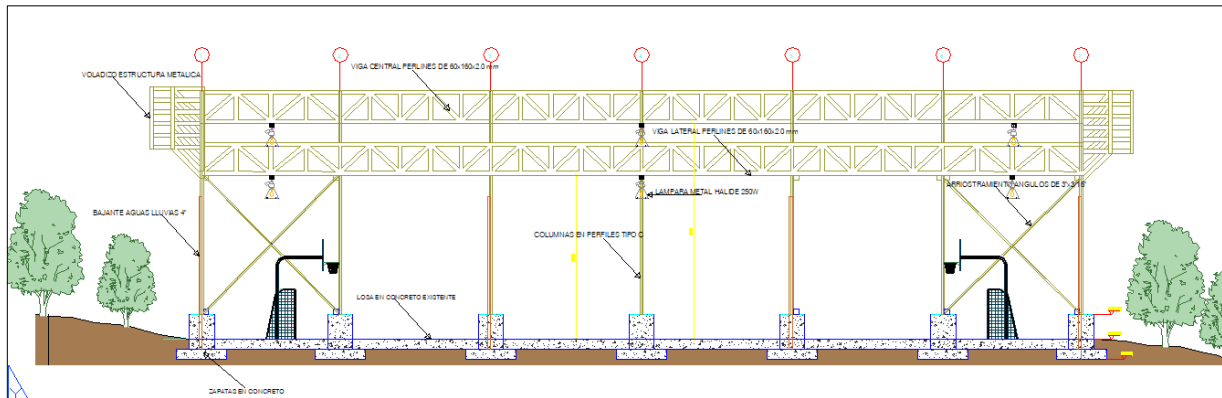


Figura 20. Corte longitudinal del proyecto.
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

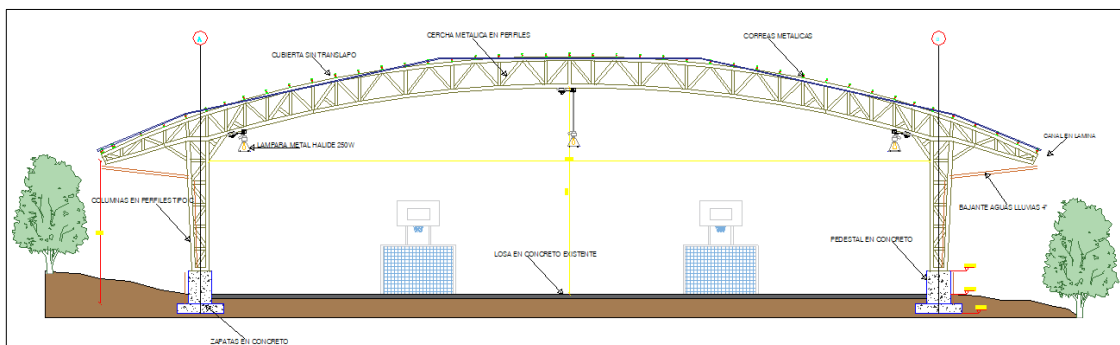


Figura 21. Corte transversal del proyecto.
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

5.2.4. Consideraciones iniciales:

La estructura esta proyectada como un Sistema de porticos de acero, con una cubierta en estructura metalica, considerando un grado de discipacion de energia DMI. Se plantearon 7 porticos principales ubicados a una distancia de 5.5m los exteriores y a 6m los porticos interiores, ademas de 5 cerchas riostras para los porticos principales La estructura que conforma la cubierta se diseña contemplando acero estructural ($f_y = 350MPa$).

Con el estudio de suelos como informacion de entrada se obtuvieron los parametros del suelo, necesarios para el diseño de la cimentacion. A continuacion los parametros para el perfil de suelo tipo C, ademas de los parametros sismicos de la zona.

TABLA 6. PARAMETROS SISMICOS	
Zona de amenaza sismica	Alta
Aa	0.25
Av	0.25
Ae	0.16
Ad	0.08
Fa	1.15
Fv	1.55
I	II
Ro	1.50

El tipo de cimentacion utilizada fueron zapatas individuales con vigas centradoras. Las características de los materiales utilizados son los siguientes:

TABLA 7. RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	
Concreto	$f'_c=21Mpa$
Acero de refuerzo	$f_y=420Mpa$
Estructura metalica	$f_y=345Mpa$

Las cargas que se tienen en cuenta para el diseño se describen en la Tabla 8. Para las cargas de viento se considera una velocidad promedio del viento de $120Km/h$ y dado que la carga de granizo según lo que se estipula en la NSR-10 en el titulo B.4.8.3.1 se tienen en cuenta para zonas que estén por encima de los $2000 m.s.n.m$, en este caso no se tiene en cuenta debido a que el municipio de Patia se encuentra a una altura promedio de $820 m.s.n.m$.

TABLA 8. CARGAS		
CARGA MUERTA	Teja de fibrocemento	0.20 KN/m ²
	Estrucutura metalica	0.15 KN/m ²
CARGA VIVA	De cubierta	0.50 KN/m ²

5.2.5. Resumen de medición y características de estructura metálica:

TABLA 9. Materiales utilizados estructura metálica							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	A36	200000.00	0.300	80000.00	250.00	0.000012	77.01
<p><i>Notación:</i> <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>ν: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α_t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i></p>							

TABLA 10. Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	A36	1	L 3 x 1/4", Doble en cajón soldado, (Cantoneira) Cordón discontinuo	18.58	8.87	8.87	173.42	173.42	2.49
		2	L 5 x 1/4", Doble en cajón soldado, (Cantoneira) Cordón discontinuo	31.46	15.32	15.32	836.87	836.87	4.23
		3	L 2.1/2 x 1/4", Doble en cajón soldado, (Cantoneira) Cordón discontinuo	15.34	7.26	7.26	100.84	100.84	2.06
		4	L 1.3/4 x 3/16", Doble en cajón soldado, (Cantoneira) Cordón discontinuo	8.00	3.78	3.78	26.03	26.03	0.60
		5	1/4", (Barra redonda)	0.32	0.29	0.29	0.01	0.01	0.02
		6	3/4", (Barra redonda)	2.85	2.57	2.57	0.65	0.65	1.29
		7	L 4 x 1/4", Doble en cajón soldado, (Cantoneira) Cordón discontinuo	25.02	12.10	12.10	422.00	422.00	3.36
<p><i>Notación:</i> <i>Ref.: Referencia</i> <i>A: Área de la sección transversal</i> <i>Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'</i> <i>Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'</i> <i>Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'</i> <i>Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'</i> <i>It: Inercia a torsión</i> <i>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</i></p>									

TABLA 11. Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m ³)	Serie (m ³)	Material (m ³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
		Cantoneira	L 3 x 1/4", Doble en cajón soldado	564.9			1.0		8240.4			
				86			50		8			
			L 5 x 1/4", Doble en cajón soldado	749.4			2.3		18509.			
				95			58		60			
			L 2.1/2 x 1/4", Doble en cajón soldado	685.5			1.0		8255.7			
				84			52		3			
L 1.3/4 x 3/16", Doble en cajón soldado	663.8	0.5	4168.6									
	04	31	9									
L 4 x 1/4", Doble en cajón soldado	144.4	0.3	2836.2									
	04	61	1									
A36	a			2808.2		5.3		42010.	71			

TABLA 11. Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado		Barra redonda	1/4"	265.406			0.008			65.98		
			3/4"	597.913	863.319		0.170	0.179	1337.79	1403.77		
						3671.592		5.531			43414.48	

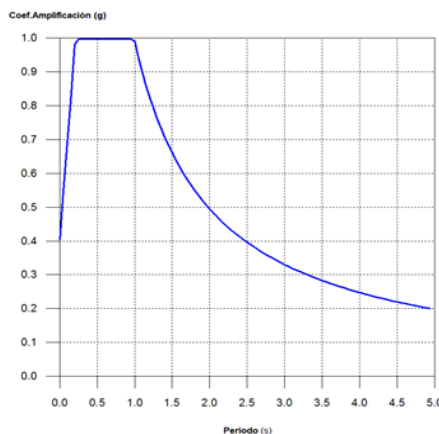
5.2.6. Analisis y diseño estructural:

El programa utilizado para el diseño de la estructura del presente proyecto es CYPE 3D el cual realiza cálculos de estructura en tres dimensiones de barras de hormigón, de acero, mixtas de hormigón y acero, de aluminio, de madera, o de cualquier material, incluido el dimensionamiento de uniones y de su cimentación con placas de anclaje, zapatas, encepados, correas de atado y vigas centradoras.

Permite la discretización de estructuras mediante láminas (elementos planos bidimensionales de espesor constante cuyo perímetro está definido por un polígono) para calcular sus esfuerzos y tensiones.

Con las ordenadas del espectro correspondiente al periodo de vibración en cada modo se calcula la respuesta dinámica máxima, para determinar los esfuerzos que se generan en la estructura sometida a una excitación que varía en el tiempo. Un valor máximo de las ordenadas espectrales de 0.997g.

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = 2.5 \cdot A_s \cdot F_a \cdot I \cdot \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T \leq T_0$$

$$S_{ae} = 2.5 \cdot A_s \cdot F_a \cdot I \quad T_0 \leq T \leq T_C$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_C \leq T \leq T_L$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es **0.997 g**.

NSR-10 (A.2.6.1)

Figura 22. Espectro elástico de aceleraciones.

Fuente: Dato de Cype 3D.

5.2.7. Espectro de diseño de aceleraciones:

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis

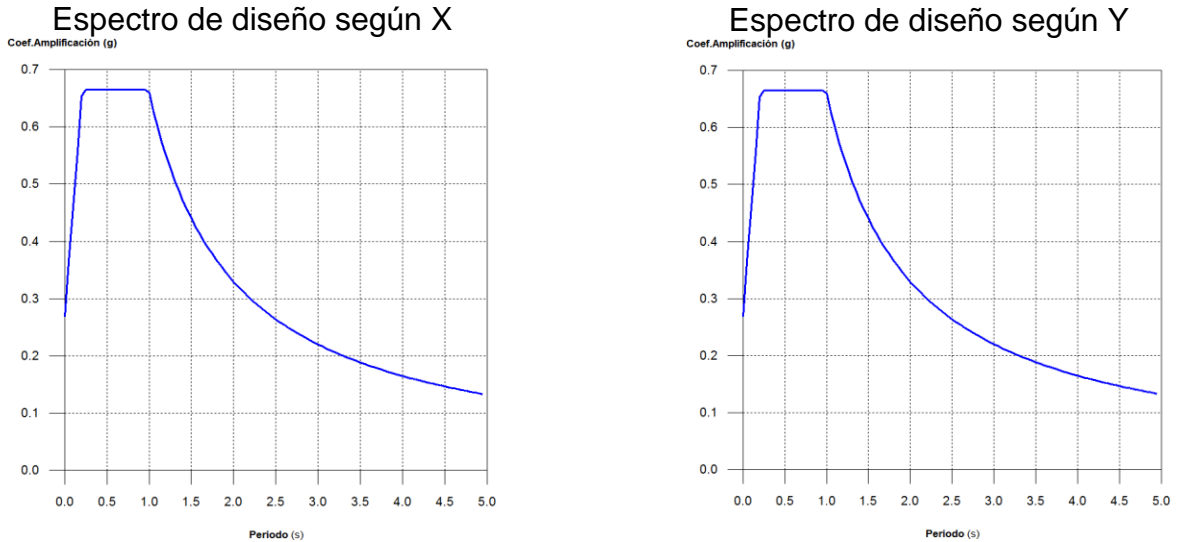


Figura 23. Espectros de diseño de aceleraciones.
 Fuente: Dato de Cype 3D.

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

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.380	0.665

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.395	0.665

5.2.8. Diseño de muro:

Para el diseño de la cimentación se considero que la opcion más conveniente desde el punto de vista técnico y económico corresponde a una cimentación superficial consistente en zapatas individuales por columna con su respectivo pedestal y viga de amarre en concreto reforzado, con un esfuerzo admisible del suelo de $15 \text{ Ton}/\text{m}^2$.

Debido a que la distancia transversal para amarrar las zapatas a traves de vigas centradoras es muy grande (30.90m) se opto por el diseño de un muro de manera que cuando se presente un sismo la estructura no sufra volcamiento hacia afuera. Además no fue posible plantear el diseño de un muerto atado a la zapata con una viga debido a que en el terreno ya esta la losa de la cancha y los dueños del proyecto solicitaron intervenir lo menos posible la losa de concreto.

Para el diseño de el muro se tuvo en cuenta el maximo momento originado por el sismo de manera que el muro pueda contrarrestar dicho momento con un factor de seguridad (FS) mayor a 2.

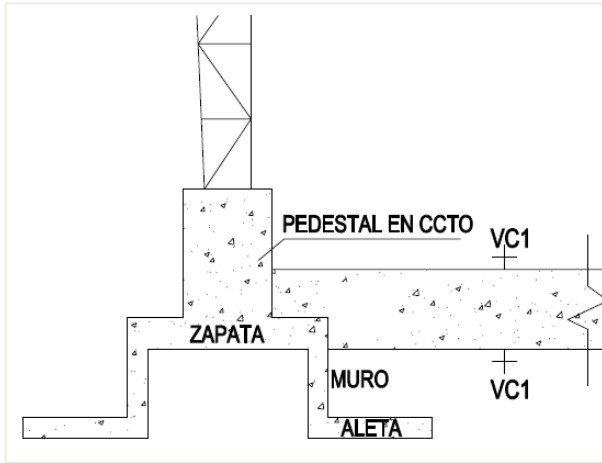


TABLA 12. Datos diseño de muro		
My	33.12	KN-m
Rx	24	KN
P	71	KN
L	2.5	m
Espesor 1	0.2	m
Espesor 2	0.25	m
H	1.5	m
b	1.55	m
γ_{ccto}	24	KN/m ³
γ_{suelo}	19.5	KN/m ³

Figura 24. Detalle de elementos de cimentacion.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

TABLA 13. Cálculo de momento estabilizante.			
Elemento	pp (KN)	Centroide	Momentos estabilizantes KN-m
Muro	18.0	0.1	1.8
Aleta	23.3	0.8	18.0
3(relleno)	94.5	0.8	73.2
Total	135.7		93.0
FS			2.81

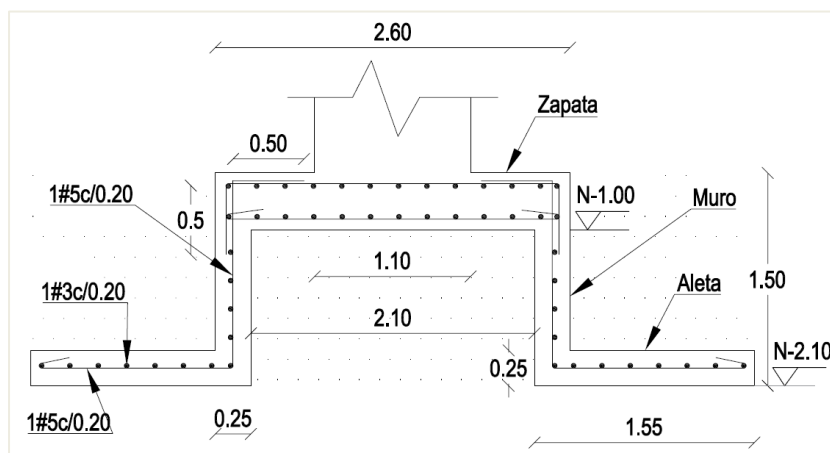


Figura 25. Detalle de anclaje de muro a Zapata.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

5.2.8. Detalles de elementos de la estructura:

El programa además de entregar los datos ya presentados, hace las comprobaciones pertinentes para vigas, muestra los despieces de los elementos estructurales, para que se efectúen los cambios que se consideren pertinentes y exporta datos para memoria y planos.

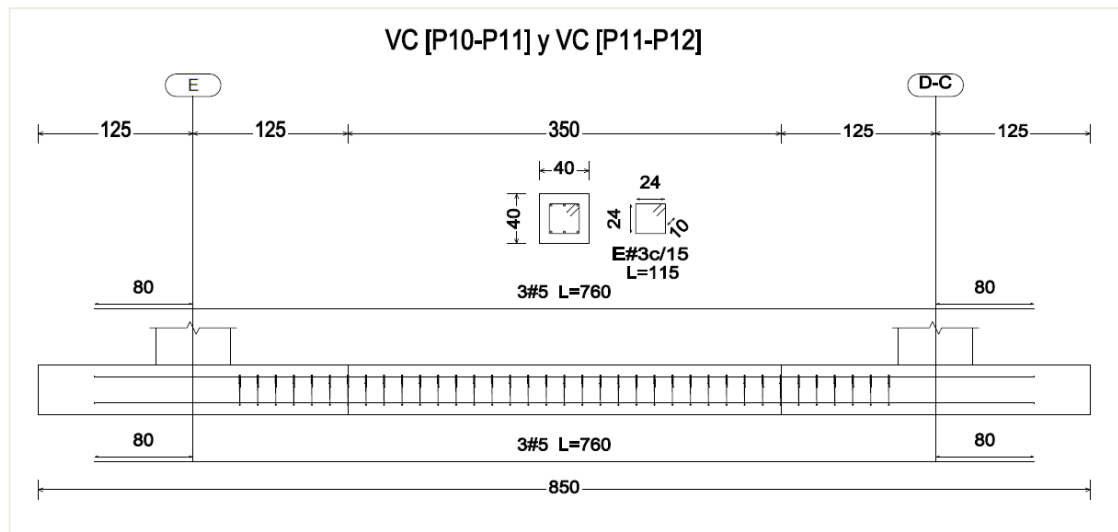


Figura 26. Ejemplo de despiece viga de cimentacion.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

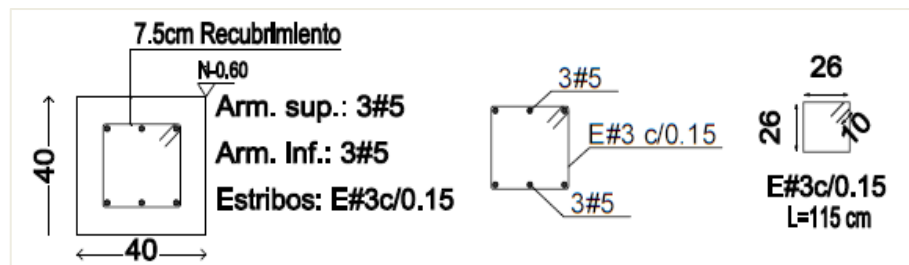


Figura 27. Ejemplo detalle viga de cimentacion.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

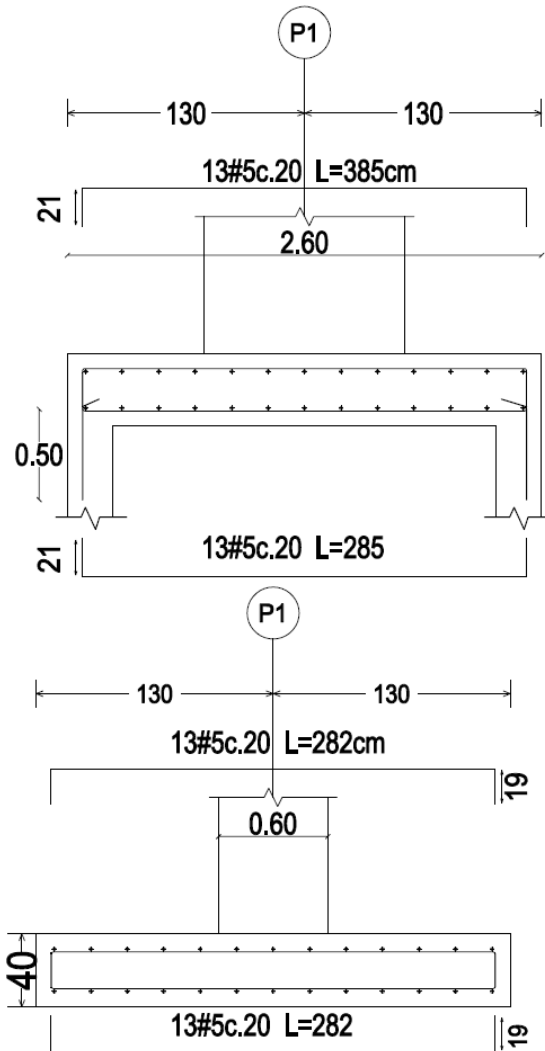


Figura 28. Ejemplo despiece de Zapata.
Fuente: Planos estructurales del proyecto.

5.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA E.S.E HOSPITAL DE EL TAMBO (SECTOR CASA MEDICA)

5.3.1. Descripción:

El Proyecto consiste en realizar verificaciones de tipo estructural a la edificación que funciona como empresa social del estado “Hospital de el Tambo” con el fin de hacer un reconocimiento de la estructura para determinar el cumplimiento con la actual Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10).

La estructura data del año 1978, motivo por el cual se solicitó una evaluación estructural que condujo en realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica por parte de los ingenieros Roger Ortega y Alfer Silva, tomando como base la Norma Sismo Resistente de 1998. Basados en estos estudios preliminares, se tiene los planos arquitectónicos y estructurales de la

edificación.

La estructura se encuentra dividida por sectores a saber: Bloque central (estructura 1A), sector 2, casa de paso, Caipe (Centro de atención integral a la población especial), sala de partos, circulación externa y zona de servicios. El análisis que se efectuó fue mediante una visita de inspección, para observar el estado actual de la edificación y así determinar posibles problemas estructurales, estableciendo si existen deflexiones excesivas, desplome de los elementos verticales, asentamientos excesivos del suelo y/o fisuras o agrietamientos. Posterior a esto se realiza una modelación de los sectores existentes usando el Software Cype con el fin de plantear un reforzamiento al sistema estructural existente acorde a la norma NSR-10.

Al pasante le correspondió el análisis de la estructura correspondiente a la Casa Medica la cual ahora se llama Casa de Paso.

5.3.2. Localización:

La empresa social del estado “Hospital de El Tambo” se encuentra ubicado en la carrera 5 # 4 - 60 en la cabecera municipal de El Tambo, departamento del Cauca.

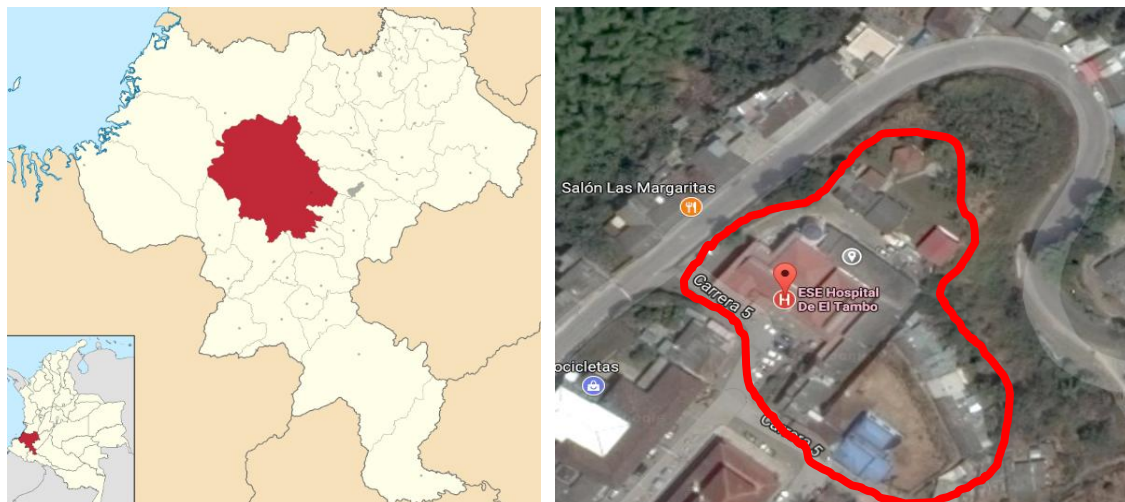


Figura 29. Localización del proyecto.

Fuente: Google Maps.

5.3.3. Reconocimiento de la edificación:

Se realiza una visita de reconocimiento de la estructura con el fin de corroborar la información proporcionada en los informes y planos desarrollados por los ingenieros Roger Ortega y Alfer Silva. En la **Figura.30** se describe la localización de diferentes y estructura que compone la E.S.E Hospital El Tambo.



Figura 30. Localización del proyecto.

Fuente: Plantas de reforzamiento – Archivos preliminares

En la estructura de la **Casa de Paso** se observan fisuras en los bordes de los muros y en las baldosas de los pisos, lo que identifica un deterioro de acabados y la falta de elementos portantes.



Figura 31. Fotografías detalle de la estructura existente.

Fuente: Archivos de visita al hospital

5.3.4. Planos de levantamiento estructural:

Como informacion de entrada se obtuvieron los planos de la estructura existente realizados por los ingenieros Roger Ortega y Alfer Silva en un estudio previo realizado con la NSR 98.

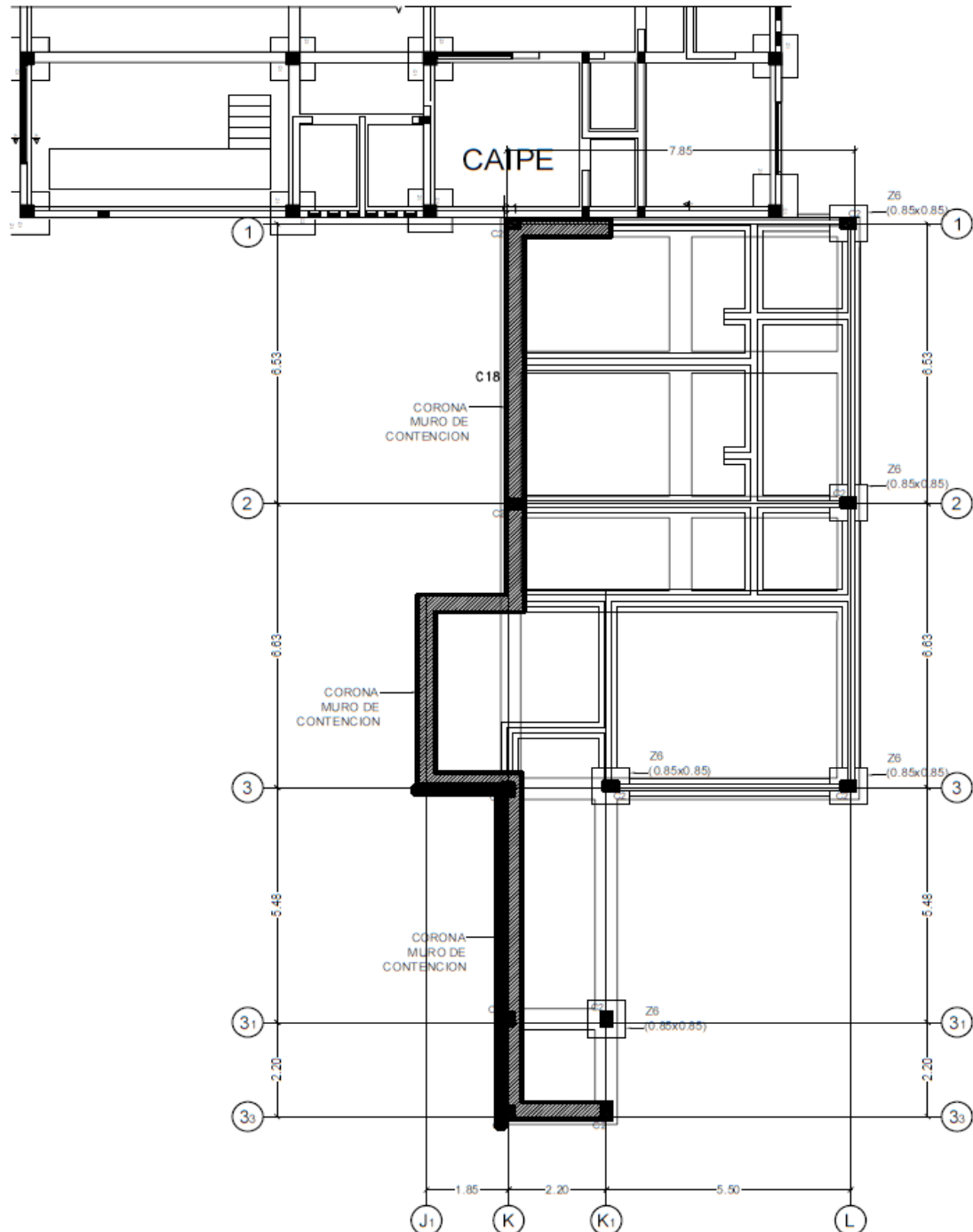


Figura 32. Planta de cimentacion Casa de Paso.
Fuente: Levantamiento estructural preliminar.

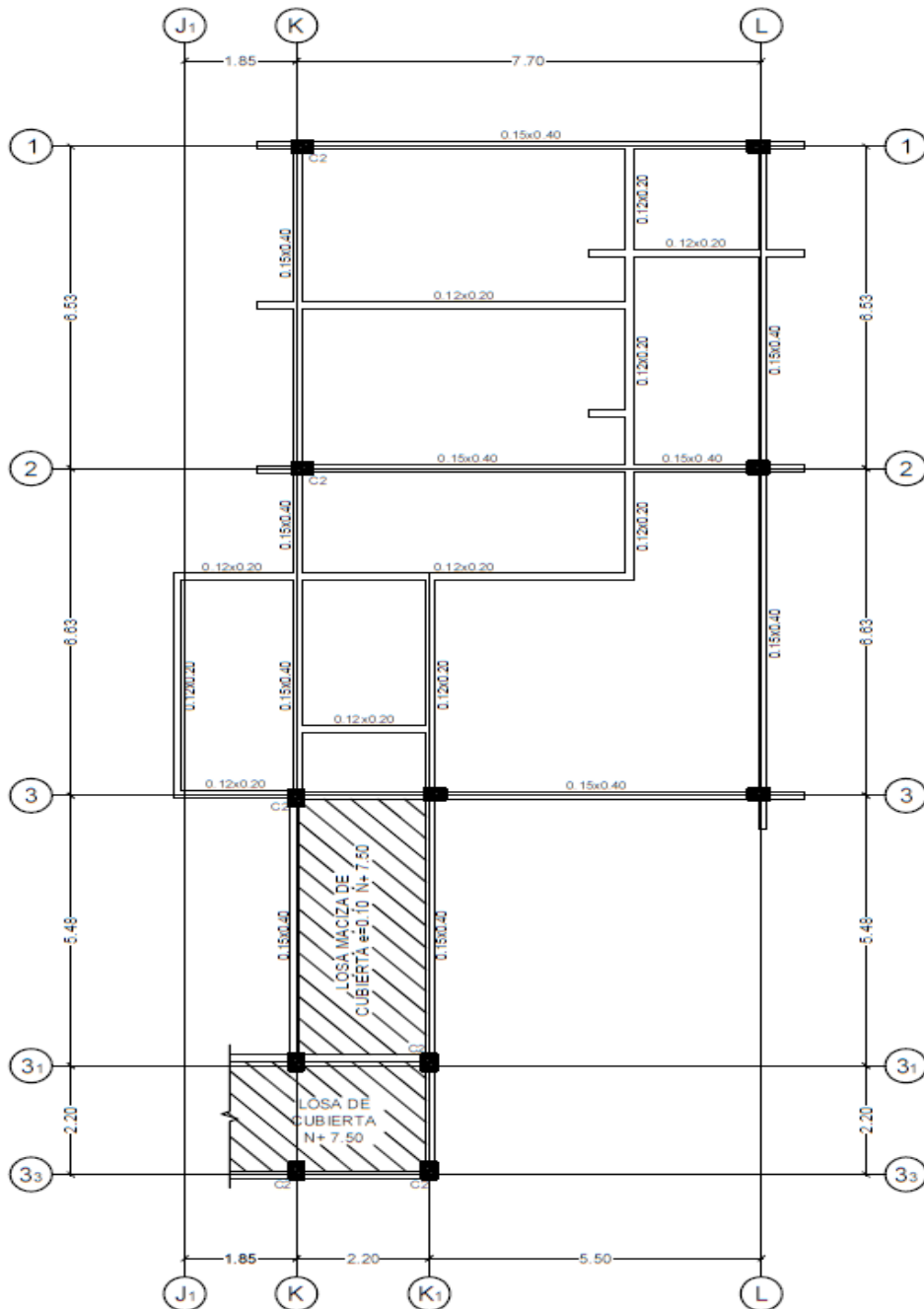


Figura 33. Planta de entrespiso Nivel +2.30m Casa de Paso.
 Fuente: Levantamiento estructural.

5.3.5. Evaluación estructural de casa de paso

La estructura a analizar cuenta con un área construida de aproximadamente $115.29m^2$, con una altura a vigas de entrespiso de $2.30m$, con sistema estructural de pórticos de concreto reforzado resistentes a momentos.

Durante la visita, se pudo observar fisuras en pisos y paredes que evidencian deficiencias en el sistema estructural actual: el estudio de la información preliminar y la posterior modelación corrobora el incumplimiento de dimensiones mínimas en algunos de los elementos, así como requerimientos de cuantía de acero mínima citados en el título C.21 – Requisitos de diseño sísmo resistente - de la NSR-10.

La inspección y la modelación determinan que elementos requieren reforzamiento, identificando que la mayor parte de la estructura debe ser intervenida con el fin de darle la resistencia y rigidez necesaria para cumplir con los requisitos de la NSR-10. Se analiza una de la estructura buscando dar cumplimiento con las dimensiones mínimas de las secciones estructurales.

5.3.6. Consideraciones iniciales:

Según la NSR-10 se puede clasificar al municipio El tambo en zona de amenaza sísmica alta.

Departamento del Cauca						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Popayán	19001	0.25	0.20	Alta	0.15	0.08
Almaguer	19022	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
Argelia	19050	0.35	0.25	Alta	0.09	0.06
Balboa	19075	0.30	0.25	Alta	0.16	0.08
Bolívar	19100	0.25	0.25	Alta	0.15	0.07
Buenos Aires	19110	0.25	0.20	Alta	0.16	0.08
Cajibío	19130	0.25	0.20	Alta	0.15	0.08
Caldón	19137	0.25	0.20	Alta	0.16	0.07
Caloto	19142	0.25	0.20	Alta	0.16	0.07
Corinto	19212	0.25	0.20	Alta	0.12	0.06
El Tambo	19256	0.30	0.25	Alta	0.14	0.08
Florencia	19290	0.25	0.25	Alta	0.14	0.07
Guapí	19318	0.40	0.35	Alta	0.14	0.08
Inzá	19355	0.25	0.20	Alta	0.12	0.06
Jambaló	19364	0.25	0.20	Alta	0.11	0.06
La Sierra	19392	0.25	0.20	Alta	0.16	0.08
La Vega	19397	0.25	0.20	Alta	0.16	0.07

TABLA 14.. *NSR-10 - Apéndice A-4 - Valores de A_a , A_v , A_e y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos*

Con la información preliminar se procedió a realizar la modelación de la estructura existente con cada una de las dimensiones de las vigas y portico, como era de esperarse la estructura no cumplía con dimensiones mínimas para vigas y columnas las cuales deben cumplir con los requisitos en el título C-21 de la NSR-10.

Las columnas existentes tenían una dimensión de $20 \times 30 \text{ cm}$ la cual no cumple con la dimensión mínima para columnas de porticos la cual es $30 \times 30 \text{ cm}$, también se encontraron vigas de dimensiones $12 \times 20 \text{ cm}$ que no cumplen con la altura ni base mínima para vigas según el Título C21.

Se empieza a plantear el reforzamiento de los porticos que conforman la estructura, aumentando la sección de las columnas y vigas a las mínimas dimensiones. Se utiliza el sistema de pórticos en concreto reforzado como sistema estructural y capacidad

especial de disipación de energía (DES).

Las cargas en consideración para el diseño son producto del peso propio de estructura (carga muerta), las cargas debido a su funcionamiento que no se encuentran de forma permanente (carga viva), las fuerzas impuestas por la posible ocurrencia de un sismo y las cargas producto de fuerzas naturales como el viento, su modelación se realiza con el programa CYPECAD.

Para determinar las fuerzas horizontales debidas ante la posible ocurrencia de sismos se determina el espectro de diseño que, de acuerdo al estudio de suelos entregado, el suelo corresponde a un perfil de suelo tipo *D* acorde a la clasificación de la NSR-10, con una máxima presión de contacto será de $7.7 t/m^2$.

5.3.7. Modelacion estructural:

5.3.7.1. Cargas de viento:

De acuerdo a la ubicación del proyecto y la corrección registrada en el decreto No 340 del 13 de febrero de 2012 del Título B de la NSR-10, se tiene una velocidad básica para la región 4 de: *Velocidad básica* = 150Km/h

TABLA 15.Cargas de viento		
Planta	Viento X (kN)	Viento Y (kN)
NIVEL+2.30	26.060	62.704

5.3.7.2. Cargas de granizo:

Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 *metros* de altura sobre el nivel del mar o en lugares de menor altura donde la autoridad municipal o distrital así lo exija. (NSR-10 B.4.8.3.1)

Altura Promedio

Municipio de El Tambo: 1750 m.s.n.m

Por lo cual en la estructura no se tuvo en cuenta la carga de granizo para su diseño.

TABLA 16. PARAMETROS SISMICOS	
Zona de amenaza sismica	Alta
Aa	0.30
Av	0.25
Ae	0.14
Ad	0.08
Fa	1.20
Fv	1.90
I	1.5
Ro	7.00

TABLA 17. RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	
Concreto	f'c=21Mpa
Acero de refuerzo	fy=420Mpa

TABLA 18. CARGAS		
CARGA MUERTA	Teja de fibrocemento	0.20 KN/m ²
	Estructura metalica	0.10 KN/m ²
CARGA VIVA	De cubierta	0.50 KN/m ²

5.3.8. Espectro elástico de aceleraciones:

Con las ordenadas del espectro correspondiente al periodo de vibración en cada modo se calcula la respuesta dinámica máxima, para determinar los esfuerzos que se generan en la estructura sometida a una excitación que varía en el tiempo. El periodo fundamental aproximado que se determina en el análisis es de 0.997s, con un valor máximo de las ordenadas espectrales de 1.350g.

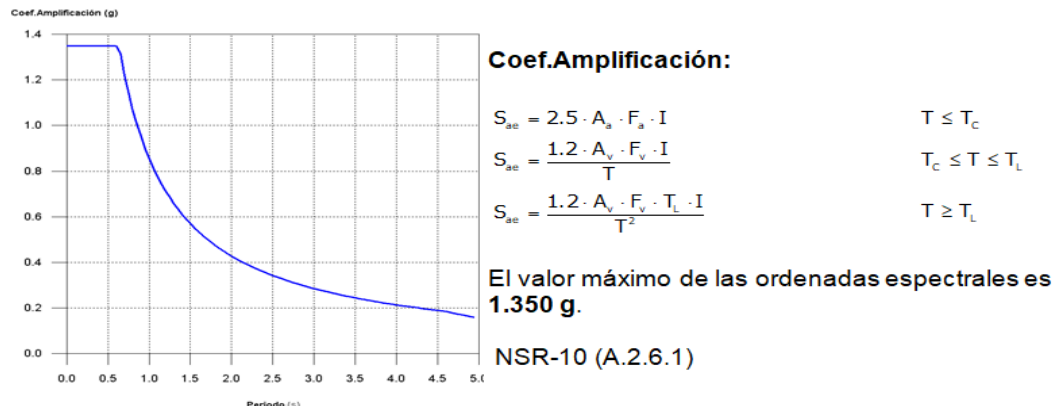


Figura 34. Espectro elástico de aceleraciones.
 Fuente: Dato de CYPECAD.

5.3.9. Espectro de diseño de aceleraciones:

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis:

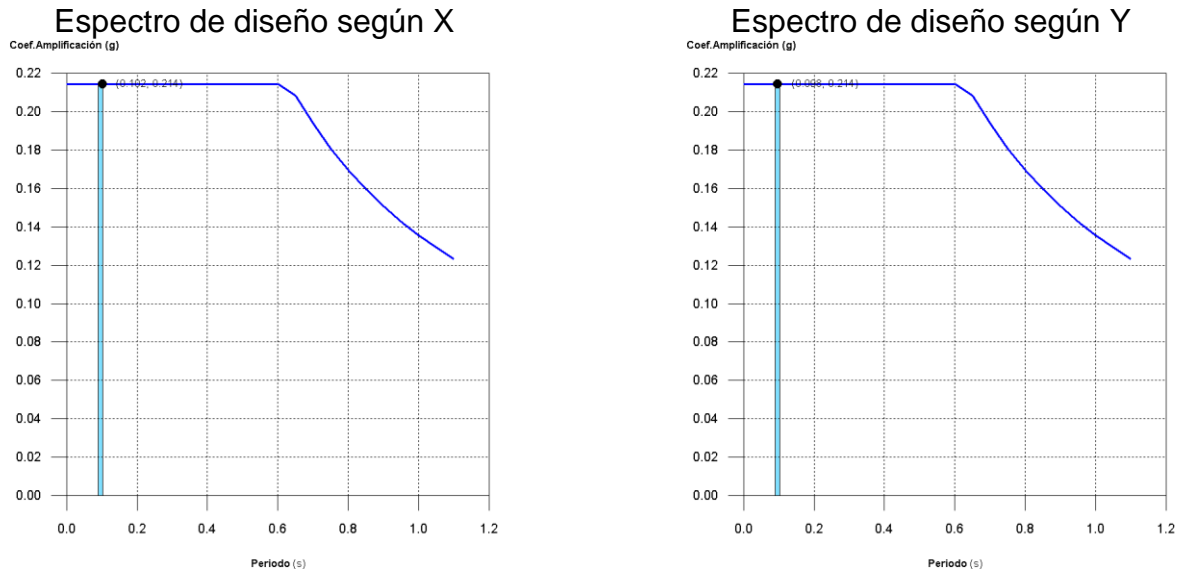


Figura 35. Espectro de diseño de aceleraciones.
 Fuente: Dato de CYPECAD.

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

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.102	0.214

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.098	0.214

De la información que entrega el programa de diseño también se puede conocer: centro de masa. Centro de rigidez, excentricidades, análisis del control de derivas, entre otros.

5.3.10. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades:

TABLA 18. Centro de masas, rigidez y excentricidades

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
NIVEL+2.30	(3.06, 11.92)	(3.28, 11.69)	-0.23	0.23

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

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

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

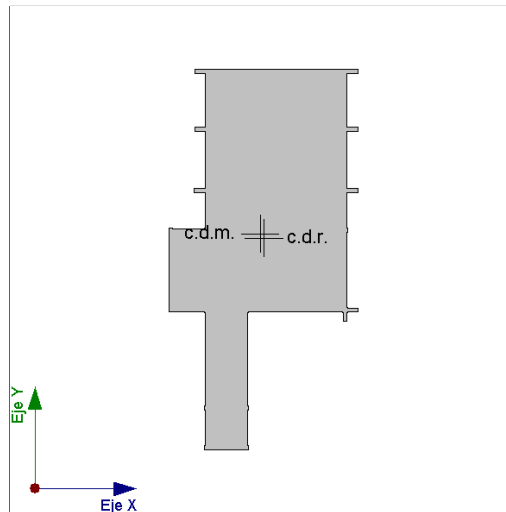


Figura 36. Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta, Nivel+2.30m.
 Fuente: Dato de CYPECAD

5.3.11. Valores máximos de derivas:

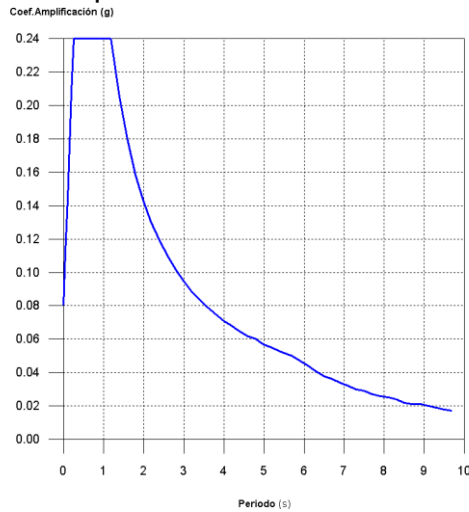
TABLA 19. Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
NIVEL+2.30	1 / 7000	1 / 5250	1 / 500	1 / 618

TABLA 20. Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 7000	1 / 5250	1 / 500	1 / 618

5.3.12. Umbral de daño:

DATOS	
Ad	0.08
S.	2.375
Fv	1.9
Aa	0.3
Av	0.25

● **Espectro elástico de aceleraciones**



El valor máximo de las ordenadas Espectrales es **0.240 g**.
 NSR-10 (A.2.6.1)

Figura 37. Espectro elástico de aceleraciones.
 Fuente: Dato de CYPECAD

5.3.12.1. Derivas por umbral de daño:

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% ($\Delta_{max}^i \leq 0.0040 h_{pi}$)
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% ($\Delta_{max}^i \leq 0.0020 h_{pi}$)

Figura 38. Derivas máximas para umbral de daño
 Fuente: Tabla A.12.5-1 NSR 10.

Por tanto la deriva máxima permitida es **0.4% * h = 1 250**

TABLA 21. Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
NIVEL+2.30	1 / 7000	1 / 5250	1 / 5250	1 / 7000

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

TABLA 22. Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 7000	1 / 5250	1 / 5250	1 / 7000

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

5.3.13. Detalle de elementos de la estructura:

El programa además de entregar los datos ya presentados, hace las comprobaciones pertinentes para vigas y pilares, muestra los despieces de los elementos estructurales, para que se efectúen los cambios que se consideren pertinentes y exporta datos para memoria y planos.

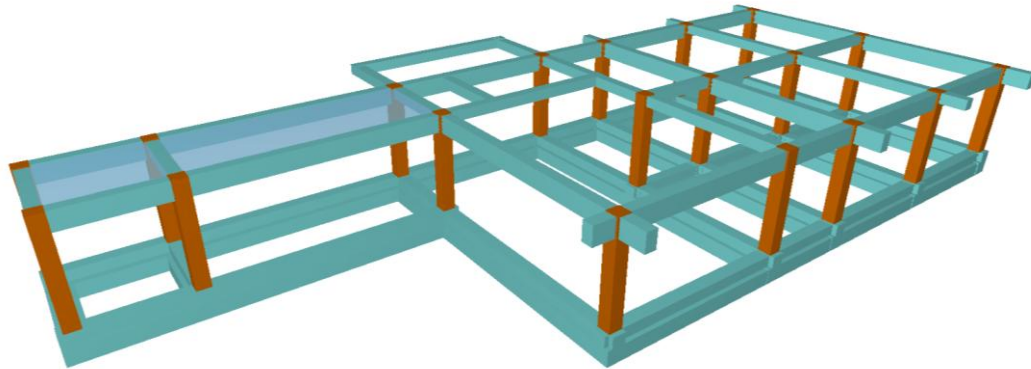


Figura 39. Modelo en 3D del diseño de la estructura.
Fuente: CYPECAD, vista en 3D

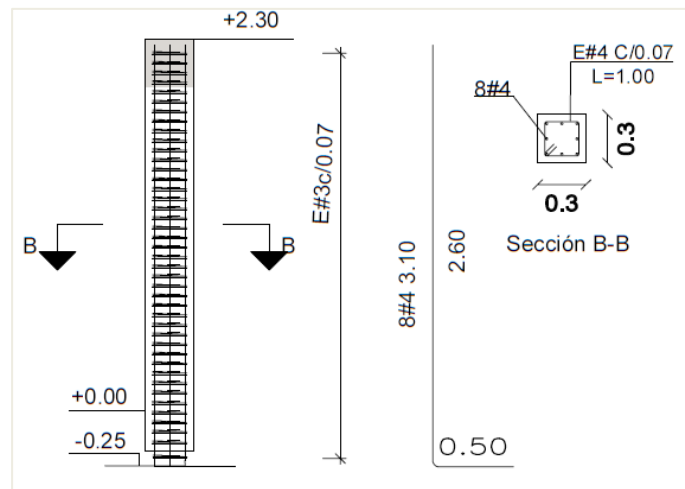


Figura 40. Ejemplo despiece de columna de entrepiso..
Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

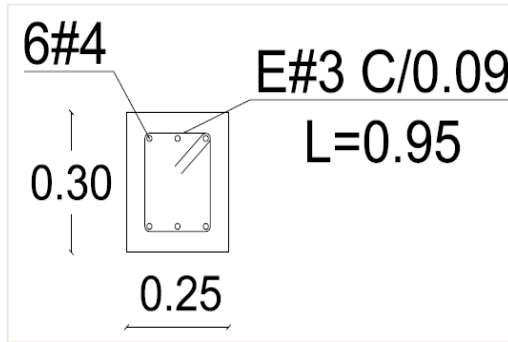


Figura 41. Detalle de viga de
 Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

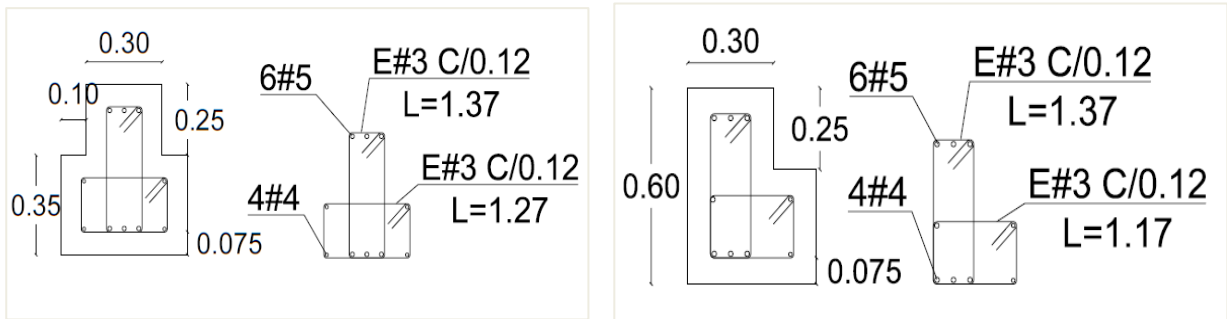


Figura 42. Detalles de Zapata corrida.
 Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

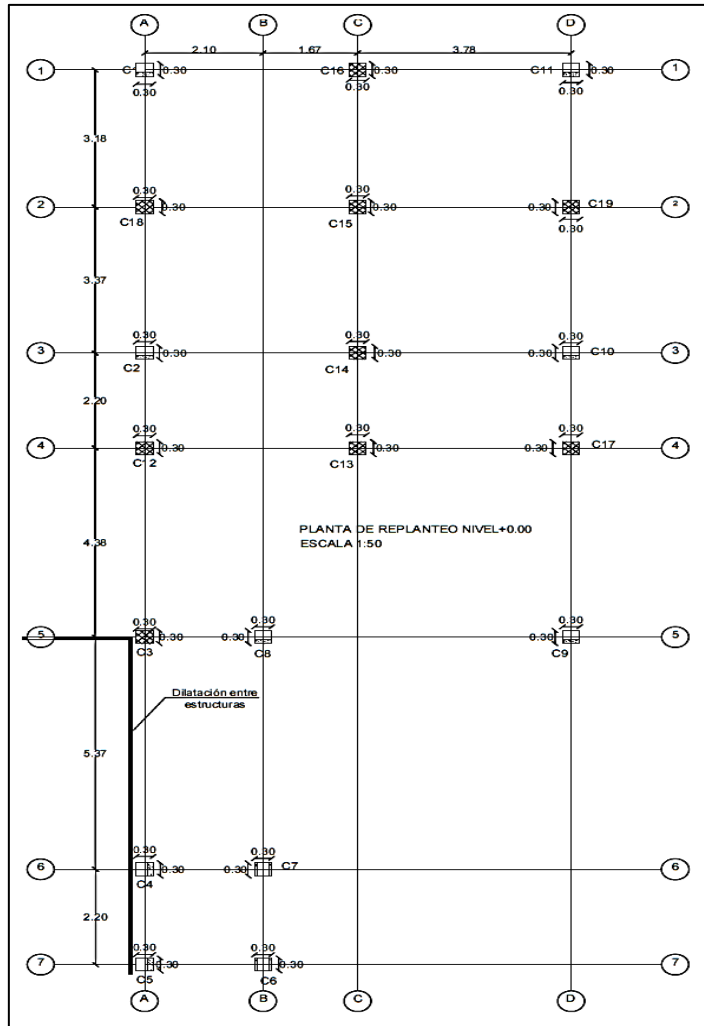


Figura 43. Planta de columnas nuevas
 Fuente: Planos estructurales del proyecto

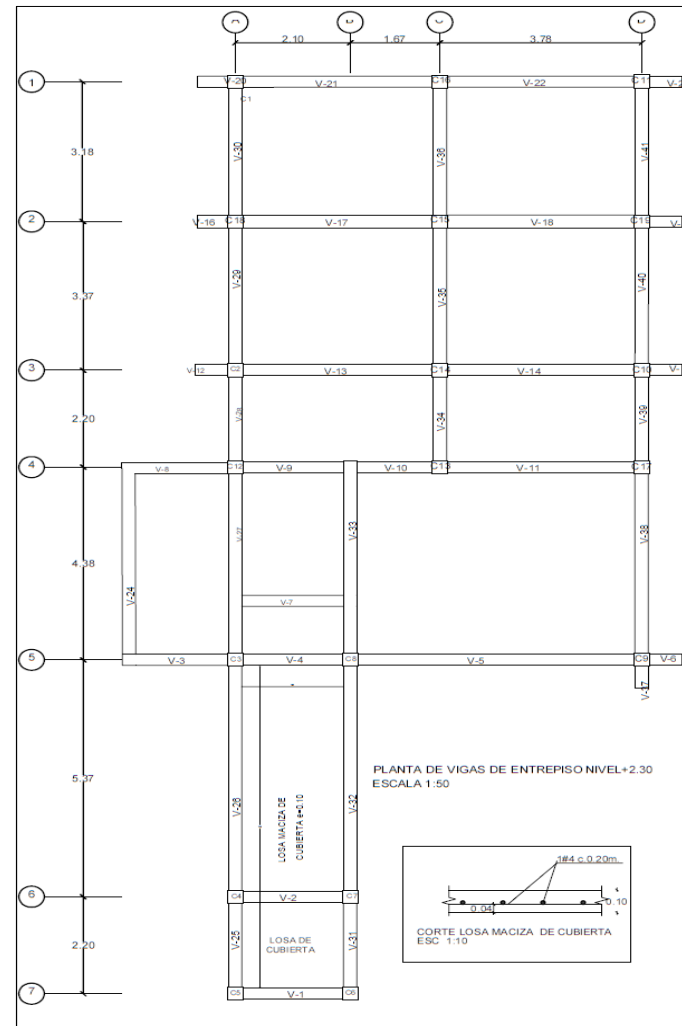


Figura 44. Planta de vigas de entrepiso nuevas.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto

5.3.14. Modelacion de la losa maciza de cubierta:

Se obtuvieron los maximos valores de esfuerzos para cortante y momento para realizar el dimensionamiento de la losa maciza de cubierta la cual esta en una parte esta.

Los valores obtenidos son los siguientes:

$Cortante \ \emptyset Vn = 2.6KN$

$Momento \ \emptyset Mn = 1.3KN - m$

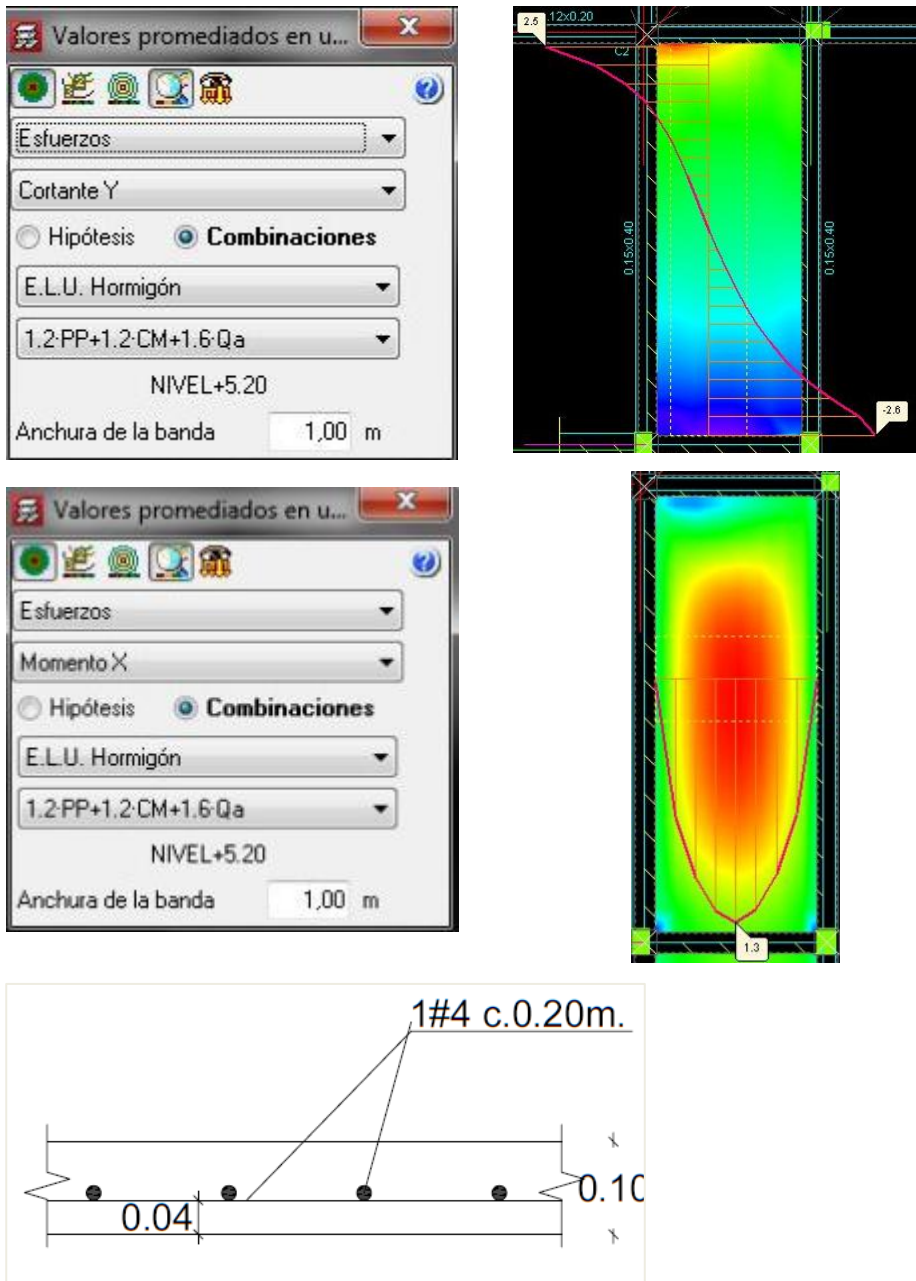


Figura 45. Detalles de losa maciza de cubierta.
 Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

5.3.15. Cantidades de obra:

CANTIDADES DE OBRA					
	CIMENTACIÓN	COLUMNAS	VIGAS	LOSA MACIZA	TOTAL
CONCRETO (m ³)	23.30	3.27	10.37	1.52	38.46
ACERO (Kg)					
#3	1201		854	–	854
#4	377	1162	791	152.28	2482.28
#5	1088	--	–	–	1088

TABLA 23. Cantidades de obra Casa de Paso.
Fuente: Planos estructurales del Proyecto

**5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CONJUNTO
RESIDENCIAL ALTOS DE COMPOSTELA**

5.4.1. Descripción:

El proyecto consiste en el diseño estructural de un tanque de almacenamiento para agua potable para el Conjunto Residencial Altos de Compostela, con una capacidad de 70m³. El fondo del tanque se encuentra ubicado a un *Nivel de* – 5.95m bajo la cota del terreno existente.

5.4.2. Localización:

La estructura se encuentra ubicada en la ciudad de Popayan en el departamento del Cauca, en el Conjunto Residencial Altos de Compostela (*Cra 9 N°2A-54*).



Figura 46. Localización del proyecto.
Fuente: Google Maps.

5.4.3. Esquema Arquitectonico:

La altura del tanque planteada esta alrededor de 1.9 a 2 metros, con el fin de almacenar 70m^3 de agua potable. Se plantea un Sistema de muros de concreto reforzado. A continuacion se presenta la propuesta arquitectonica para el tanque de almacenamiento.

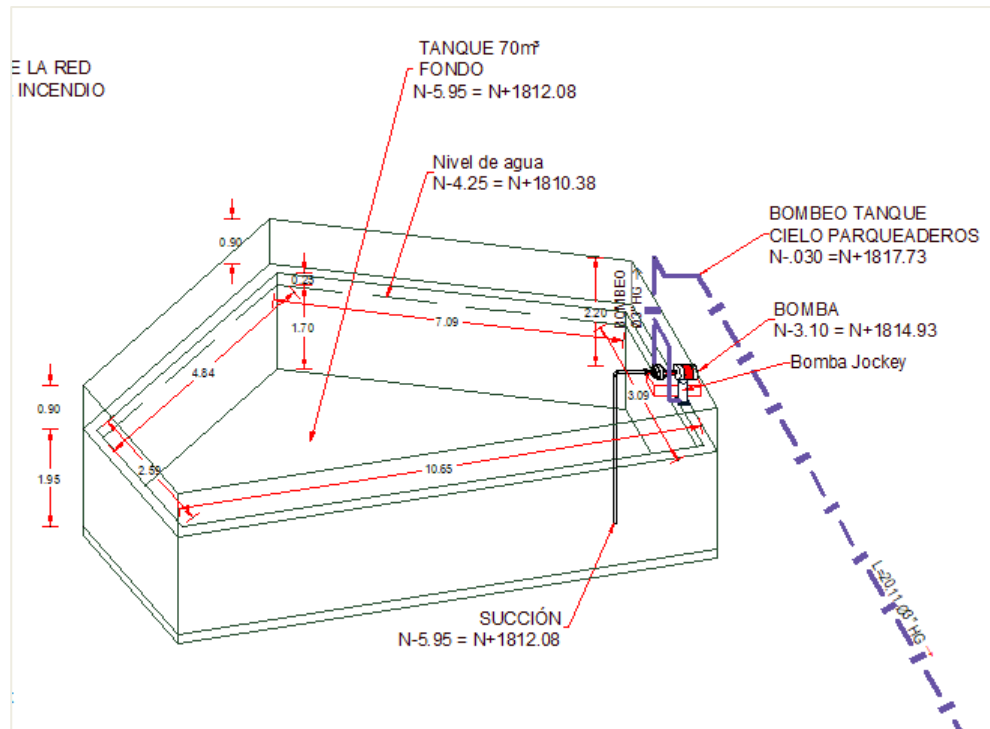


Figura 47. Vista isometrica arquitectonica del proyecto.
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

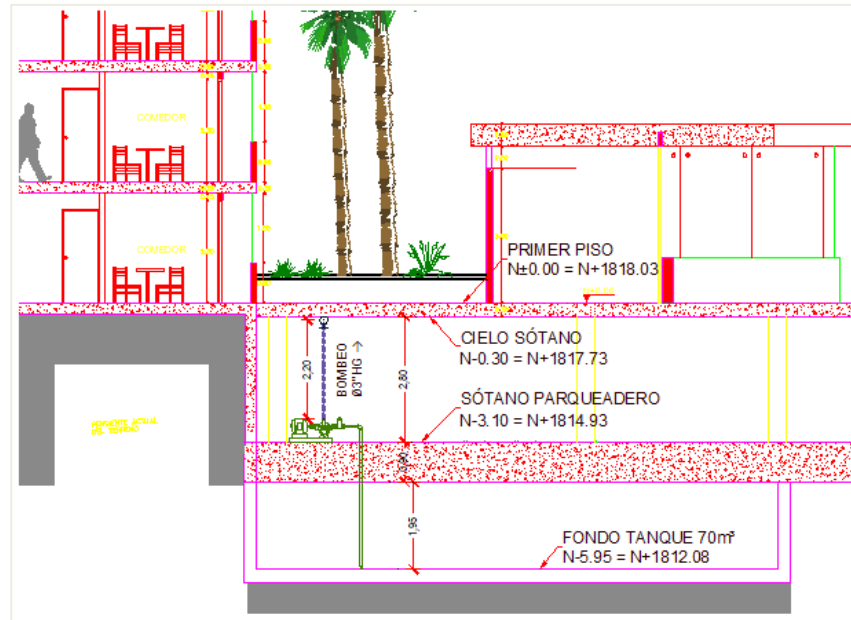


Figura 48. Corte del tanque de almacenamiento y el edificio.
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

5.4.4. Consideraciones iniciales:

La estructura esta proyectada como un Sistema de muros de concreto reforzado. Su sistema de cimentacion sera el mismo al que llegaran las columnas del portico del edificio. Considerando un grado de discipacion de energia DMI para el sistema de muros de concreto reforzado.

Debido a que el diseño estructural de toda la edificacion ya se encuentra completo se procedio a cimentar el tanque de almacenamiento sobre la cimentacion ya proyectada y chequear las tensiones sobre el terreno debido a la nueva carga, ademas de chequear la flexion sobre el elemento de cimentación.

La cimentacion del edificio quedara a dos niveles distintos, debido a que el area del tanque es pequeña en comparacion con el resto de area de cimentacion, y al plantear toda la cimentacion al nivel del fondo del tanque representa mayores costos por lo que se opto por profundizar solo la cimentacion que quedara debajo de donde esta proyectado el tanque hasta el nivel del fondo del mismo.

- Zona de amenaza sismica: Alta (Tabla A.2.3-2 NSR 10)
- $A_v=0.20$ (Tabla A.2.3-2 NSR 10)
- $A_a=0.25$ (Tabla A.2.3-2 NSR 10)
- Perfil de suelo= *D* (Estudio de suelos)
- Capacidad portante del suelo= $9 \text{ Ton}/\text{m}^2$ (Estudio de suelos)
- Grupo de uso= *I* (Estructuras de ocupación normal A.2.5.1.4 NSR 10)
- Coeficiente de importancia: 1.00 (Tabla A.2.5-1 NSR 10)

5.4.5. Cargas y materiales utilizados:

Debido a que sobre la tapa del tanque esta esta proyectada el parqueadero del edificio, se considera la carga viva vehicular dada por la siguiente tabla para cargas vivas en la NSR 10.

Residencial	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

Figura 49. Cargas vivas minimas uniformemente distribuidas.

Fuente: Tabla B.4.2.1-1 NSR 10

- Carga viva vehicular 2.5 Kn/m^2
- Empuje del terreno 17 Kn/m^2 (Obtenido del estudio de suelos a partir del peso especifico del suelo de relleno y la profundidad del muro)

TABLA 25. RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	
Concreto	$f'c=21\text{Mpa}$
Acero de refuerzo	$f_y=420\text{Mpa}$

5.4.6. Modelación del tanque de almacenamiento:

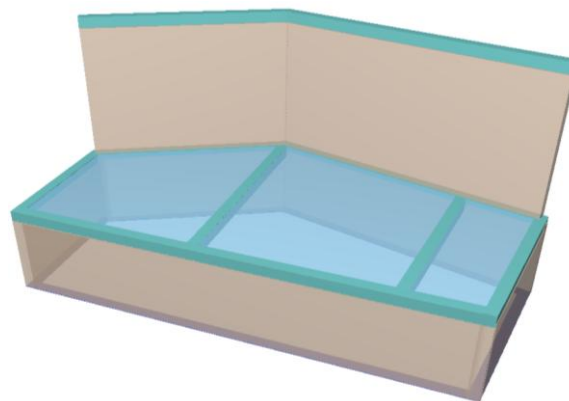


Figura 50. Vista en 3D del tanque de almacenamiento.

Fuente: CYPECAD, vista 3D.

Como se puede apreciar en el modelo, dos de los muros hacen parte de la estructura del edificio; el diseño estructural, es decir, continuan, para este muro ya se encontraba planteado su diseño por lo que se opto por chequearlo teniendo en cuenta el empuje del agua y del terreno.

5.4.6.1. Modelación de la losa de tapa:

Se obtuvieron los maximos esfuerzos generados sobre la losa de tapa del tanque de almacenamiento:

$$\text{Cortante } (Vu) = 18.5 \text{ KN}$$

$$\text{Momento } (Mu) = 11.3 \text{ KN} - \text{m}$$

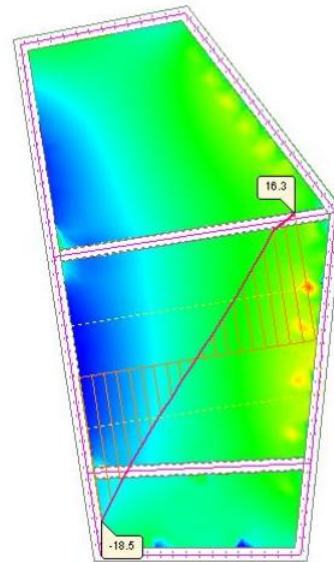
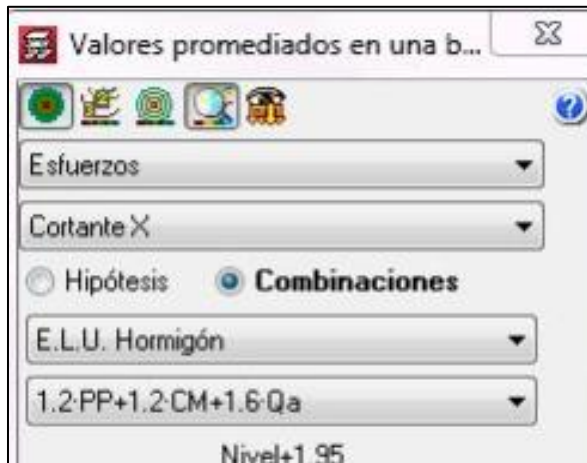


Figura 51. Cortante (V_u) en losa de tapa.
Fuente:Dato CYPECAD.

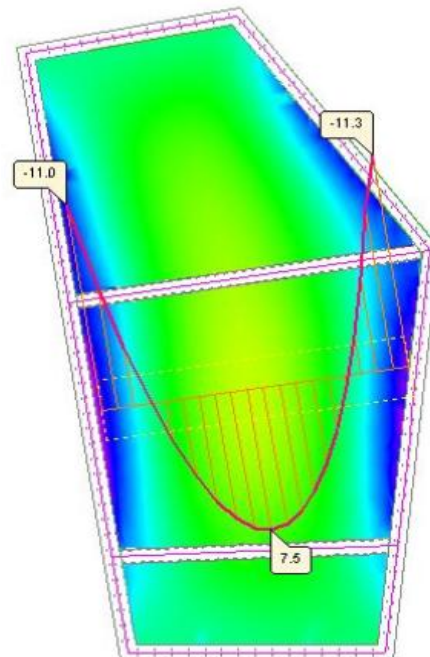


Figura 52. Momento (M_u) en losa de tapa.
Fuente:Dato CYPECAD.

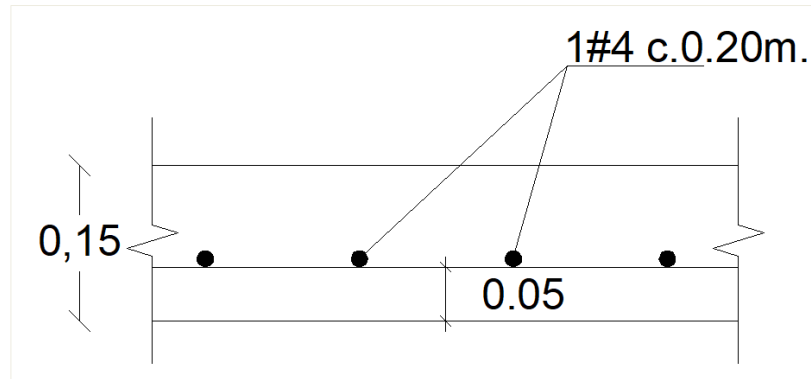


Figura 53. Detalle de losa de tapa tanque de almacenamiento.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

5.4.6.2. Detalle de modelo de muros

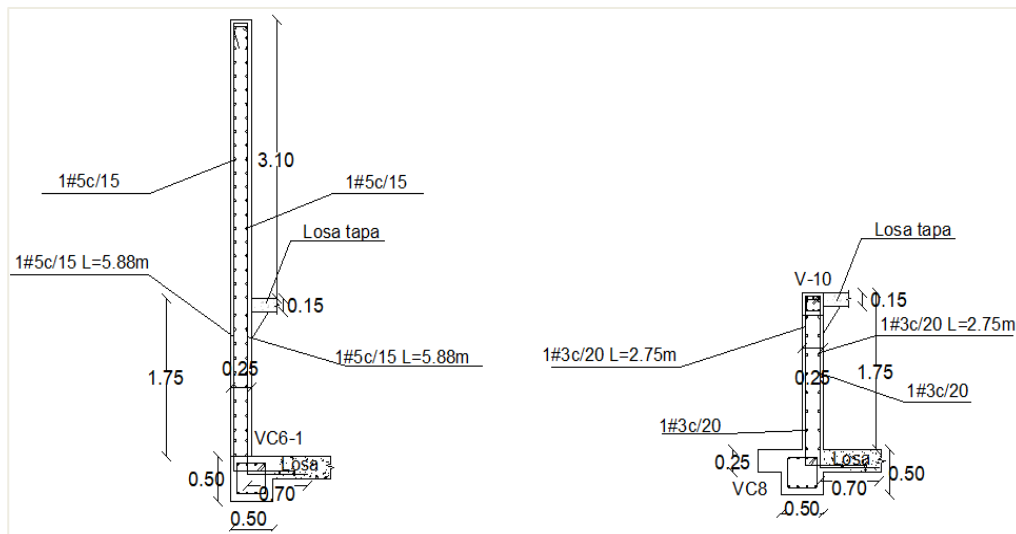


Figura 54. Ejemplo de despiece de muros del tanque.
 Fuente: Planos estructurales del proyecto.

5.4.6.3. Modelación losa de fondo de tanque (losa de cimentación)

Se obtuvieron los máximos esfuerzos generados sobre la losa del fondo del tanque de almacenamiento:

$$\text{Cortante } (V_u) = 19.9 \text{ KN}$$

$$\text{Momento } (M_u) = 28.8 \text{ KN} - \text{m}$$

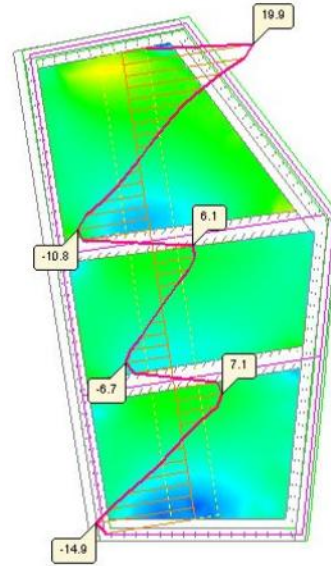


Figura 55. Cortante (V_u) en losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).
 Fuente: Dato CYPECAD.

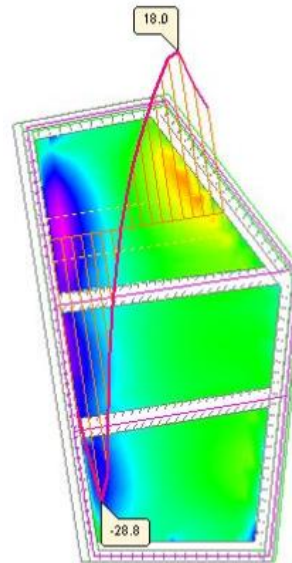


Figura 56. Momento (M_u) en losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).
 Fuente: Dato CYPECAD.

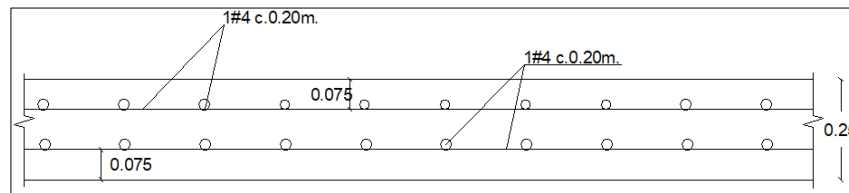


Figura 57. Detalle losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).
 Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

5.4.7. Tensión máxima sobre el terreno:

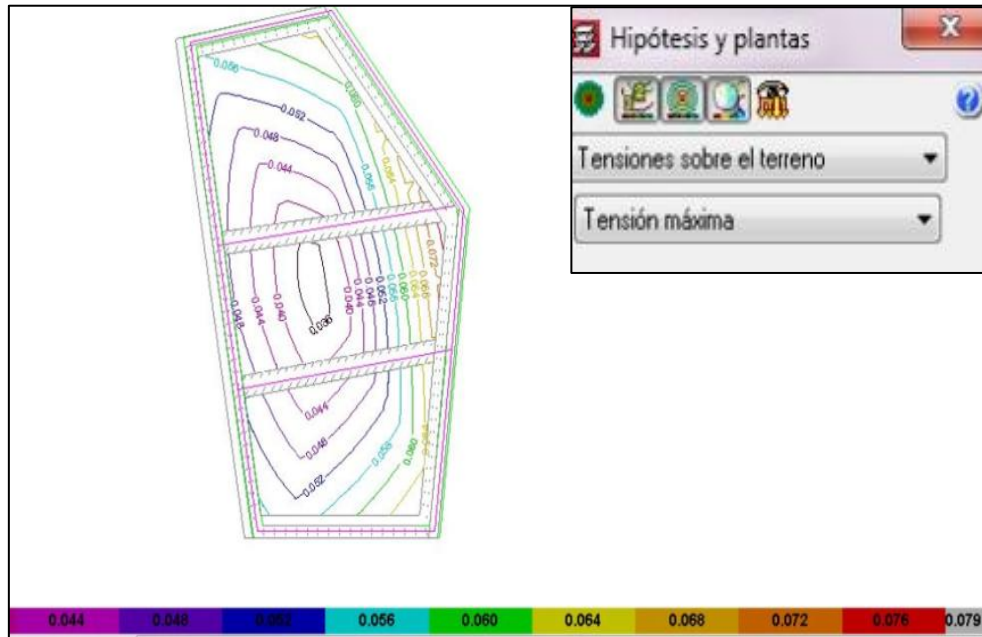


Figura 58. Tensiones sobre la losa del fondo del tanque (losa de cimentacion).
 Fuente: Dato CYPECAD

$$\text{Capacidad portante del suelo (Admisible)} = 9 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Tension max} = 7.2 \text{ Ton/m}^2 < \text{Tension admisible}$$

5.4.8. Verificación de deflexión en losa de tapa:

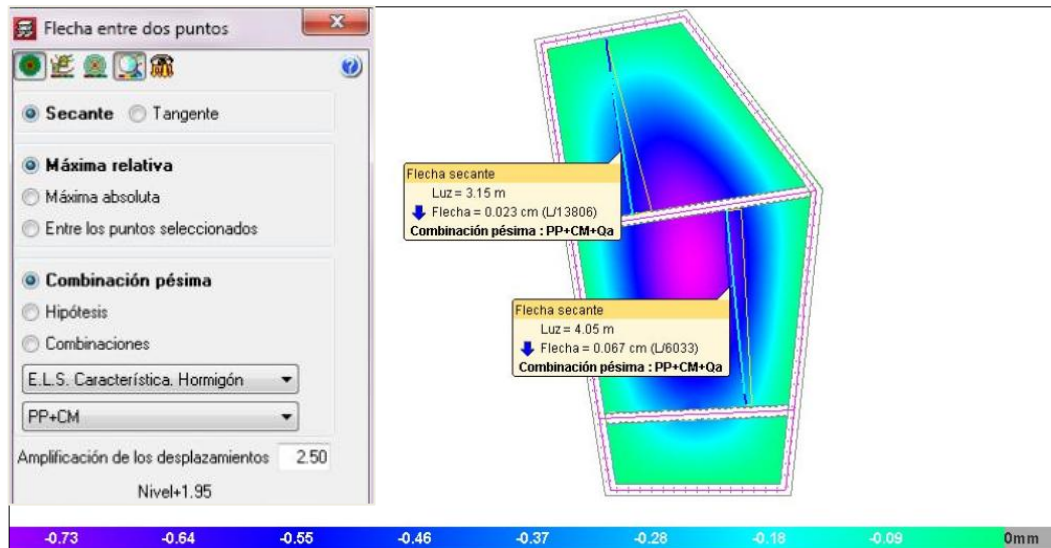


Figura 59. Flecha sobre la losa de tapa del tanque.
 Fuente: Dato CYPECAD

$$\text{Deflexión adm} = L/240 < L/6033$$

5.4.9. Implantación del tanque de almacenamiento:

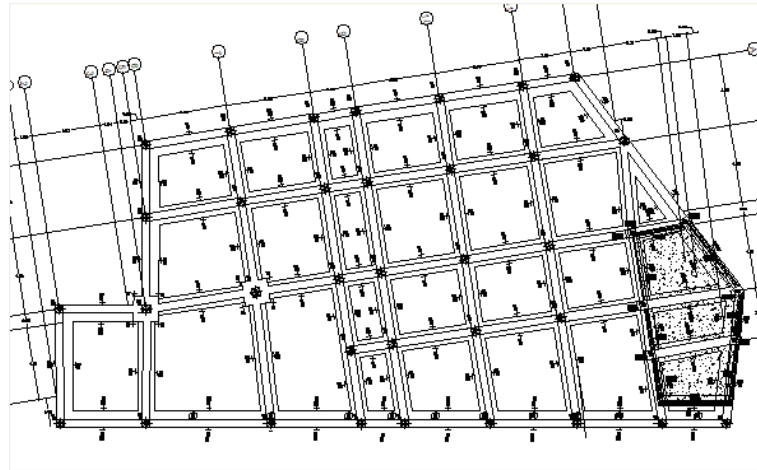


Figura 60. Implantacion del tanque de almacenamiento.
Fuente: Dato CYPECAD.

5.4.10. Detalles de elementos de la estructura:

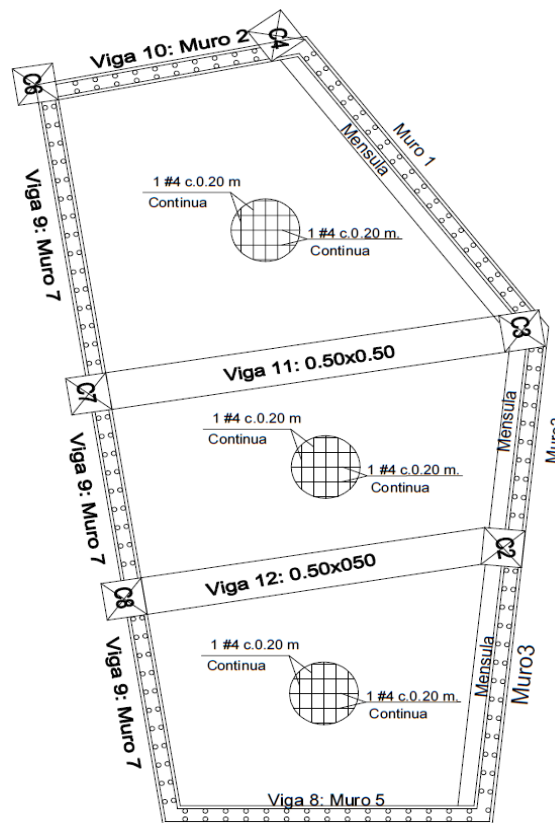


Figura 61. Planta de losa de tapa.
Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

Para sostener la losa maciza de tapa sobre los muros continuos, se planteo una viga mensula para que funciona como apoyo de la losa de tapa del tanque de almacenamiento.

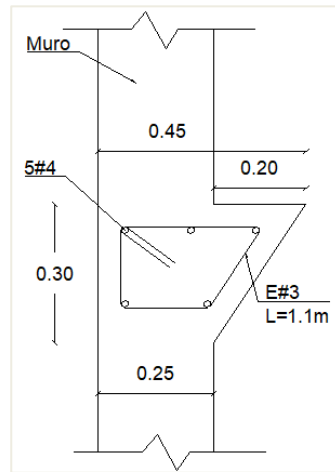


Figura 62. Detalle mensula de apoyo losa de tapa.
Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

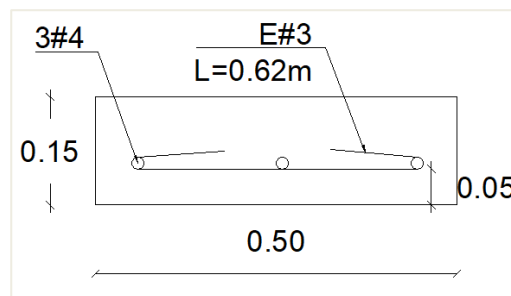


Figura 63. Detalle vigas de losa de tapa.
Fuente: Planos estructurales del Proyecto.

6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA

La pasantía comprende como todo proceso etapas que le otorgan al pasante la posibilidad de adquirir experiencia en el campo laboral, para este caso en métodos de diseño estructural, en los que las habilidades de análisis mejoraron con los distintos proyectos.

Con lo efectuado las primeras semanas apoyando con la culminación de distintos trabajos, se ayuda para que se conozca los procesos de cómo se lleva a cabo un proyecto, los archivos que se deben revisar y con los cuales se debe contar para el debido proceso.

En cada proyecto que se desarrolló, se evidencia la necesidad del manejo de AutoCAD el cual es una gran herramienta de dibujo para la presentación de los planos estructurales de un proyecto.

El proyecto de el Puesto de Salud de Yaquiva, dio la oportunidad de aprender a manejar Cype3D, además de poder poner en práctica lo aprendido en clase y tomar decisiones que favorezcan al diseño sin afectar demasiado el modelo arquitectónico.

Aunque el manejo de los programas fue un proceso muy valioso y productivo para el pasante, es de considerar que lo que más enriquece esta etapa, es el hecho de poder afianzar los conceptos, de lograr formarse un criterio con el cual afrontar situaciones reales además del buen manejo en una empresa de diseño estructural, el papeleo, las cartas de responsabilidad, los documentos que se deben entregar.

7. ANÁLISIS DE LOGRO DE LOS OBJETIVOS

El desarrollo de la pasantía nos lleva a que los conocimientos que a se han adquirido, se han puestos en práctica de modo que se afianzan y se obtiene la capacidad de pensar en favor del proyecto, para que las soluciones a aplicarse sean efectivas y viables.

Revisar de manera continua las bibliografias para el diseño estructural, y de esta manera ir recogiendo mas informacion e ideas para tener en cuenta en los distintos proyectos que van resultando.

El equipo de trabajo con el que se trabaja, fue de mucha ayuda, debido a que cada persona tenía distintas habilidades y criterios, lo que hacía que la interacción se hiciera frecuente y educativa para el pasante.

Fue muy importante la asesoría del Ingeniero Carlos Ariel Hurtado y de la Ingeniera Sofia Ordoñez, debido a que su criterio es mas amplio que el del pasante y ayudo en la aclaracion de las dudas que surgieron durante el desarrollo de los distintos proyectos.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo de la pasantía otorgó la capacidad de aprender a abstraer información y concebir un proyecto, utilizando los distintos programas que facilitan el proceso de diseño estructural, sin dejar de lado los conocimientos y el criterio propio, que se hizo más confiable a medida que se enfrentó a diferentes situaciones que afectaban el diseño y la vida útil de una estructura.

A partir de esta experiencia se aprendió a analizar la estructura en todos sus aspectos, se precisó que es conveniente se dé estudio a los planos del diseño arquitectónico para irse formando una idea de lo que ellos quieren representar y así identificar errores o incongruencias que puedan alterar el buen desarrollo del diseño estructural.

Es necesario que cada proyecto que se vaya a desarrollar cuente con el estudio de suelos; este estudio da varias de las bases que son fundamentales para el desarrollo del diseño y su posterior justificación frente al ente encargado, aunque existen casos en los que un estudio detallado no es necesario, es conveniente que se respalde con buenos procedimientos que entreguen datos del tipo de suelo, parámetros sísmicos, nivel de desplante y capacidad portante del suelo.

Es conveniente que en cada proceso que se lleve a cabo, se establezca un orden en el trabajo, para que así, se marquen tiempos que hagan que el trabajo sea productivo, eficiente y que otorgue buenos resultados.

Antes que cualquier cosa, es importante estudiar las distintas bibliografías y fuentes, porque una vez se conoce bien el tema a trabajar, se puede desarrollar las ideas para poder implementarlas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Título A-9, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia, 2010.
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Título D, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia, 2010.

ANEXOS

- Copia del certificado de cumplimiento de horas de pasantia por parte de la empresa HYC INGENIERIA ESTRUCTURAL S.A.S
- Acta de sustentación de trabajo de grado, modalidad pasantia.