



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

DISEÑO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y BOMBEO DE AGUA LLUVIA PARA
EL INSTITUTO EDUCATIVO ANTONIO RICAURTE, QUIBDÓ-CHOCÓ

Pontificia Universidad Javeriana de Cali

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Diseño II

Dr.-Ing. Camilo Cañón

Tercera Entrega

Jorge Armando Esteban Guevara

Carlos Enrique Lenis Cruz

Camilo Tarazona Leiva

Alex Fernando Vallejo Soto

Diciembre de 2024

Santiago de Cali, Valle del Cauca

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	9
2. Introducción.....	9
3. Problemática	10
4. Antecedentes	11
5. Registro Fotográfico.....	11
6. Justificación	13
7. Objetivos	14
7.1. Objetivo General:.....	14
7.2. Objetivos Específicos:	14
8. Metodología:	14
8.1. Salidas Técnicas.....	15
8.2. Visita Técnica	15
8.3. Plano con CAD	17
8.4. Identificación de Problemas	18
8.5. Soluciones Planteadas	19
9. Estimación de las precipitaciones	19
10. Matriz de decisiones	24
10.1. Un tanque elevado y un tanque de bombeo (Combinación 1).....	24
10.2. Dos tanques elevados y un tanque de bombeo (Combinación 2).....	26
10.3. Dos tanques elevados y dos tanques de bombeo (Combinación 3).....	29
11. Análisis de Costos	33
12. Criterios de decisión	35
13. Estado actual de la zona	37
14. Alternativa de tanques a diseñar.....	39
13.1 Tanque de bombeo (1) y Tanques elevados (almacenamiento) (2)	39
15. Diseño drenaje pluvial.....	41
14.1 Curvas IDF	41
14.2 Diseño drenaje en cubiertas	43
14.3 Áreas de drenaje en cubierta.....	44
14.4 Diseño de conductos horizontales en cubierta (canaletas).....	44
14.5 Diseño de bajantes.....	45
14.6 Diseño drenaje pluvial a nivel del suelo.....	48
14.7 Diseño tuberías aguas lluvias	49

16.	Planos hidrosanitarios	50
17.	Modelado de la Red Hidrosanitaria.....	52
18.	Diseño estructural de las bases para los tanques.....	57
	17.1 Datos Generales de la estructura	58
	17.2 Datos Generales del sismo	58
19.	Planos Estructurales.....	63
20.	Modelación de la estructura (CYPECAD).....	65
	19.1 Justificación sísmica	90
	19.1.2 Cortante sísmica combinada por planta	91
	19.1.3 Cortantes sísmicas máximas por planta	92
21.	Conclusiones.....	94
22.	Bibliografía.....	96

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Localización con Google Earth.....	10
Figura 2 Pasillo Principal de la Institución Educativa Antonio Nariño.....	12
Figura 3 Instalaciones en deterioro.....	12
Figura 4 Tanque Distribuidor de agua en Concreto.....	13
Figura 5 Planimetría del instituto educativo.....	13
Figura 6 Levantamiento con Google Earth.....	15
Figura 7 Salida de Campo	16
Figura 8 Imagen del colegio tomada en la salida de campo.....	16
Figura 9 Baños actuales del colegio	16
Figura 10 Colegio y tanque elevado actual	17
Figura 11 Planos en AutoCAD Bloque 3 (el cuadro rojo corresponde a detalle).....	17
Figura 12 Planos en AutoCAD Bloque 4	18
Figura 13 Gráfico de precipitaciones (extraída de estación del IDEAM - Aeropuerto El Caraña)	21
Figura 14. Precipitación neta en mm (Q)	22
Figura 15 Ubicación tanques de succión (azul) y tanque elevado (Rojo)	36
Figura 16 Altura de la cubierta	37
Figura 17 Ubicación de tanques en primera planta	37
Figura 18 Bombas actuales (0,75hp)	38
Figura 19 Cuarto de Bombas y Tanque de almacenamiento	38
Figura 20 Tanques (actuales).....	38
Figura 21 Tanque elevado de concreto	39
Figura 22 Áreas de drenaje en cubierta.	44
Figura 23 Plano de los conductos horizontales en cubierta.....	45
Figura 24 Parámetros de la NTC1500	46
Figura 25 Ubicación de los bajantes.....	47
Figura 26 Esquema para ubicación de bajantes.....	47
Figura 27 Esquema del Diseño pluvial en cubierta	48
Figura 28 Caja de inspección 60x60 cm.....	48
Figura 29 Red de tuberías.....	49
Figura 30 Esquema de la red pluvial al nivel del suelo	50
Figura 31 planos hidrosanitarios red	50
Figura 32 Planos hidrosanitarios Cubierta.....	51
Figura 33 Planos hidrosanitarios planta segundo piso	51
Figura 34 Diseño en EPANET de toda la red	52
Figura 35 (TANQUE DE SUCCIÓN ELEVACION 2 METROS)	53
Figura 36 Presión último baño de batería izquierda primer piso.....	56
Figura 37 Presión último baño batería primer piso derecha.....	57
Figura 38 Presión último baño batería izquierda segundo piso.....	57
Figura 39 Presión último baño batería derecha segundo piso	57
Figura 40 Vista de la sección del Tanque de suministro.....	63

Figura 41 Vista de la sección de la ubicación de la estructura	64
Figura 42 Dimensionamiento de la estructura del tanque	64
Figura 43 Vista en planta de la estructura.....	65
Figura 44 Modelaje de estructura en CYPECAD.....	66
Figura 45 Estructura en concreto base de tanque elevado.....	66
Figura 46 Área de la estructura.....	68
Figura 47 Interacción del terreno y la estructura (Zapatas).....	68
Figura 48 Dimensión de las vigas de la losa	68
Figura 49 Sistema de pórtico para evaluar la estructura Pórtico 1 y Pórtico 2.....	69
Figura 50 Sistema de pórtico para evaluar la estructura Pórtico 3 Y 4	72
Figura 51 despiece de aceros de refuerzo de la zapata	76
Figura 52 detalle de aceros conjunto losa-columna.....	76
Figura 53 Despiece de aceros de refuerzo	77
Figura 54 Despiece de columnas	78

TABLAS

Tabla 1. Valores de CN	20
Tabla 2. Volúmenes de caudal en el sistema.....	22
Tabla 3. Consumo para instituciones.....	23
Tabla 4 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 1 ..	24
Tabla 5 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 1	25
Tabla 6 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 1	26
Tabla 7 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 1	26
Tabla 8 Volumen de los tanques	26
Tabla 9 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 2 ..	27
Tabla 10 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 2	27
Tabla 11 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 2	28
Tabla 12 Datos para el cálculo del tanque elevado Combinación 2	28
Tabla 13 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 3	29
Tabla 14 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 3	30
Tabla 15 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 3	31
Tabla 16 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 3	31
Tabla 17 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 4	31
Tabla 18 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 4	32
Tabla 19 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 4.....	33
Tabla 20 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 4	33
Tabla 21 Presupuesto de la Combinación 1	33
Tabla 22 Presupuesto de la Combinación 2	34
Tabla 23 Presupuesto de la Combinación 3	34
Tabla 24 Presupuesto de la Combinación 4.....	34
Tabla 25 Matriz de decisión.....	35
Tabla 26 Presupuesto a realizar	40
Tabla 27 Valores de coeficiente a, b, c y d para cálculo de curvas IDF	41
Tabla 28 Constantes región pacífica	41
Tabla 29 Curvas IDF.....	42
Tabla 30 Parámetros de diseño de la lluvia NTC1500	43
Tabla 31 Área de drenaje en cubierta	44
Tabla 32 Cálculos de las canaletas	45
Tabla 33 Área de bajantes.....	46
Tabla 34 Diseño de los bajantes	46
Tabla 35 (TANQUE DE SUCCIÓN).....	53
Tabla 36 Batería segundo-izquierda (tanque de almacenamiento)	54
Tabla 37 Batería segundo piso derecha (tanque de almacenamiento)	54
Tabla 38 Tubería (25), la que va después del tanque de succión.....	55
Tabla 39 Tubería 30 segundo piso batería derecha (última tubería).....	55
Tabla 40 Tubería 78 primer piso izquierda última tubería.....	56
Tabla 41 Tubería 66 batería derecha primer piso (baño mujeres.....	56
Tabla 42 Valores de amenaza sísmica por departamento NSR10.....	59

Tabla 43 amenaza sísmica para Quibdó	59
Tabla 44 Coeficientes de importancia para colegios	60
Tabla 45 Parámetros C_t y α según el tipo de estructura NSR10.....	61
Tabla 46 Período de la estructura	61
Tabla 47 período máximo	61
Tabla 48 Tipo de perfil del suelo NSR10	62
Tabla 49 período corto (TC) y período largo (TL)	62
Tabla 50 Hormigones.....	66
Tabla 51 Aceros en barras.....	66
Tabla 52 Datos geométricos de grupos y plantas	67
Tabla 53 Datos de las columnas	67
Tabla 54 Sección Pórtico 1 con sus respectivos momentos y cortantes	70
Tabla 55 Sección Pórtico 2 con sus respectivos momentos y cortantes	71
Tabla 56 Sección Pórtico 3 con sus respectivos momentos y cortantes	73
Tabla 57 Sección Pórtico 4 con sus respectivos momentos y cortantes	74
Tabla 58 Modelación de vigas	75
Tabla 59 Columna 1.....	78
Tabla 60 Columna 2.....	78
Tabla 61 Columna 3.....	79
Tabla 62 Columna 4.....	79
Tabla 63 Simulación de esfuerzo y aceros.....	79
Tabla 64 Análisis de volumen y superficie de losas debajo del suelo	79
Tabla 65 Análisis de volumen y superficie de losas sobre el suelo	80
Tabla 66 Cuantías de acero	80
Tabla 67 Clasificación de barras en función del diámetro.....	81
Tabla 68 cuantías de acero en columnas.....	82
Tabla 69 Momentos y cortantes Max de las columnas	83
Tabla 70 esfuerzos por arranques en columnas	85
Tabla 71 Situaciones sísmicas y transitorias en desplazamiento en X; Y	87
Tabla 72 Resumen de medición.....	88
Tabla 73 situaciones sísmicas y transitorias en distorsión en X; Y	89
Tabla 74 Desplomes entre plantas	90
Tabla 75 Valores de corrección por cortante basal	91
Tabla 76 cortante sísmica combinada por planta.....	92
Tabla 77 cortantes sísmicas máximas por planta.....	92
Tabla 78 Comprobaciones de fisuración	93
Tabla 79 Cantidades de obra de la estructura	93

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 1	25
Ilustración 2 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 2	28
Ilustración 3 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 3	30
Ilustración 4 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 3	32
Ilustración 5 Gráfico Curvas IDF	43
Ilustración 6 Envoltente de falla	63
Ilustración 7 Espectros de diseño	90
Ilustración 8 Espectros de diseño automáticos	91

1. Resumen

Este informe muestra un diseño hidrosanitario y estructural que busca suplir las necesidades de agua potable en la Institución Educativa Antonio Ricaurte ubicada en el municipio de Quibdó, el cual enfrenta graves desafíos debido a la escasa presencia del estado, destacando la falta de agua potable y saneamiento básico, que a su vez generan problemas de salud, desnutrición y obstaculizan el desarrollo educativo en los niños. La carencia de infraestructura básica y recursos económicos agrava la situación. Nuestro proyecto incluye el diseño de drenaje pluvial, diseño de captación de aguas lluvias, diseño de distribución de las aguas lluvias hacia las baterías sanitarias, en el primer y segundo piso; Planos estructurales y de localización de la institución educativa, cálculos de caudales máximos, presiones, accesorios, el diseño hidráulico y estructural de los tanques de almacenamiento y bombeo donde se consideran cargas sísmicas, espectro, cantidad y tipo varillas de acero, así como resultados obtenidos en la modelación del diseño en el programa CYPECAD, finalizando con el presupuesto.

2. Introducción

El acceso al agua potable constituye uno de los mayores desafíos para el desarrollo sostenible en regiones vulnerables de Colombia, particularmente en el municipio de Quibdó, ubicado en el departamento del Chocó. Investigaciones previas, como el estudio realizado por la universidad de los Andes en el 2016, revelaron que aproximadamente el 65% de los municipios del Pacífico colombiano presentan déficit crítico de infraestructura hidrosanitaria, con impactos directos en la salud pública. El informe realizado por la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ) en el 2022 destacó que, en zonas como Quibdó, la carencia de sistemas de agua potable se traduce en una tasa de morbilidad infantil hasta 3.5 veces superior al promedio nacional, principalmente por enfermedades gastrointestinales y desnutrición.

El presente documento propone una solución innovadora desarrollada por estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, que aborda integralmente la problemática hídrica mediante un sistema de recolección, tratamiento y distribución de agua lluvia para la Institución Educativa Antonio Ricaurte. El proyecto desarrolla un enfoque metodológico que contempla la caracterización hidrológica local, diseño estructural de tanques de almacenamiento, sistemas de potabilización y redes de distribución. La propuesta de diseño realizada por el grupo de trabajo no solo busca resolver la crítica situación de acceso al agua en la institución educativa, sino que se presenta como un modelo potencialmente replicable para otras instituciones tanto en el municipio de Quibdó como en municipios con características similares, aprovechando la alta pluviosidad característica de la región del Chocó como una oportunidad para la gestión sostenible de recursos hídricos.

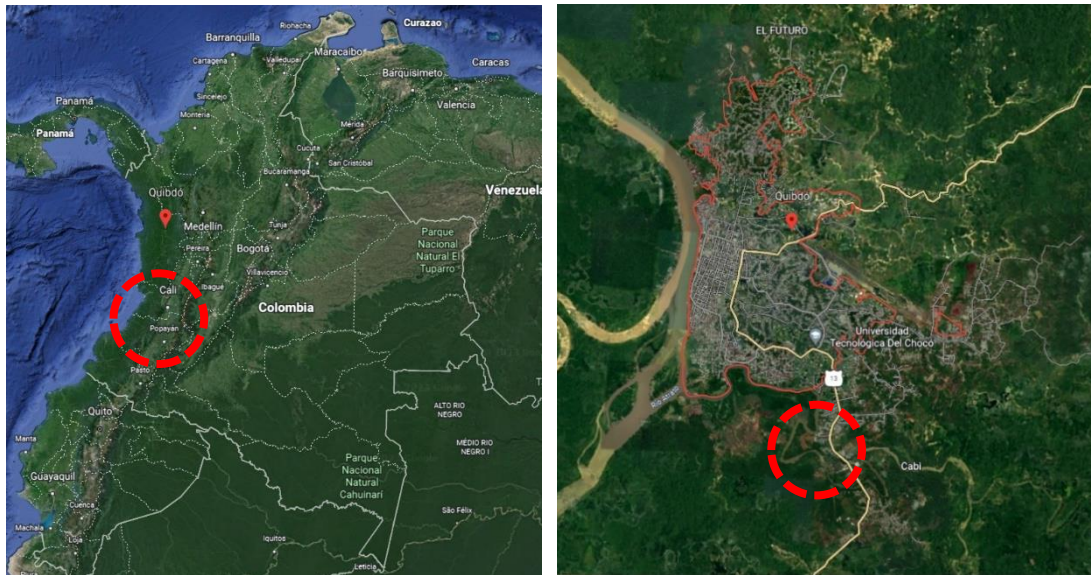


Figura 1 Localización con Google Earth

El predio se encuentra ubicado específicamente en la Carrera 13b con Calle 24, en el barrio 7 de agosto, con acceso a través de la Calle 13b, una vía terciaria caracterizada por su bajo tránsito vehicular. La ubicación se encuentra a una distancia de 422 km de Santiago de Cali, lo que representa un recorrido de aproximadamente ocho horas. Esta información fue tomada del informe bioclimático (CARLOS VASQUEZ, 2016).

La Institución Educativa dispone de un terreno de 5.082 m² destinado a brindar educación integral a 960 estudiantes, abarcando los niveles de preescolar, primaria y secundaria. Estos datos se tomaron de (FP Oficina de arquitectura, 2023).

3. Problemática

El municipio de Quibdó se ha caracterizado por las precarias condiciones en las que viven sus habitantes, principalmente por la falta de presencia del estado colombiano allí. Esto ha generado una serie de desafíos en los últimos años, dentro de los cuales se encuentra superar la falta de infraestructura en las obras hidráulicas de la zona, lo que se traduce en la ausencia de agua potable y saneamiento básico. Además, esta problemática afecta directamente la buena alimentación de las personas, especialmente de los niños, donde se evidencia una importante suma de casos de desnutrición y diversas enfermedades virales debido a la ausencia de agua para el aseo y las actividades comerciales. A esto se suma la escasez de vivienda digna y la falta de infraestructura en obras civiles fundamentales, tales como carreteras, puentes, acueductos y alcantarillados. Todo lo anterior se ve agravado por la falta de recursos económicos asignados a obras civiles.

El objetivo principal es garantizar que los niños y adolescentes reciban una educación digna, considerando que la escasez de agua potable impacta directamente el desarrollo físico y cognitivo durante su etapa de crecimiento. Es fundamental asegurar un suministro hídrico constante, por lo que se ha emprendido un trabajo continuo para sanear la región mediante un sistema de red hidrosanitaria eficiente. El método más recurrente ha sido la captación y tratamiento de aguas lluvia, las cuales se distribuirán a través de la red

hidrosanitaria. Precisamente, este es el proyecto que se busca diseñar e implementar en la Institución Educativa Antonio Ricaurte del municipio de Quibdó.

4. Antecedentes

En el municipio de Quibdó, una región de alta pluviosidad, puntualmente en la institución educativa Antonio Ricaurte, ha presentado problemas en la red hidrosanitaria, se han intentado implementar varios sistemas de distribución de agua y de captación de esta, pero ninguno ha funcionado, esto debido a la falta de presupuesto en anteriores proyectos y la falta de agua potable en la zona.

En pro de la solución de dicha problemática, se han implementado sistemas de almacenamiento de aguas por medio de tanques; como se puede observar en la **Figura 20**, sin embargo, no se ha proyectado una red de distribución del agua en los baños, cocina y sitios estratégicos dentro del colegio, esto ha llevado a problemas de escasez de agua potable en el instituto y por ende problemas para los estudiantes, como consecuencia de este y muchos más casos similares en el municipio de Quibdó se ha decidido, debido a que ya hay planteado un proyecto de reconstrucción de la institución educativa, por medio de este grupo se quiere llevar a cabo un diseño óptimo de la red hidrosanitaria y del sistema de captación de aguas lluvias para suplir las necesidades de los estudiantes de la institución educativa Antonio Ricaurte.

5. Registro Fotográfico

Se realizó una primera visita a la institución educativa (ver **Figura 5**) para poder observar el estado actual y las condiciones en las que se encontraban los tanques y demás estructuras a analizar, esta visita se realizó el día 18 de enero del 2024 por parte de los estudiantes Jorge Armando Esteban Guevara y Camilo Tarazona Leiva, quienes estuvieron en el municipio de Quibdó por 3 días seguidos; en dicha visita se pudo observar que el tanque de almacenamiento existente no se encuentra en operación (ver **Figura 4**) y su estructura se encuentra en un estado de abandono, debido a la falta de mantenimiento. En general el colegio es una construcción de más de 50 años que ya refleja su vejez, presenta corrosión en todos los elementos metálicos expuestos a contacto directo con el ambiente, humedades en paredes cercanas al suelo, aulas y espacios administrativos con poca ventilación e iluminación natural, cubiertas sin aislamiento térmico que transfieren calor al interior, espacios especializados sin condiciones aptas para el desarrollo de actividades, (biblioteca, laboratorios) espacio deficiente para comedor escolar, condiciones acústicas desfavorables en aulas, las canales y bajantes deterioradas, nulo sistema de desagües de aguas lluvias, solo sistema de escorrentías superficiales, andenes perimetrales a las edificaciones en mal estado algunos colapsados, algunas edificaciones con tejas posiblemente en asbesto-cemento, y con poco mantenimiento. Sistemas de baños para estudiantes por debajo de la capacidad por norma y en deficiente estado. cajas de aguas negras y aguas lluvias superficiales y algunas expuestas generando malos olores. Observar las siguientes figuras; **Figura 2, Figura 3, Figura 4.**



Figura 2 Pasillo Principal de la Institución Educativa Antonio Nariño



Figura 3 Instalaciones en deterioro



Figura 4 Tanque Distribuidor de agua en Concreto

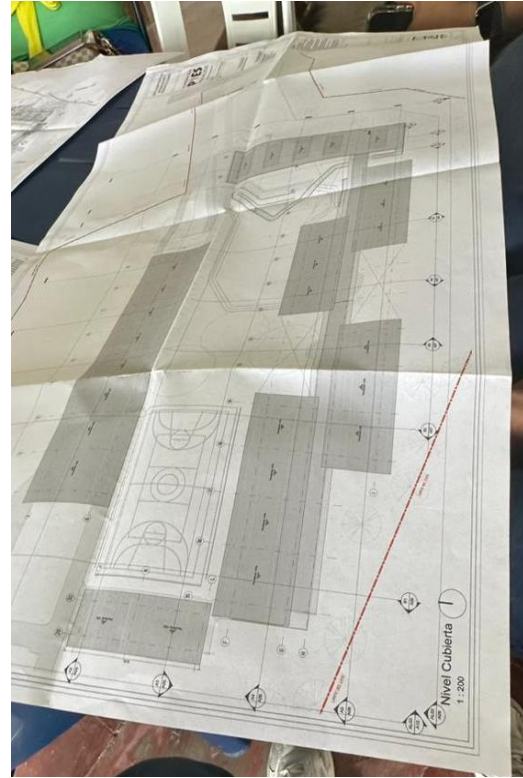


Figura 5 Planimetría del instituto educativo

6. Justificación

El valor de este proyecto de grado reside en su capacidad para abordar una problemática urgente como lo es la escasez de agua potable y de recursos hídricos óptimos en el municipio de Quibdó, específicamente en las escuelas, problemática que ha buscado ser combatida a lo largo de los años en los municipios más vulnerables y menos apoyados del país. Como estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, y ante la preocupante situación en el país, se decidió apoyar la obra civil en ejecución de la reconstrucción de la Institución Educativa Antonio Ricaurte realizando el diseño de un sistema de recolección y bombeo de agua lluvia para este, por ende, a la hora de realizar el proyecto de grado surge la pregunta ¿Cómo se puede impulsar a los niños y jóvenes del municipio de Quibdó hacia un mejor futuro y cómo apoyar a JORES INGENIERIA S.A.S (empresa constructora la cual se encuentra ejecutando la reconstrucción de la institución educativa Antonio Ricaurte) en la ejecución de la obra en la institución educativa? Para responder esa pregunta, se procedió a realizar este proyecto de diseño tanto hidráulico como estructural en el cual se tuvieron en cuenta aspectos como tuberías para conexión de aguas hacia baterías sanitarias, tanto del primer piso como del segundo piso de la institución. Esto con el fin de poder combatir la problemática de la potabilización y distribución de agua en el sector en donde se encuentra realizando la obra, partiendo de que se busca el aprovechamiento de la alta pluviosidad que es característica de la región del Chocó, y así darles un mejor futuro a los niños, niñas y

adolescentes que decidan estudiar en dicha institución educativa una vez se dé por finalizada la obra civil.

7. Objetivos

7.1.Objetivo General:

Plantear y diseñar un sistema hidrosanitario que supla las necesidades de la institución educativa Antonio Ricaurte en Quibdó, a través de la recolección y el bombeo de agua lluvia.

7.2.Objetivos Específicos:

- i.** Estimar la precipitación diaria de la zona para el cálculo del caudal de entrada del proyecto.
- ii.** Realizar un censo de la cantidad de usuarios potenciales del sistema.
- iii.** Visualizar y aprender el uso de un programa de diseño estructural (CYPECAD) por parte del grupo como apoyo del diseño del tanque elevado prefabricado sobre una estructura en concreto.
- iv.** Realizar el diseño estructural de un tanque elevado para cumplir con el diseño hidrosanitario.
- v.** Calcular cantidades de obra y demás aspectos para la realización del presupuesto del diseño.
- vi.** Realizar los planos pertinentes para apoyar el proyecto en curso y que sirvan para el óptimo diseño del sistema hidrosanitario.

8. Metodología:

En el marco del proyecto de diseño para la Institución Educativa Antonio Ricaurte, se ha realizado una recopilación exhaustiva de información relevante. Esta labor incluye cuatro (04) visitas técnicas a la zona, llevadas a cabo por un grupo de estudiantes previo al del presente proyecto. Adicionalmente, se han realizado otras visitas por parte de la empresa constructora JORES Ingeniería SAS, empresa la cual los estudiantes pertenecientes al grupo que desarrollo este proyecto Jorge Armando Esteban Guevara y Camilo Tarazona Leiva pudieron realizar la práctica profesional en la cual estuvieron directamente involucrados con la reconstrucción de la institución educativa Antonio Ricaurte. Los cálculos del proyecto se han realizado con datos estimados de la zona del departamento del Chocó, obtenidas a través de investigaciones realizadas previamente por los entes regulatorios tanto nacionales como municipales tales como el IDEAM, CODECHOCÓ y AGUAS DEL ATRATO, además de esto las salidas de campo realizadas por la empresa y por los estudiantes.

Durante el proceso de recopilación de información, se han identificado aspectos clave, como el número de estudiantes y personal de la institución, los patrones de consumo de agua, la ubicación geográfica del colegio y la disponibilidad de fuentes de agua cercanas. Respecto a estas últimas, se han considerado factores relevantes, tales como la calidad

del agua, la cantidad disponible, la variabilidad estacional, la vulnerabilidad a la contaminación y la accesibilidad.

Dadas las condiciones climáticas de la región, caracterizadas por una alta pluviosidad y lluvias constantes durante todo el año, el proyecto contempla el aprovechamiento del agua lluvia. Para ello, se prevé la recolección del agua de las cubiertas hacia los tanques subterráneos (Bombeo) diseñados en concreto. y su posterior almacenamiento en tanques elevados.

8.1. Salidas Técnicas

Se considera la información recolectada en las salidas técnicas realizadas. El 18 de enero de 2024, un grupo de estudiantes efectuó una salida técnica para reunir la información previa necesaria para iniciar el proyecto. Se cuenta con datos topográficos y un levantamiento del sitio.

El área de interés se ubica en la cabecera municipal del municipio de Quibdó, específicamente en el barrio Cabi, sector la Pampa, Como se observa en la **Figura 6**.

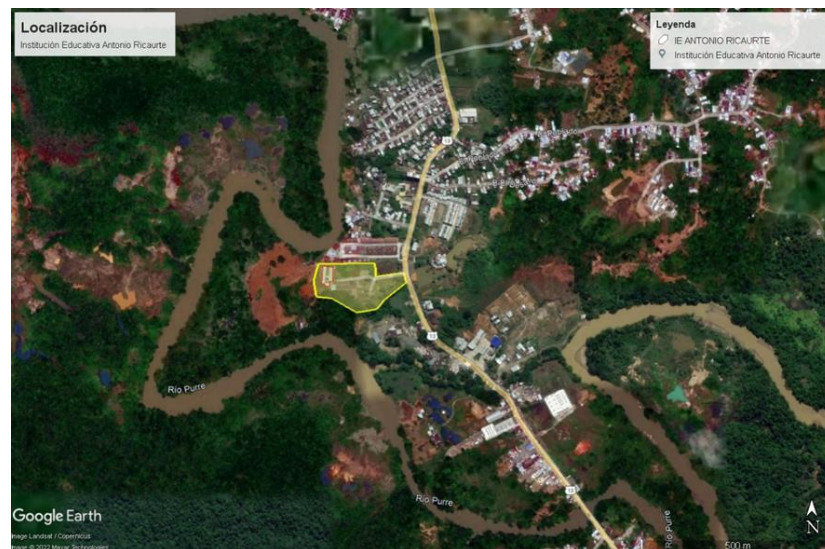


Figura 6 Levantamiento con Google Earth

8.2. Visita Técnica

Los estudiantes que estuvieron directamente relacionados con la ejecución de la obra realizaron 3 visitas técnicas las cuales se efectuaron los días 22-26 de marzo del 2024, 20-29 de junio del 2024 y del 1 de julio al 30 de noviembre del 2024 (periodo de práctica en donde los estudiantes estuvieron viviendo en el municipio de Quibdó). Durante las visitas realizadas se observó el estado actual de la institución educativa y los problemas evidenciados, con el fin de considerarlos en el diseño hidrosanitario para la nueva edificación a construir en la zona.



Figura 7 Salida de Campo



Figura 8 Imagen del colegio tomada en la salida de campo

Se hizo énfasis en la inspección de las estructuras sanitarias, como baterías sanitarias, baños y el tanque existente en la visita realizada el 18 de enero de 2024



Figura 9 Baños actuales del colegio



Figura 10 Colegio y tanque elevado actual

Posterior a las visitas técnicas, se recopiló la información obtenida para su procesamiento utilizando AUTOCAD.

8.3.Plano con CAD

Se cuenta con el diseño de los bloques 3 y 4 como se observan en las **Figura 11** y **Figura 12** respectivamente (Fundación Pies Descalzos, 2023a, 2023b) , donde se llevará a cabo el proyecto. Cerca de los baños, se planea ubicar los tanques elevados, aprovechando esta zona como un sitio estratégico. Los tanques de bombeo se instalarán en un área cercana a los tanques elevados, facilitando la distribución del agua.

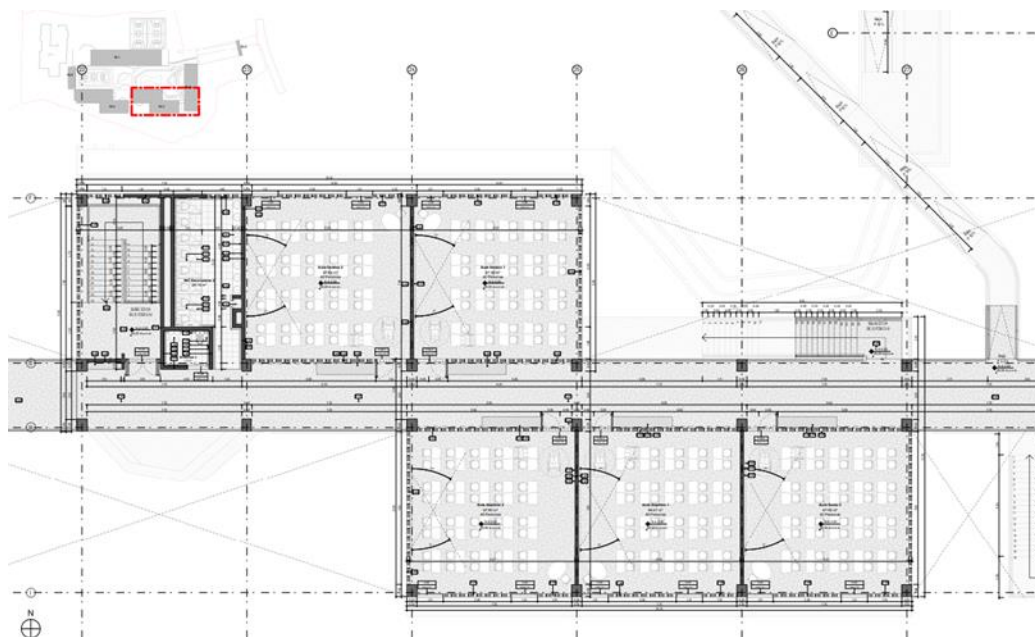


Figura 11 Planos en AutoCAD Bloque 3 (el cuadro rojo corresponde a detalle) (tomado de Fundación Pies Descalzos, 2023)

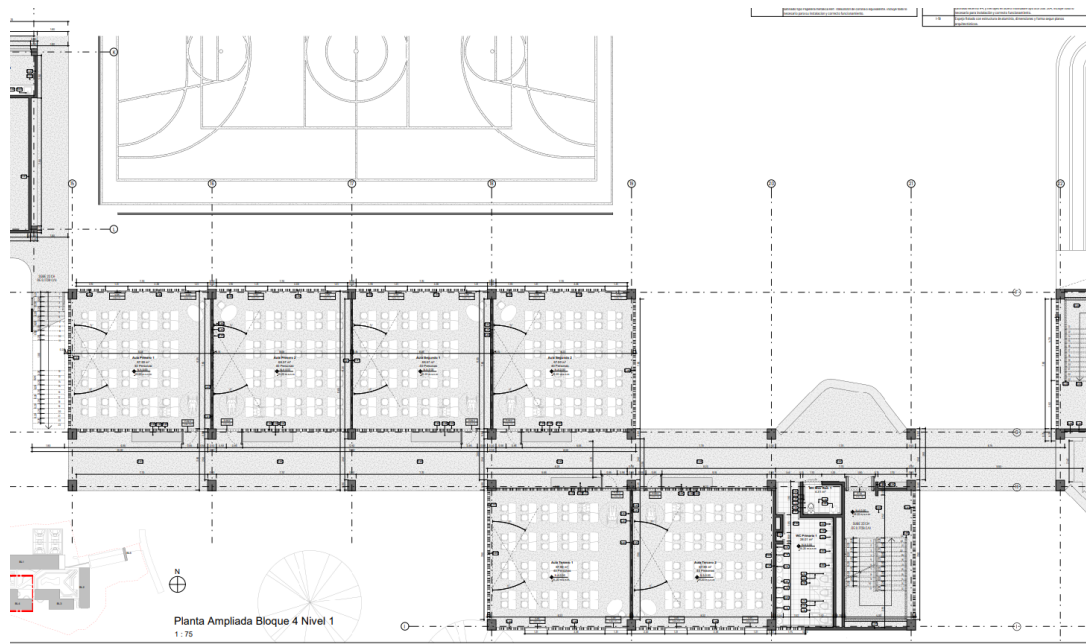


Figura 12 Planos en AutoCAD Bloque 4 (tomado de Fundación Pies Descalzos, 2023)

8.4. Identificación de Problemas

Se realiza una evaluación detallada de las necesidades de agua de la institución educativa. Se determina el consumo diario estimado, se identifican los principales usos del agua (consumo humano, saneamiento, riego, etc.) y se evalúan los problemas existentes con el suministro actual.

Actualmente, se cuenta con un depósito subterráneo de 32 m³ que capta aguas lluvias de las cubiertas (ver **Figura 19**). Desde este depósito, se bombea el agua hasta un tanque elevado de 15 m³ con una altura de 8 metros (ver **Figura 21**). El agua almacenada carece de condiciones de potabilidad y no cuenta con sistema de tratamiento, esta afirmación se suministra gracias a los estudiantes que estuvieron presente en gran parte del desarrollo de la obra, puesto que los testimonios del par de estudiantes los cuales estuvieron en el municipio y puntualmente en la institución en su periodo de práctica profesional y la información recolectada por los mismos en el sitio preguntándole a estudiantes, profesores y los mismos trabajadores de la obra (los cuales tienen a sus hijos estudiando en la institución en las gran mayoría de los casos), se pudo determinar y rectificar dicha afirmaciones que el agua que se distribuye y se almacena en el colegio no cuenta con un sistema de tratamiento, solo de almacenamiento y de bombeo y por ende carece de condiciones de potabilidad. El agua almacenada y captada por las lluvias en la institución actualmente se utiliza para lavado de alimentos en el comedor escolar, aseo y descarga de baños de una batería sanitaria. El agua para consumo y preparación de alimentos se adquiere en bolsas de una empresa en Quibdó.

Es necesario mejorar las condiciones de almacenamiento, ya que los tanques existentes presentan fugas y el agua en el tanque subterráneo se contamina con aguas de escorrentía

superficial, esto verificado por los estudiantes que realizaron su practica en la ejecución del proyecto y suministrado en el registro fotográfico y el análisis de la obra, en donde se pudo evidenciar la situación actual en la que se encuentran los tanques de almacenamiento de la institución y en donde se presenciaron casos por parte de los estudiantes en donde en horas del día no había agua en el colegio debido a las fugas y condiciones en las que se encontraban los tanques, y que el agua almacenada en los tanques de succión siempre estaban llenos de agua de escorrentía que presentaba suciedad, esto mismo evidenciado por los estudiantes nombrados anteriormente.

Se requiere plantear un sistema de potabilización del agua para garantizar que sea segura para consumo humano. Además, se debe evaluar la presencia de contaminantes como bacterias, metales pesados y otros, considerando que las cubiertas actuales son de Eternit.

8.5. Soluciones Planteadas

Basados en las necesidades del colegio y la disponibilidad de agua lluvia, se diseñará un sistema de abastecimiento que incluya captación, almacenamiento, tratamiento y redes de distribución de agua, con el fin de mejorar las condiciones existentes de saneamiento básico, además de esto se seleccionarán las tecnologías apropiadas para cada etapa del sistema, como sistemas de captación de agua lluvia, tanques de almacenamiento, sistemas de filtración o purificación, bombas de agua y redes de distribución.

El diseño asegurará que el sistema sea sostenible y pueda resistir condiciones climáticas extremas comunes en la región, como fuertes lluvias o sequías; Se aprovecharán sistemas de paneles solares con baterías recargables para utilizar las horas de sol y disminuir o anular los costos de energía para el bombeo desde el tanque subterráneo al tanque elevado, y por último se elaborará un plan detallado para la implementación, incluyendo presupuesto, adquisición de materiales y equipos, y contratación de mano de obra si es necesario.

9. Estimación de las precipitaciones

En este estudio se decidió emplear el Método del Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos; este método parte de la hipótesis de que la relación entre la infiltración total y el almacenamiento potencial de agua en el suelo es igual a la relación existente entre escorrentía y precipitación, una vez se ha iniciado la escorrentía.

Este método permite el cálculo de la escorrentía superficial o lluvia neta a partir de las siguientes expresiones:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Dónde:

Pe = Precipitación neta (mm)

P= Precipitación total (mm)

S= Capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo (mm)

CN = Número de curva de escorrentía

El número de curva de escorrentía (CN) es un valor tabulado que está en función de la lluvia antecedente, el tipo y densidad de cobertura vegetal, el tipo de suelo y el tratamiento que se le da al mismo. En la **Tabla 1** se define un valor de número de curva (CN) de 98 debido a que las cubiertas que escurren el agua en el sistema son de concreto.

Tabla 1. Valores de CN

USO DE SUELO	% de la cobertura media impermeable	A	B	C	D
Espacios abiertos (parques, campos de golf, cementerios, ...)		68	79	86	89
Áreas con cobertura herbácea < 50%					
Áreas con cobertura herbácea entre el 50 - 75%		49	69	79	84
Áreas con cobertura herbácea > 75 %		39	61	74	80
Áreas impermeables (parkings, tejados, aceras, ...)		98	98	98	98
Calles y carreteras pavimentadas; drenajes de evacuación de lluvia		98	98	98	98
Áreas pavimentadas; acequias		83	89	92	93
Gravas		76	85	89	91
Basuras		72	82	87	89
Áreas urbanas desiertas; paisajes desiertos naturales (solamente en zonas permeables)		63	77	85	88
Paisajes desiertos artificiales (barreras de malas hierbas permeables, desiertos de matorral con 1-2 pulgadas de cobertura de arena o grava)		96	96	96	96
Zonas comerciales y de negocios	85	89	92	94	95
Zonas industriales	72	81	88	91	93
Zonas residenciales con una edificación media de 1/8 acre	65	77	85	90	92
Zonas residenciales con una edificación media de 1/4 acre	38	61	75	83	87
Zonas residenciales con una edificación media de 1/3 acre	30	57	72	81	86
Zonas residenciales con una edificación media de 1/2 acre	25	54	70	80	85
Zonas residenciales con una edificación media de 1 acre	20	51	68	79	84
Zonas residenciales con una edificación media de 2 acres	12	46	65	77	82
Áreas urbanas nuevas (sólo zonas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Tabla 2.2. Valores de parámetro del número de curva para áreas urbanas (SCS, 1986)

La precipitación necesaria para el diseño del sistema, empleando el método del número de curva, reconocido por su precisión.

Para la precipitación total (P) se utilizaron los datos de precipitaciones brindados por la estación Aeropuerto El Caraño de la red del IDEAM en la ciudad de Quibdó, (ver **Figura 13**) en donde se muestra, las precipitaciones medias por meses que se da a cada hora del día en la ciudad, se tomaron las precipitaciones máximas de estos valores para tener un criterio de seguridad en el diseño de los tanques. Con la información anterior se estima la precipitación neta (Q) en mm, siendo esta la que se utiliza para el diseño de los tanques. (Ver

Como primer paso, se ha determinado meticulosamente el porcentaje del volumen de agua a ser bombeado por los tanques, considerando las horas de mayor demanda y aquellas en las que la población en la institución se encuentra reducida. Estos porcentajes varían en función de las distintas combinaciones de tanques contempladas, asegurando una gestión óptima y adaptativa del suministro de agua en todas las condiciones operativas.

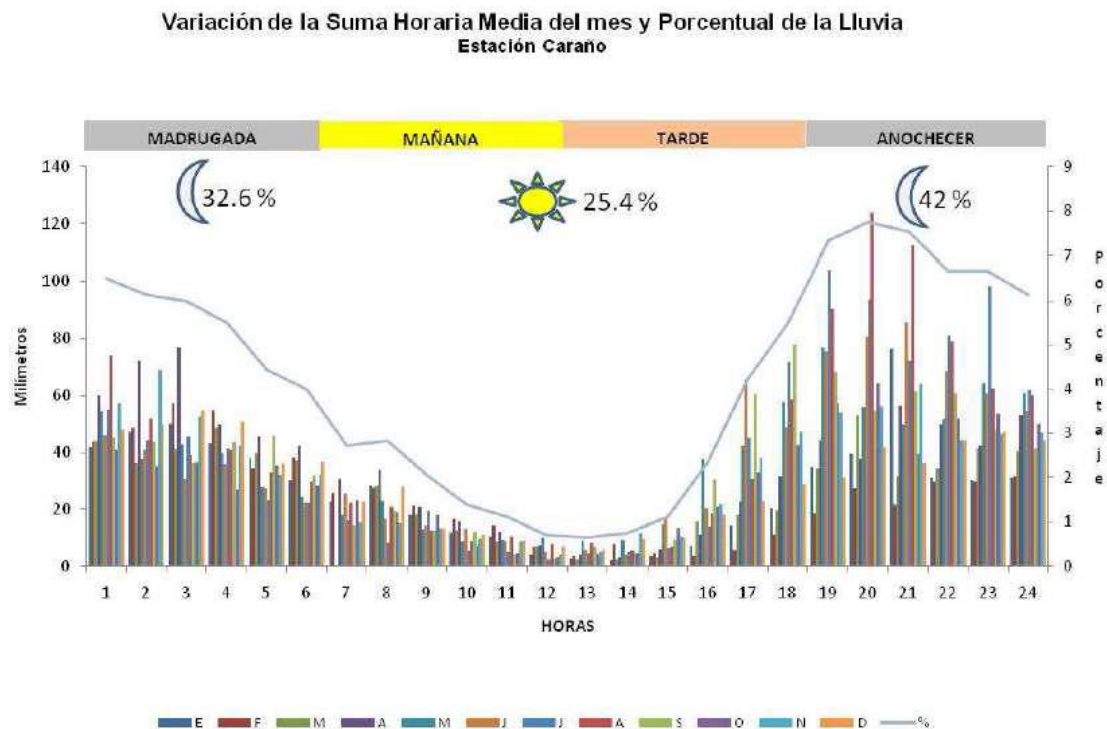


Figura 13 Gráfico de precipitaciones (extraída de estación del IDEAM - Aeropuerto El Caraño)

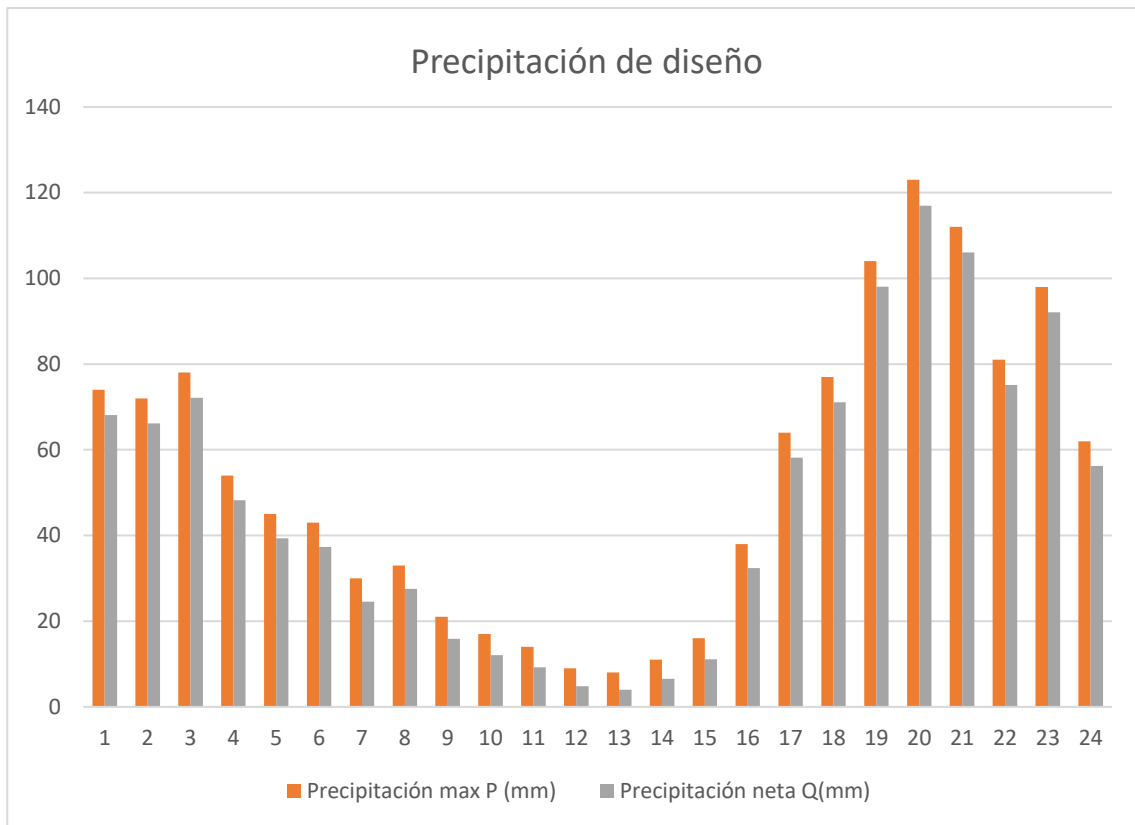


Figura 14. Precipitación neta en mm (Q)

Para diseñar un caudal de entrada ($Q_{entrada}$) de los tanques se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se delimitan las áreas de drenaje por donde van a escurrir las precipitaciones calculadas anteriormente, con un total de 1685.38 m².
2. Con las precipitaciones netas en todas las horas del día, se multiplican por el área total por donde van a escurrir estas para determinar el volumen de lluvia que se capta en el sistema a diferentes horas del día, dando como resultado la **Tabla 8**, siendo estos %Vol, los que se ingresan en el diseño como los caudales de entrada (%Q entrada)

Tabla 2. Volúmenes de caudal en el sistema

Hora	Vol (m3)	% Vol
1	114.81	5.91
2	111.46	5.74
3	121.53	6.25
4	81.31	4.18
5	66.28	3.41
6	62.95	3.24
7	41.40	2.13
8	46.35	2.39

Hora	Vol (m3)	% Vol
9	26.71	1.37
10	20.31	1.05
11	15.61	0.80
12	8.13	0.42
13	6.73	0.35
14	11.05	0.57
15	18.73	0.96
16	54.64	2.81
17	98.04	5.05
18	119.85	6.17
19	165.21	8.50
20	197.17	10.15
21	178.67	9.19
22	126.56	6.51
23	155.13	7.98
24	94.69	4.87

Es importante tener en cuenta que el porcentaje del caudal de entrada o de salida puede variar dependiendo de las combinaciones de sistemas a diseñar.

Los patrones de flujo para los caudales de salida de los tanques se usaron mediante dos métodos:

- El patrón de bombeo para el tanque de succión contempla dos intervalos estratégicos: uno de 6 a 7 de la mañana, antes del inicio de clases, para garantizar el abastecimiento de agua durante la jornada matutina; y otro de 1 a 2 de la tarde, asegurando el suministro de agua para las actividades académicas vespertinas.
- Para los tanques elevados que suministran a las baterías del segundo piso, se investigó con personas que laboran actualmente en la institución educativa, las horas de consumo de los estudiantes, por lo tal, se define un patrón de consumo de (7-5 pm).

La estimación del QMD, siendo este el volumen de demanda diario se utiliza como lineamiento el RAS 2000. (Ver **Tabla 3**), este se multiplica por la cantidad de estudiantes que se encuentran activos en la institución.

Tabla 3. Consumo para instituciones

Tabla B.2.8 Consumo para uso escolar

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 L/alumno/jornada
Educación media y superior	25 L/alumno/jornada

10. Matriz de decisiones

Se ha llevado a cabo un riguroso análisis que considera cuatro alternativas fundamentales en cuanto al número, función y ubicación de los tanques requeridos para establecer el sistema de recolección de aguas pluviales que proveerá el suministro hídrico necesario para la institución. Estas opciones se basan en diversas combinaciones de tanques elevados y de bombeo de agua, diseñadas para optimizar la eficiencia y la fiabilidad del sistema.

La selección de la configuración más adecuada se fundamenta en la evaluación detallada de las características esenciales para el funcionamiento óptimo del sistema de recolección y bombeo de agua, considerando las condiciones específicas del proyecto.

10.1. Un tanque elevado y un tanque de bombeo (Combinación 1)

Primero, en la **Tabla 4** se analizan las horas en el que el tanque de bombeo tendrá que surtir volumen de agua y el porcentaje de agua que será bombeado a estas horas. Para este se tiene un %Qentrada del tanque de succión del 100%, se tiene dos porcentajes de caudales de salida, uno para bombeo al segundo piso y otro para la salida por gravedad cada uno con un porcentaje del 50%.

Tabla 4 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 1

Tanque de succión						
Hora	%Q salida bombeo	%Q salida Gravedad	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	ΣQentr -ΣQsal
1	0.0	0.0	0.0	5.91	5.91	5.91
2	0.0	0.0	0.0	5.74	11.64	11.64
3	0.0	0.0	0.0	6.25	17.90	17.90
4	0.0	0.0	0.0	4.18	22.08	22.08
5	0.0	0.0	0.0	3.41	25.49	25.49
6	12.5	0.0	12.5	3.24	28.73	16.23
7	12.5	12.5	37.5	2.13	30.86	-6.64
8	0.0	1.5	39.0	2.39	33.25	-5.75
9	0.0	1.5	40.5	1.37	34.62	-5.88
10	0.0	13.0	53.5	1.05	35.67	-17.83
11	0.0	1.5	55.0	0.80	36.47	-18.53
12	0.0	1.5	56.5	0.42	36.89	-19.61
13	12.5	12.5	81.5	0.35	37.23	-44.27
14	12.5	1.5	95.5	0.57	37.80	-57.70
15	0.0	1.5	97.0	0.96	38.77	-58.23
16	0.0	1.5	98.5	2.81	41.58	-56.92
17	0.0	1.5	100.0	5.05	46.62	-53.38
18	0.0	0.0	100.0	6.17	52.79	-47.21
19	0.0	0.0	100.0	8.50	61.29	-38.71
20	0.0	0.0	100.0	10.15	71.44	-28.56
21	0.0	0.0	100.0	9.19	80.63	-19.37
22	0.0	0.0	100.0	6.51	87.14	-12.86
23	0.0	0.0	100.0	7.98	95.13	-4.87
24	0.0	0.0	100.0	4.87	100.00	0.00

Seguidamente en la **Tabla 5** se hace lo mismo con el tanque elevado el cual será el que capte el agua, donde se tiene un caudal de entrada del 50% del caudal total y un caudal de salida de igual 50% primeramente.

Tabla 5 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 1

Tanque elevado					
Hora	%Q salida	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	$\Sigma Q_{entr} - \Sigma Q_{sal}$
1	0.0	0	0.0	0	0.00
2	0.0	0	0.0	0	0.00
3	0.0	0	0.0	0	0.00
4	0.0	0	0.0	0	0.00
5	0.0	0	0.0	0	0.00
6	0.0	0	12.5	12.5	12.50
7	12.5	12.5	12.5	25	12.50
8	1.5	14	0.0	25	11.00
9	1.5	15.5	0.0	25	9.50
10	13.0	28.5	0.0	25	-3.50
11	1.5	30	0.0	25	-5.00
12	1.5	31.5	0.0	25	-6.50
13	12.5	44	12.5	37.5	-6.50
14	1.5	45.5	12.5	50	4.50
15	1.5	47	0.0	50	3.00
16	1.5	48.5	0.0	50	1.50
17	1.5	50	0.0	50	0.00
18	0.0	50	0.0	50	0.00
19	0.0	50	0.0	50	0.00
20	0.0	50	0.0	50	0.00
21	0.0	50	0.0	50	0.00
22	0.0	50	0.0	50	0.00
23	0.0	50	0.0	50	0.00
24	0.0	50	0.0	50	0.00

A partir de estos datos obtenemos una gráfica (ver **Ilustración 1**) donde se muestran tres curvas de caudal en base a las horas del día para tener una contextualización de las necesidades que nuestro diseño debe solucionar.

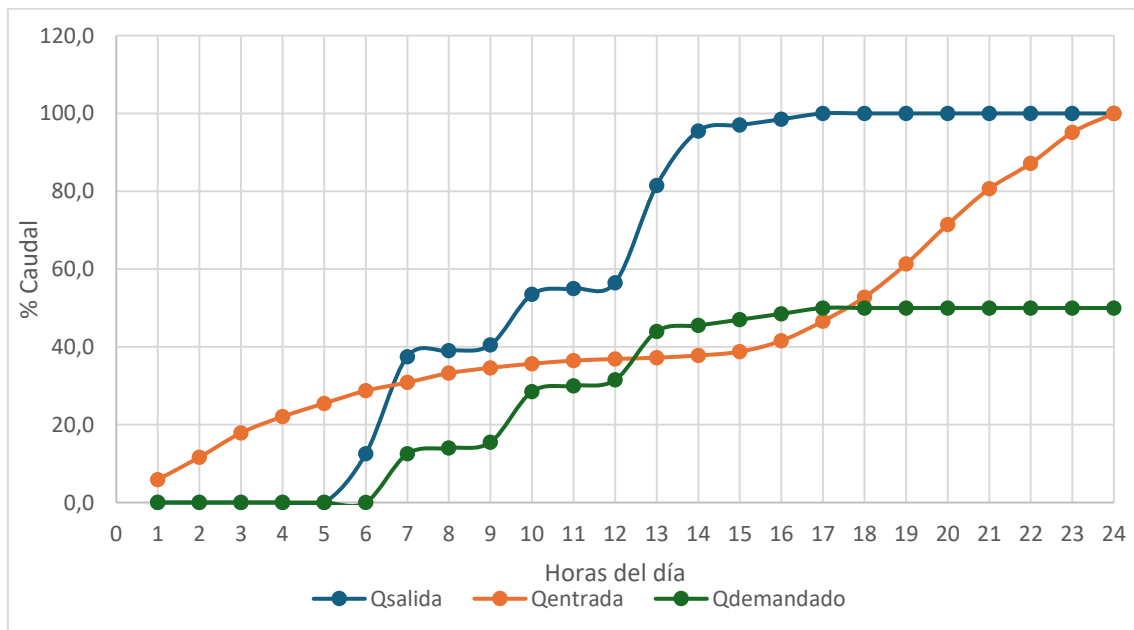


Ilustración 1 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 1

En la primera curva (Q salida) se hace a partir del % de caudal de salida acumulado del tanque de bombeo, la segunda curva sería (Q entrada) sale del % de caudal de entrada acumulado del tanque de bombeo ya que ambas tienen que, si o si encontrarse en donde marca el 100% de la capacidad del tanque, por otro lado, está la última curva (Q demandado) el cual viene de porcentaje de caudal de entrada acumulado del tanque elevado.

Tabla 6 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 1

QMD (L/s)	0.13		
Vol. Tanque (%)	83.73	k	2.00
Vol. Diario (L)	10800.00	h (m)	2.04
Vol. Diario (m ³)	10.80	Área (m ²)	5.33
Vol. Tanque Succión (m ³)	9.04	Diámetro (m)	2.60
Vol. Succión*1.2 (m ³)	10.85	h con BL (m)	2.34

En la **Tabla 6** se puede apreciar las dimensiones y el caudal del tanque de bombeo.

Tabla 7 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 1

QMD (L/s)	0.13		
Vol. Tanque (%)	19.00	k	2.00
Vol. Diario (L)	10800.00	h (m)	2.01
Vol. Diario (m ³)	10.80	Área (m ²)	1.23
Vol. Tanque Succión (m ³)	2.05	Diámetro (m)	1.25
Vol. Succión*1.2 (m ³)	2.46	h con BL (m)	2.31

Tabla 8 Volumen de los tanques

	BOMBEO	ELEVADO
Vol (L)	10851	2463
#Tanques 2000	5.4255	1.2315

En la **Tabla 7** tenemos el volumen que deberá trabajar cada uno de los tanques de esta combinación.

10.2. Dos tanques elevados y un tanque de bombeo (Combinación 2)

La segunda opción contempla una combinación de dos tanques elevados y un solo tanque de bombeo. Este diseño consiste en un tanque de bombeo con la misma capacidad que el de la primera opción, pero los dos tanques elevados tendrían la mitad de capacidad cada uno.

Tabla 9 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 2

Tanque de succión						
Hora	%Q salida bombeo	%Q salida Gravedad	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	ΣQentr -ΣQsal
1	0.0	0.0	0.0	5.91	5.91	5.91
2	0.0	0.0	0.0	5.74	11.64	11.64
3	0.0	0.0	0.0	6.25	17.90	17.90
4	0.0	0.0	0.0	4.18	22.08	22.08
5	0.0	0.0	0.0	3.41	25.49	25.49
6	12.5	0.0	12.5	3.24	28.73	16.23
7	12.5	12.5	37.5	2.13	30.86	-6.64
8	0.0	1.5	39.0	2.39	33.25	-5.75
9	0.0	1.5	40.5	1.37	34.62	-5.88
10	0.0	13.0	53.5	1.05	35.67	-17.83
11	0.0	1.5	55.0	0.80	36.47	-18.53
12	0.0	1.5	56.5	0.42	36.89	-19.61
13	12.5	12.5	81.5	0.35	37.23	-44.27
14	12.5	1.5	95.5	0.57	37.80	-57.70
15	0.0	1.5	97.0	0.96	38.77	-58.23
16	0.0	1.5	98.5	2.81	41.58	-56.92
17	0.0	1.5	100.0	5.05	46.62	-53.38
18	0.0	0.0	100.0	6.17	52.79	-47.21
19	0.0	0.0	100.0	8.50	61.29	-38.71
20	0.0	0.0	100.0	10.15	71.44	-28.56
21	0.0	0.0	100.0	9.19	80.63	-19.37
22	0.0	0.0	100.0	6.51	87.14	-12.86
23	0.0	0.0	100.0	7.98	95.13	-4.87
24	0.0	0.0	100.0	4.87	100.00	0.00

En la **Tabla 9** Podemos observar que la distribución de caudal de bombeo es idéntica a de la **Tabla 4**.

Tabla 10 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 2

Tanque elevado					
Hora	%Q salida	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	ΣQentr -ΣQsal
1	0.0	0	0.0	0	0.00
2	0.0	0	0.0	0	0.00
3	0.0	0	0.0	0	0.00
4	0.0	0	0.0	0	0.00
5	0.0	0	0.0	0	0.00
6	0.0	0	6.3	6.25	6.25
7	6.3	6.25	6.3	12.5	6.25
8	0.8	7	0.0	12.5	5.50
9	0.8	7.75	0.0	12.5	4.75
10	6.5	14.25	0.0	12.5	-1.75
11	0.8	15	0.0	12.5	-2.50
12	0.8	15.75	0.0	12.5	-3.25
13	6.3	22	6.3	18.75	-3.25
14	0.8	22.75	6.3	25	2.25
15	0.8	23.5	0.0	25	1.50
16	0.8	24.25	0.0	25	0.75
17	0.8	25	0.0	25	0.00
18	0.0	25	0.0	25	0.00
19	0.0	25	0.0	25	0.00
20	0.0	25	0.0	25	0.00
21	0.0	25	0.0	25	0.00
22	0.0	25	0.0	25	0.00
23	0.0	25	0.0	25	0.00
24	0.0	25	0.0	25	0.00

Viendo la **Tabla 10** a primera vista podemos observar que el porcentaje de caudales y salida por gravedad aportan solamente el 25% cada uno, y esto se debe a que esto representa que cada tanque tendría la mitad de la capacidad de trabajo que si fuera un solo tanque.

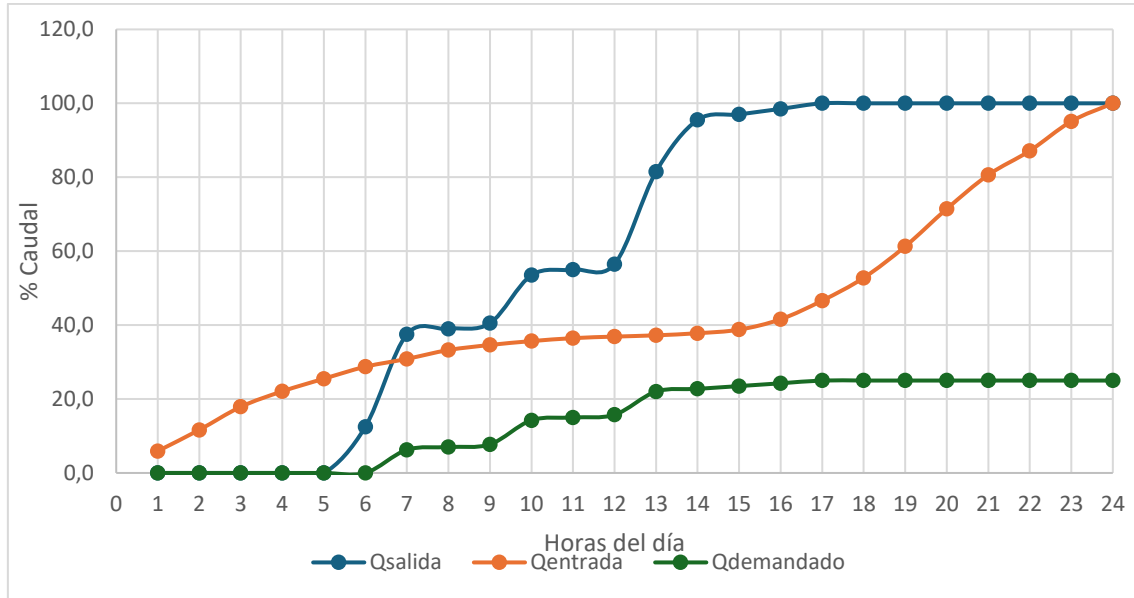


Ilustración 2 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 2

En la **Ilustración 2** podemos observar que tenemos una disminución del caudal demandado al tener dos tanques más pequeños.

Tabla 11 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 2

QMD (L/s)	0.13	k	2.00
Vol. Tanque (%)	83.73	h (m)	2.04
Vol. Diario (L)	10800.00	Área (m ²)	5.33
Vol. Diario (m ³)	10.80	Diámetro (m)	2.60
Vol. Tanque Succión (m ³)	9.04	h con BL (m)	2.34
Vol. Succión*1.2 (m ³)	10.85		

En la **Tabla 11** podemos ver las propiedades del tanque de bombeo que son las mismas que en la **Tabla 7**.

Tabla 12 Datos para el cálculo del tanque elevado Combinación 2

QMD (L/s)	0.13	k	2.00
Vol. Tanque (%)	9.50	h (m)	2.00
Vol. Diario (L)	10800.00	Área (m ²)	0.61
Vol. Diario (m ³)	10.80	Diámetro (m)	0.88
Vol. Tanque Succión (m ³)	1.03	h con BL (m)	2.30
Vol. Succión*1.2 (m ³)	1.23		

Es en estas tablas donde se presenta el cambio donde vemos que las capacidades de un tanque elevado son la mitad de las del de la opción 1 ya que tenemos dos tanques.

10.3. Dos tanques elevados y dos tanques de bombeo (Combinación 3)

En esta opción ya vamos con 2 tanques elevados y 2 tanques de bombeo los cuales estarían distribuidos en el área de la primera y segunda planta de la institución.

Tabla 13 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 3

Tanque de succión						
Hora	%Q salida bombeo	%Q salida Gravedad	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	$\Sigma Q_{entr} - \Sigma Q_{sal}$
1	0.0	0.0	0.0	2.95	2.95	2.95
2	0.0	0.0	0.0	2.87	5.82	5.82
3	0.0	0.0	0.0	3.13	8.95	8.95
4	0.0	0.0	0.0	2.09	11.04	11.04
5	0.0	0.0	0.0	1.71	12.75	12.75
6	6.3	0.0	6.3	1.62	14.37	8.12
7	6.3	6.3	18.8	1.07	15.43	-3.32
8	0.0	0.8	19.5	1.19	16.62	-2.88
9	0.0	0.8	20.3	0.69	17.31	-2.94
10	0.0	6.5	26.8	0.52	17.83	-8.92
11	0.0	0.8	27.5	0.40	18.23	-9.27
12	0.0	0.8	28.3	0.21	18.44	-9.81
13	6.3	6.3	40.8	0.17	18.62	-22.13
14	6.3	0.8	47.8	0.28	18.90	-28.85
15	0.0	0.8	48.5	0.48	19.38	-29.12
16	0.0	0.8	49.3	1.41	20.79	-28.46
17	0.0	0.8	50.0	2.52	23.31	-26.69
18	0.0	0.0	50.0	3.08	26.39	-23.61
19	0.0	0.0	50.0	4.25	30.65	-19.35
20	0.0	0.0	50.0	5.07	35.72	-14.28
21	0.0	0.0	50.0	4.60	40.32	-9.68
22	0.0	0.0	50.0	3.26	43.57	-6.43
23	0.0	0.0	50.0	3.99	47.56	-2.44
24	0.0	0.0	50.0	2.44	50.00	0.00

Tabla 14 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 3

Tanque elevado					
Hora	%Q salida	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	$\Sigma Q_{entr} - \Sigma Q_{sal}$
1	0.0	0	0.0	0	0.00
2	0.0	0	0.0	0	0.00
3	0.0	0	0.0	0	0.00
4	0.0	0	0.0	0	0.00
5	0.0	0	0.0	0	0.00
6	0.0	0	6.3	6.25	6.25
7	6.3	6.25	6.3	12.5	6.25
8	0.8	7	0.0	12.5	5.50
9	0.8	7.75	0.0	12.5	4.75
10	6.5	14.25	0.0	12.5	-1.75
11	0.8	15	0.0	12.5	-2.50
12	0.8	15.75	0.0	12.5	-3.25
13	6.3	22	6.3	18.75	-3.25
14	0.8	22.75	6.3	25	2.25
15	0.8	23.5	0.0	25	1.50
16	0.8	24.25	0.0	25	0.75
17	0.8	25	0.0	25	0.00
18	0.0	25	0.0	25	0.00
19	0.0	25	0.0	25	0.00
20	0.0	25	0.0	25	0.00
21	0.0	25	0.0	25	0.00
22	0.0	25	0.0	25	0.00
23	0.0	25	0.0	25	0.00
24	0.0	25	0.0	25	0.00

En la **Tabla 14** se puede observar como la demanda por tanque se reduce al estar todo distribuido en un total de 4 tanques.

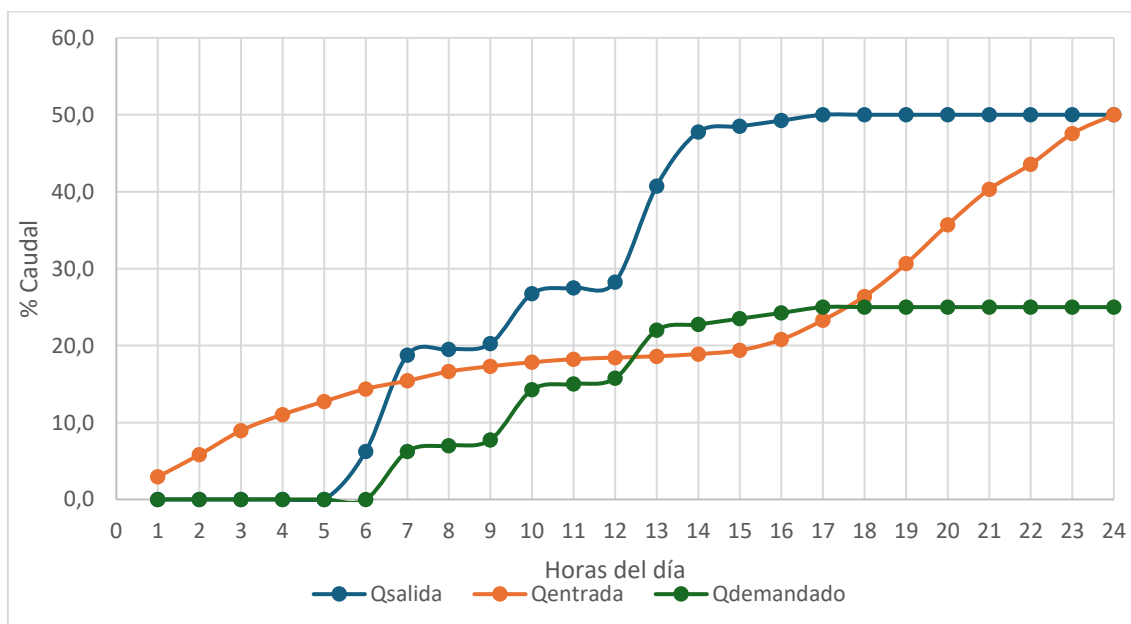


Ilustración 3 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 3

En la **Ilustración 3** se observa cómo se reduce cada uno de los caudales a la mitad en comparación a la primera opción la cual es todo lo contrario.

Tabla 15 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 3

QMD (L/s)	0.13		
Vol. Tanque (%)	41.86	k	2.00
Vol. Diario (L)	10800.00	h (m)	2.02
Vol. Diario (m³)	10.80	Área (m²)	2.69
Vol. Tanque Succión (m³)	4.52	Diámetro (m)	1.85
Vol. Succión*1.2 (m³)	5.43	h con BL (m)	2.32

Tabla 16 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 3

QMD (L/s)	0.13		
Vol. Tanque (%)	9.50	k	2.00
Vol. Diario (L)	10800.00	h (m)	2.00
Vol. Diario (m³)	10.80	Área (m²)	0.61
Vol. Tanque Succión (m³)	1.03	Diámetro (m)	0.88
Vol. Succión*1.2 (m³)	1.23	h con BL (m)	2.30

En la **Tabla 15** y la **Tabla 16** se observan las características de un tanque de bombeo y un tanque elevado y vemos que sus medidas disminuyen hasta la mitad de la primera opción que son la mitad de los tanques.

10.4. Un tanque elevado y dos tanques de bombeo (Combinación 4)

En esta última combinación de tanques vamos a tener dos tanques de bombeo y sólo un tanque elevado el cual es lógico tener en cuenta que será el tanque más grande entre los 3.

Tabla 17 Distribuciones de suministro de agua del Tanque de bombeo combinación 4

Tanque de succión						
Hora	%Q salida bombeo	%Q salida Gravedad	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	ΣQentr -ΣQsal
1	0.0	0.0	0.0	2.95	2.95	2.95
2	0.0	0.0	0.0	2.87	5.82	5.82
3	0.0	0.0	0.0	3.13	8.95	8.95
4	0.0	0.0	0.0	2.09	11.04	11.04
5	0.0	0.0	0.0	1.71	12.75	12.75
6	8.3	0.0	8.3	1.62	14.37	6.03
7	8.3	6.5	23.2	1.07	15.43	-7.74
8	0.0	6.5	29.7	1.19	16.62	-13.04
9	0.0	6.5	36.2	0.69	17.31	-18.86
10	0.0	6.5	42.7	0.52	17.83	-24.83
11	8.3	6.5	57.5	0.40	18.23	-39.27
12	8.3	8.0	73.8	0.21	18.44	-55.39
13	8.3	6.5	88.7	0.17	18.62	-70.05
14	8.3	0.8	97.8	0.28	18.90	-78.85
15	0.0	0.8	98.5	0.48	19.38	-79.12
16	0.0	0.8	99.3	1.41	20.79	-78.46
17	0.0	0.8	100.0	2.52	23.31	-76.69
18	0.0	0.0	100.0	3.08	26.39	-73.61
19	0.0	0.0	100.0	4.25	30.65	-69.35
20	0.0	0.0	100.0	5.07	35.72	-64.28
21	0.0	0.0	100.0	4.60	40.32	-59.68
22	0.0	0.0	100.0	3.26	43.57	-56.43
23	0.0	0.0	100.0	3.99	47.56	-52.44
24	0.0	0.0	100.0	2.44	50.00	-50.00

Tabla 18 Distribuciones de suministro de agua del Tanque elevado combinación 4

Tanque elevado					
Hora	%Q salida	%Q sal acum.	%Q entrada	%Q ent acum.	$\Sigma Q_{entr} - \Sigma Q_{sal}$
1	0.0	0	0.0	0	0.00
2	0.0	0	0.0	0	0.00
3	0.0	0	0.0	0	0.00
4	0.0	0	0.0	0	0.00
5	0.0	0	0.0	0	0.00
6	0.0	0	12.5	12.5	12.50
7	6.3	6.25	12.5	25	18.75
8	0.8	7	0.0	25	18.00
9	0.8	7.75	0.0	25	17.25
10	6.5	14.25	0.0	25	10.75
11	0.8	15	0.0	25	10.00
12	0.8	15.75	0.0	25	9.25
13	6.3	22	12.5	37.5	15.50
14	0.8	22.75	12.5	50	27.25
15	0.8	23.5	0.0	50	26.50
16	0.8	24.25	0.0	50	25.75
17	0.8	25	0.0	50	25.00
18	0.0	25	0.0	50	25.00
19	0.0	25	0.0	50	25.00
20	0.0	25	0.0	50	25.00
21	0.0	25	0.0	50	25.00
22	0.0	25	0.0	50	25.00
23	0.0	25	0.0	50	25.00
24	0.0	25	0.0	50	25.00

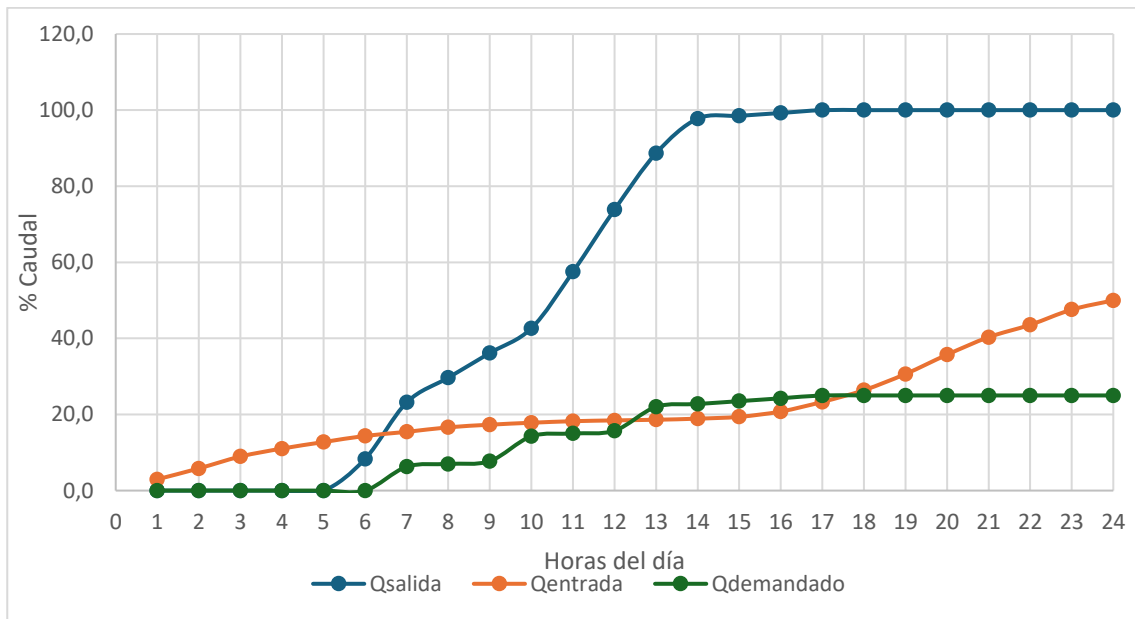


Ilustración 4 Gráfica del caudal en el tiempo combinación 3

En la **Ilustración 4** podemos observar que el caudal de entrada no logra cubrir el 100% para estar a la par del caudal de salida.

Tabla 19 Datos para el cálculo del tanque de bombeo combinación 4

QMD (L/s)	0.13	k	2.00
Vol. Tanque (%)	91.86	h (m)	2.04
Vol. Diario (L)	10800.00	Área (m ²)	5.84
Vol. Diario (m ³)	10.80	Diámetro (m)	2.73
Vol. Tanque Succión (m ³)	9.92	h con BL (m)	2.34
Vol. Succión*1.2 (m ³)	11.91		

En esta opción las medidas de bombeo aumentan en comparación con la primera combinación.

Tabla 20 Datos para el cálculo del tanque elevado combinación 4

QMD (L/s)	0.13	k	2.00
Vol. Tanque (%)	27.25	h (m)	2.01
Vol. Diario (L)	10800.00	Área (m ²)	1.76
Vol. Diario (m ³)	10.80	Diámetro (m)	1.50
Vol. Tanque Succión (m ³)	2.94	h con BL (m)	2.31
Vol. Succión*1.2 (m ³)	3.53		

En el apartado del tanque elevado, los volúmenes también aumentan lo cual ya nos puede dar un adelanto de que esta idea se va a rechazar.

11. Análisis de Costos

Se tiene en cuenta un análisis de costos para cada una de las opciones planteadas las cuales están denominadas como combinaciones, este análisis se realiza para observar el costo de cada una de las opciones para evaluar cual es la más económica y la más costosa y junto con otros ítems poder determinar cuál es la opción es más factible para llevar a cabo. Ver las siguientes tablas: **Tabla 21**, **Tabla 22**, **Tabla 23**, **Tabla 24**.

Tabla 21 Presupuesto de la Combinación 1

PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI
UN TANQUE ELEVADO Y UN TANQUE DE BOMBEO (Combinación 1)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CONSTRUCCION BASE TANQUE ELEVADO					
1	PRELIMINARES				\$ 6.302.149
2	CIMENTACIONES				\$ 22.282.416
3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO				\$ 17.322.681
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 7.141.359
5	CARPINTERIA METALICA				\$ 3.795.566
6	RED DE CAPTACION Y DISTRIBUCCION				\$ 19.368.824
CONSTRUCCION TANQUE ENTERRADO BOMBEO					
7	TANQUE DE BOMBEO DE AGUA EN CONCRETO REFORZADO, 4000 PSI				\$ 21.563.597
COSTO DIRECTOS					\$97.776.592
ADMINISTRACION (30%)					\$ 29.332.978
IMPREVISTOS 0,5%					\$ 488.883
UTILIDAD 2,5%					\$ 2.444.415
COSTO TOTAL					\$ 130.042.867

Tabla 22 Presupuesto de la Combinación 2

PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI					
DISEÑO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y BOMBEO DE AGUA LLUVIA PARA EL INSTITUTO EDUCATIVO ANTONIO RICAURTE, QUIBDÓ-CHOCÓ					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CONSTRUCCION BASE TANQUE ELEVADO					
1	PRELIMINARES				\$ 11.943.216
2	CIMENTACIONES				\$ 44.564.834
3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO				\$ 25.510.002
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 8.027.118
5	CARPINTERIA METALICA				\$ 7.029.565
6	RED DE CAPTACION Y DISTRIBUCCION				\$ 24.013.885
COSTO DIRECTOS					\$121.088.620
ADMINISTRACION (30%)					\$ 36.326.586
IMPREVISTOS 0,5%					\$ 605.443
UTILIDAD 2,5%					\$ 3.027.216
COSTO TOTAL					\$ 161.047.865

Tabla 23 Presupuesto de la Combinación 3

PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI
DOS TANQUES ELEVADOS Y DOS TANQUES DE BOMBEO (Combinación 3)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CONSTRUCCION BASE TANQUE ELEVADO					
1	PRELIMINARES				\$ 11.943.216
2	CIMENTACIONES				\$ 44.564.834
3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO				\$ 34.645.362
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 8.027.118
5	CARPINTERIA METALICA				\$ 7.591.133
6	RED DE CAPTACION Y DISTRIBUCCION				\$ 24.013.885
CONSTRUCCION TANQUE ENTERRADO BOMBEO					
7	TANQUE DE BOMBEO DE AGUA EN CONCRETO REFORZADO, 4000 PSI				\$ 43.127.196
COSTO DIRECTOS					\$173.912.744
ADMINISTRACION (30%)					\$ 52.173.823
IMPREVISTOS 0,5%					\$ 869.564
UTILIDAD 2,5%					\$ 4.347.819
COSTO TOTAL					\$ 231.303.950

Tabla 24 Presupuesto de la Combinación 4

PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI
UN TANQUE ELEVADO Y DOS TANQUES DE BOMBEO (Combinación 4)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CONSTRUCCION BASE TANQUE ELEVADO					
1	PRELIMINARES				\$ 6.302.149
2	CIMENTACIONES				\$ 22.282.416
3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO				\$ 17.322.681
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 7.141.359
5	CARPINTERIA METALICA				\$ 3.795.566
6	RED DE CAPTACION Y DISTRIBUCCION				\$ 19.368.824
CONSTRUCCION TANQUE ENTERRADO BOMBEO					
7	TANQUE DE BOMBEO DE AGUA EN CONCRETO REFORZADO, 4000 PSI				\$ 43.127.196
COSTO DIRECTOS					\$119.340.191
ADMINISTRACION (30%)					\$ 35.802.057
IMPREVISTOS 0,5%					\$ 596.701
UTILIDAD 2,5%					\$ 2.983.505
COSTO TOTAL					\$ 158.722.454

Se realizaron los presupuestos para cada una de las combinaciones correspondientes, en base a unos APUS contruidos en la región del Chocó, para determinar cuál de la propuesta era la más económica por lo que se puede inferir que la opción más económica para ejecutar sería la combinación 1, sin embargo, este criterio no es el definitivo en la decisión final. Se puede ver con más detalle en el anexo (Presupuesto de diseño).

12. Criterios de decisión

- **Ponderación:** Se asignó una ponderación a cada criterio para reflejar su importancia relativa en la decisión final.
- **Economía:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción más económica y 1 a la menos económica.
- **Eficiencia:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción más eficiente y 1 a la que menos eficiencia posee.
- **Consumo de Energía:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción con menor consumo de energía y 1 a la que consume más energía, esto se vería reflejado en la potencia de las bombas.
- **Flexibilidad:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción más flexible y 1 a la menos flexible, esto con respecto a la facilidad que se puede tener en los componentes a la hora de ubicar y reubicar en los lugares que se requieran instalar en el proyecto.
- **Mantenimiento:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción con menor costo de mantenimiento y 1 a la que tiene un costo mayor.
- **Área:** Se asignó una puntuación de 5 a la opción que más área necesita y 1 a la que menos área necesita.

En base a todos esos criterios, nuestra matriz de decisión estaría armada del siguiente modo.

Tabla 25 Matriz de decisión

Criterio	Ponderacion	1E-1B	2E-1B	2E-2B	1E-2B
Economía	30,00%	5	4	1	4
Eficiencia	20,00%	1	4	5	3
Consumo de energía	20,00%	5	3	1	2
Felxibilidad	10,00%	1	4	4	2
Mantenimiento	10,00%	3	3	2	2
Area	10,00%	3	3	4	4
Puntuacion		3,4	3,6	2,5	3

Según esta matriz de decisión, la mejor opción sería la segunda combinación de dos tanques elevados y un tanque de bombeo.

El análisis se realiza considerando diferentes factores con sus respectivas ponderaciones. La economía tiene una ponderación del 30%, siendo esta opción de las menos favorables debido a que requiere un proceso constructivo más complejo al construir en múltiples

puntos. Luego, la eficiencia tiene una ponderación del 20%, destacando esta combinación debido a que cada tanque tendría una mayor eficiencia al contar con más de una fuente de agua.

Un aspecto importante es el consumo de energía, con una ponderación del 20%, basado principalmente en el uso de la bomba. La flexibilidad, con una ponderación del 10%, ya que se usa una sola bomba que se puede controlar desde el tanque de bombeo.

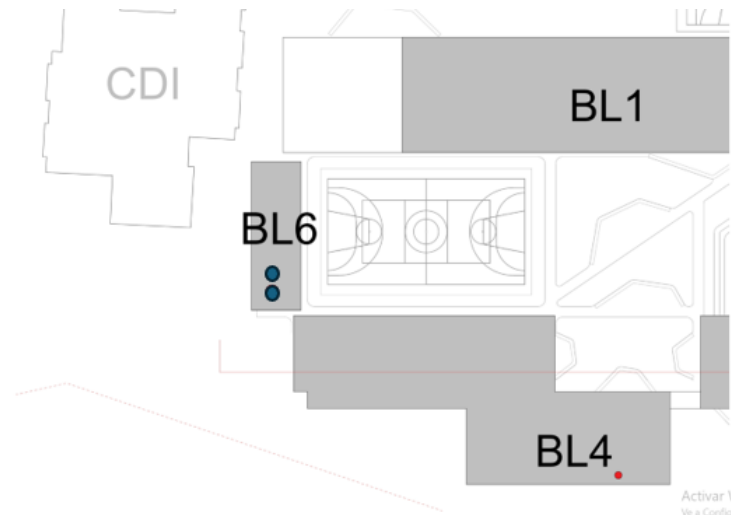


Figura 15 Ubicación tanques de succión (azul) y tanque elevado (Rojo)

Se puede observar en la **Figura 15**, la distribución de las bombas en el área del bloque 6 (BL6). Se decidió asignar valor al mantenimiento en esta opción, ya que realizar cambios en los tanques elevados puede resultar más económico y versátil en comparación con un gran cambio en tanques de mayor capacidad. En cuanto al área que van a cubrir, esta opción tiene mayor ventaja, ya que, al tener dos tanques elevados, hay menos dependencia de que si hubiera sólo un tanque por función. Estos tres últimos criterios (mantenimiento, área a cubrir y dependencia de tanques) tienen una ponderación del 10% cada uno, de modo que todos los criterios sumen el 100% para tomar la decisión final.

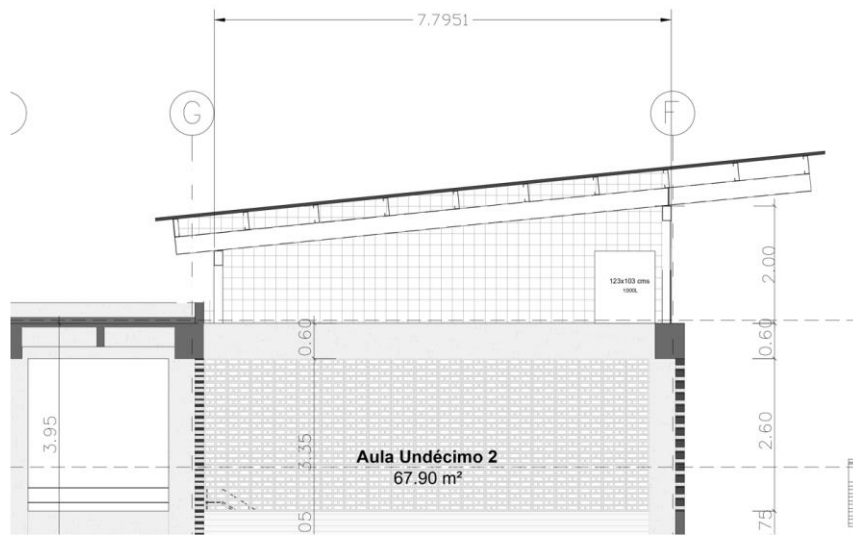


Figura 16 Altura de la cubierta

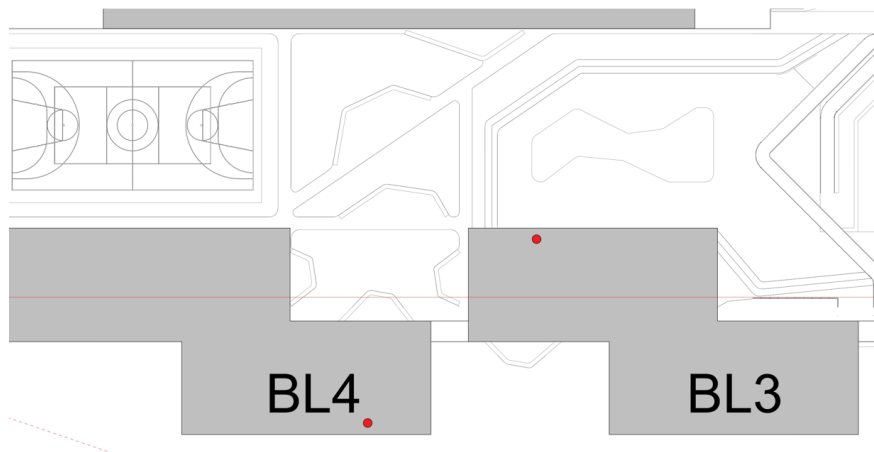


Figura 17 Ubicación de tanques en primera planta

13. Estado actual de la zona

Anteriormente, la escuela contaba con un sistema de almacenamiento y distribución de agua compuesto por tanques de succión y un tanque elevado de concreto. A continuación, se incluyen fotos del lugar que ilustran el estado actual de estos componentes. Este sistema de almacenamiento se encuentra en deterioro y no da abasto para el nuevo colegio de la zona por lo que se optó por diseñar un nuevo modelo más innovador para el nuevo colegio. (ver las siguientes figuras: Figura 18 Bombas actuales (0,75hp) **Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21**)



Figura 18 Bombas actuales (0,75hp)



Figura 19 Cuarto de Bombas y Tanque de almacenamiento



Figura 20 Tanques (actuales)



Figura 21 Tanque elevado de concreto

El sistema existente presenta varios problemas estructurales y de funcionalidad que justifican su demolición, principalmente la capacidad de abastecimiento del sistema la cual actualmente puede ser insuficiente para satisfacer las necesidades diarias de la escuela, especialmente durante horas pico de uso. Esto puede resultar en frecuentes interrupciones del suministro de agua, afectando negativamente las actividades escolares.

El sistema actual probablemente carece de un sistema automatizado que bombee agua en las horas de mayor demanda, lo que dificulta la gestión eficiente del suministro de agua. La falta de un control adecuado puede llevar a un uso ineficiente del agua y a una distribución desigual. Esto no solo es ineficiente, sino que también aumenta los costos de operación y puede provocar daños en la infraestructura circundante debido a la humedad constante.

14. Alternativa de tanques a diseñar

13.1 Tanque de bombeo (1) y Tanques elevados (almacenamiento) (2)

El cálculo de los tanques se realiza considerando el consumo de agua. Se estima el consumo diario según las horas de mayor demanda. Se determina el caudal de la bomba necesario para satisfacer el consumo máximo. Posteriormente, se evalúa el tiempo de bombeo requerido para llenar el tanque de almacenamiento, sin funcionamiento continuo de la bomba. Se considera la altura de bombeo desde el tanque subterráneo hasta los dos tanques elevados.

Se plantea esta alternativa como la definitiva, sin embargo, se deciden usar tanques prefabricados para el sistema de recolección de aguas lluvias, por lo que se tuvo la

necesidad de dividir la capacidad del tanque de succión en dos tanques prefabricados de 6000 L y otros dos de 4000 L para los tanques de almacenamiento.

Tabla 26 Presupuesto a realizar

PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI
DISEÑO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y BOMBEO DE AGUA LLUVIA PARA EL INSTITUTO EDUCATIVO
ANTONIO RICAURTE, QUIBDÓ-CHOCÓ

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CONSTRUCCION BASE TANQUE ELEVADO					
1	PRELIMINARES				
1,1	Campamento en madera y teja de zinc, 6,50x5,00 mts	UND	1,00	\$ 1.465.408	\$ 1.465.408
1,2	Cerramiento en polisombra	M2	123,60	\$ 13.015	\$ 1.608.654
1,3	Localizacion y replanteo	M2	45,00	\$ 3.724	\$ 167.580
1,4	Excavacion a mano en tierra	M3	56,35	\$ 79.954	\$ 4.505.408
1,5	Relleno con subbase granular compactada	M3	14,13	\$ 172.076	\$ 2.430.574
1,6	Relleno con material del sitio	M3	41,41	\$ 42.642	\$ 1.765.592
	SUBTOTAL				\$ 11.943.216
2	CIMENTACIONES				
2,1	Concreto simple para solados e=0,05 mts, 2500 PSI	M3	2,11	\$ 742.299	\$ 1.564.091
2,2	Placa de Cimentacion en Concreto Reforzado, e= 0.45 mts. Fc 280	M3	11,03	\$ 1.437.196	\$ 15.845.086
2,3	Placa de Cimentacion en Concreto Reforzado, 0,35 mts. Fc 280	M3	6,17	\$ 1.437.196	\$ 8.874.154
2,4	Suministro e instalación de acero de refuerzo 60000 PSI	kg	1464,86	\$ 12.480	\$ 18.281.503
	SUBTOTAL				\$ 44.564.834
3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO				
3,1	Losa Maciza Nivel 2,35m en concreto Reforzado, Impermeabilizado, Fc 280 e=0,3	M3	3,31	\$ 1.199.458	\$ 3.974.404
3,2	Columnas de 0.35 x 0.35mts, en concreto reforzado, Fc 280	M3	4,12	\$ 939.303	\$ 3.866.171
3,3	Vigas Aereas de 0.35 x 0.30 mts, concreto reforzado, Fc 280	M3	6,48	\$ 955.004	\$ 6.188.426
3,4	Suministro e instalación de acero de refuerzo 60000 PSI	kg	919,95	\$ 12.480	\$ 11.481.001
	SUBTOTAL				\$ 25.510.002
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				
4,1	Acometida general en cable N°8	ML	100,00	\$ 62.556	\$ 6.255.600
4,2	Salida para lámparas y bombillos	PTO	2,00	\$ 211.778	\$ 423.556
4,3	Salida tomas dobles con línea a tierra	UND	2,00	\$ 245.837	\$ 491.674
4,4	Caja de Brekers 4 puestos	UND	2,00	\$ 428.144	\$ 856.288
	SUBTOTAL				\$ 8.027.118
5	CARPINTERIA METALICA				
5,1	Escalera Metalica de Acceso al Tanque Elevado	ML	4,70	\$ 440.647	\$ 2.071.041
5,2	Pasamanos e Tuberia Galvaizada de 1 1/2", h=1,0 mts, incluye pintura anticorrosiva y de acabados	ML	20,75	\$ 238.965	\$ 4.958.524
	SUBTOTAL				\$ 7.029.565
6	RED DE CAPTACION Y DISTRIBUCCION				
6,1	Excavación a mano en Tierra H<=1,00 m	M3	14,57	\$ 79.954	\$ 1.165.250
6,2	Base Arena seleccionada para asentar tuberia 10 cm	M3	2,24	\$ 158.787	\$ 355.683
6,3	Rellenos con material del sitio	M3	15,14	\$ 42.642	\$ 645.702
6,4	Suministro e instalacion de canales	ML	64,00	\$ 40.604	\$ 2.598.656
6,5	Suministro e instalacion de bajantes	ML	16,00	\$ 69.812	\$ 1.116.992
6,6	Suministro eInstalación de Tubo PAVCO RDE 26 ø 50 mm (2")	ML	48,00	\$ 35.581	\$ 1.707.888
6,7	Suministro e Instalacion Codo Gran Radio de 2" x 45° PVC Presión	UND	2,00	\$ 59.815	\$ 119.630
6,8	Suministro e Instalacion Tee de 2" PVC Presión	UND	2,00	\$ 32.263	\$ 64.526
6,9	Suministro e Instalacion Valvula HF SE - EL de 2"	UND	2,00	\$ 391.605	\$ 783.210
6,10	Cajillas en concreto refozado 0,7 X 0,7 m (Externo), para Valvulas	UND	2,00	\$ 849.105	\$ 1.698.210
6,11	Suministro e Instalación de Tanque Ajoover Plastico de 6000 Litros	UND	2,00	\$ 2.737.395	\$ 5.474.790
6,12	Suministro e Instalacion Valvula de Ventosa en HF SE - EL de 2"	UND	2,00	\$ 617.803	\$ 1.235.606
6,13	Suministro e instalacion Electrobomba de 1 HP	UND	2,00	\$ 1.289.863	\$ 2.579.726
6,14	Suministro e Instalación de Tanque Ajoover Plastico de 2000 Litros	UND	2,00	\$ 1.471.768	\$ 2.943.536
6,15	Suministro eInstalación de Tubo PAVCO RDE 13,5 ø 25 mm (1")	ML	64,00	\$ 23.820	\$ 1.524.480
	SUBTOTAL				\$ 24.013.885
COSTO DIRECTOS					\$121.088.620
ADMINISTRACION (30%)					\$ 36.326.586
IMPREVISTOS 0,5%					\$ 605.443
UTILIDAD 2,5%					\$ 3.027.216
COSTO TOTAL					\$ 161.047.865

15. Diseño drenaje pluvial

El diseño de drenaje pluvial es un aspecto crucial en la planificación y construcción de infraestructuras, especialmente en regiones propensas a altas precipitaciones, como es el caso de la región de Chocó.

14.1 Curvas IDF

Las curvas IDF son herramientas importantes en hidrología e ingeniería civil, utilizadas para estimar la intensidad de lluvia para diferentes duraciones y períodos de retorno. Estos coeficientes se utilizan en fórmulas específicas para generar estas curvas, permitiendo a los ingenieros y planificadores diseñar infraestructura adecuada para manejar las precipitaciones en cada región.

En la **Tabla 27** se presenta los valores de los coeficientes a, b, c y d utilizados para el cálculo de curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) según el INVIAS (Instituto Nacional de Vías) de Colombia en 2011. (TABLA 2.12 EN INVIAS)

Tabla 27 Valores de coeficiente a, b, c y d para cálculo de curvas IDF

REGIÓN	N.º Región	a	b	c	d
Andina	R1	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	R2	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico	R3	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía	R4	5.53	0.17	0.63	0.42

Para la Institución educativa Antonio Ricaurte ubicada en el departamento de Chocó, se seleccionaron los coeficientes correspondientes a la región R3 (Pacífico) de la tabla de valores del INVIAS. Esta elección se basa en la ubicación geográfica de Quibdó, que se encuentra en la región pacífica de Colombia. Quibdó, capital del departamento del Chocó, está situada en una de las zonas más lluviosas del mundo, característica típica de la región del Pacífico colombiano. Por lo tal se escogen los siguientes valores (ver **Tabla 28**):

Tabla 28 Constantes región pacífica

Constantes de regionalización de las curvas

Zona	R3
a	13.92
b	0.19
c	0.58
d	0.20
M	103.60

Luego con el método Díaz Granados se usa la siguiente ecuación

Ecuación de intensidad de lluvia según método de regionalización (Vargas & Díaz-Granados, 1998):

$$I = \frac{a \times Tr^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia (mm/hr)

a, b, c, d = Constantes de ajuste

t = Duración lluvia (min)

Tr = Período de retorno (años)

M = Precipitación máxima diaria promedio multianual

Para construir las curvas IDF, se aplica esta fórmula con diferentes valores de duración (t) y períodos de retorno (T), manteniendo constantes los coeficientes a, b, c, y d para la región Pacífica. Esto genera una serie de puntos que, al graficarse, forman las curvas características IDF.

Se muestran como resultado la **Tabla 29** y la **Ilustración 5**:

Tabla 29 Curvas IDF

<i>Duración de la lluvia</i>	Intensidad (mm/hr)	Duración de la lluvia	Intensidad (mm/hr)	Duración de la lluvia	Intensidad (mm/hr)	Duración de la lluvia
	5 años	10 años	20 años	25 años	50 años	100 años
10	135.16	154.18	175.89	183.50	209.34	238.80
15	106.83	121.87	139.03	145.05	165.47	188.76
20	90.42	103.14	117.66	122.76	140.04	159.75
30	71.47	81.53	93.00	97.03	110.69	126.27
40	60.49	69.00	78.71	82.12	93.68	106.87
50	53.14	60.62	69.16	72.15	82.31	93.89
60	47.81	54.54	62.22	64.91	74.05	84.47
70	43.72	49.87	56.90	59.36	67.72	77.25
80	40.46	46.16	52.66	54.94	62.67	71.49
90	37.79	43.11	49.18	51.31	58.53	66.77
100	35.55	40.55	46.26	48.27	55.06	62.81
110	33.64	38.37	43.78	45.67	52.10	59.43
120	31.98	36.48	41.62	43.42	49.54	56.51
130	30.53	34.83	39.73	41.45	47.29	53.95
140	29.25	33.36	38.06	39.71	45.30	51.68
150	28.10	32.06	36.57	38.15	43.52	49.65
160	27.07	30.88	35.22	36.75	41.92	47.82
170	26.13	29.81	34.01	35.48	40.47	46.17
180	25.28	28.84	32.90	34.32	39.15	44.67

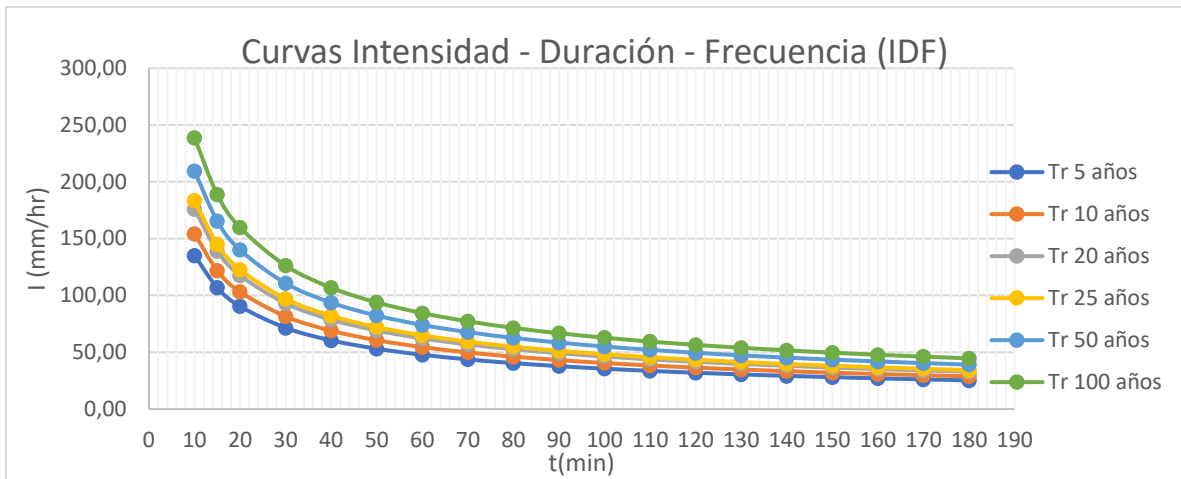


Ilustración 5 Gráfico Curvas IDF

Se debe considerar que los canales deben cumplir con una capacidad necesaria para poder evacuar toda el agua que captan, para esto se debe usar la ecuación de Chezy-Manning, la cual se rige por la siguiente fórmula:

$$Qn / \sqrt{S_0} = A^{5/3} / P^{2/3} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

A=Área mojada de la sección transversal (m²)

P =Perímetro mojado de la sección transversal (m)

S₀=Pendiente del fondo (%)

14.2 Diseño drenaje en cubiertas

Se usan los parámetros de la lluvia de diseño para un proyecto institucional según la NTC 1500:

Tabla 30 Parámetros de diseño de la lluvia NTC1500

Parámetros de la lluvia de diseño según criterios de la NTC 1500

<i>Tr</i>	100	años
<i>T</i>	15	min
<i>I</i>	188.76	mm/hr

14.3 Áreas de drenaje en cubierta

Esta tabla muestra el cálculo de caudales para diferentes áreas de drenaje en el proyecto, siendo 5 áreas de drenaje, Se usa C como 0.95, lo cual indica una superficie más impermeable.

Formal del caudal $Q = (I/3600) * A * C$

Tabla 31 Área de drenaje en cubierta

Área Nº	Área (m ²)	C	Q (L/s)
AD01	92.33	0.95	4.60
AD02	331.27	0.95	16.50
AD03	331.27	0.95	16.50
AD04	424.94	0.95	21.17
AD05	229.97	0.95	11.46

En la **Figura 22** se muestran las áreas de drenaje que sirven para cada canaleta.

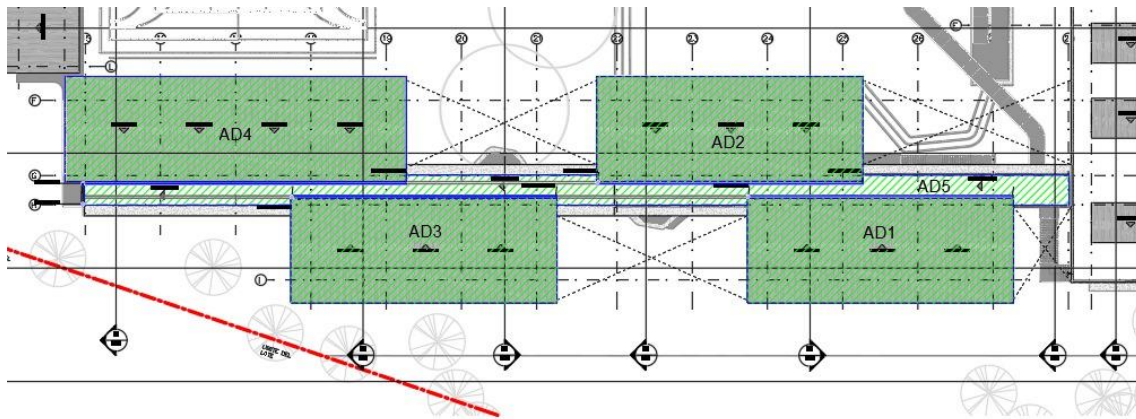


Figura 22 Áreas de drenaje en cubierta.

14.4 Diseño de conductos horizontales en cubierta (canaletas)

Se plantea con canaletas en lámina metálica con un Manning con valor $n=0.010$ y una pendiente del 1% para garantizar el transporte de sedimentos, una base de 40 cm y altura de 40 cm, en la **Figura 21** se muestra un esquema general del funcionamiento de las canaletas.

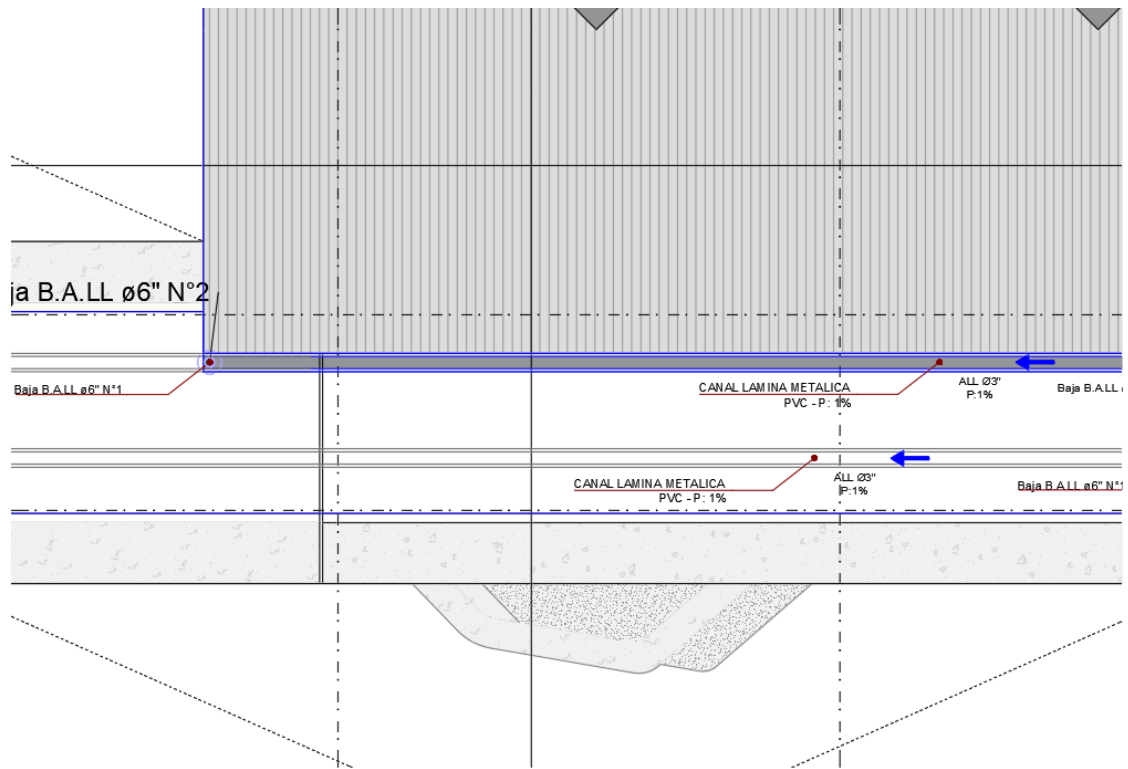


Figura 23 Plano de los conductos horizontales en cubierta

Tabla 32 Cálculos de las canaletas

Tramo	Bajante	Pendiente (%)	Caudal (L/s)	b (m)	h (m)	y_n (m)	V (m/s)	τ (kg/m ²)	y_n/h (%)
CC-01	BALL-01	1.00%	4.60	0.4	0.4	0.025	0.46	0.25	6%
CC-02	BALL-02	1.00%	16.50	0.4	0.4	0.056	0.73	0.56	14%
CC-03	BALL-03	1.00%	16.50	0.4	0.4	0.056	0.73	0.56	14%
CC-04	BALL-04	1.00%	21.17	0.4	0.4	0.066	0.80	0.66	17%
CC-05	BALL-05	1.00%	26.83	0.4	0.4	0.078	0.86	0.78	19%
CC-06	BALL-07	1.00%	43.39	0.4	0.4	0.108	1.00	1.08	27%

Con los resultados anteriores se evidencia que las canaletas cumplen con los criterios establecidos debido a que se diseñó para que:

- $y/h < 0.90$
- Se busca garantizar una velocidad mínima de 0.30 m/s

14.5 Diseño de bajantes

Tipo de bajante: Circular
 Material: PVC

Se usa la siguiente tabla de la NTC 1500 que da los lineamientos para seleccionar las dimensiones de los bajantes circulares, en este caso se tiene una intensidad de 188 mm/h

por lo que se usan los valores señalados, en la tabla se muestran las áreas de drenaje otorgadas para cada bajante siendo el máximo de 704,88 m²

Tabla 33 Área de bajantes

<i>Bajante N.º</i>	<i>Área (m²)</i>
<i>BALL-01</i>	92.33
<i>BALL-02</i>	331.27
<i>BALL-03</i>	331.27
<i>BALL-04</i>	424.94
<i>BALL-05</i>	704.88
<i>BALL-06</i>	704.88

Diámetro del tubo de bajada (pulgadas) ^a	Área de la cubierta proyectada horizontalmente metros cuadrados (pies cuadrados)											
	Caudal de precipitación mm/h (pulgada/h)											
	25 (1)	51 (2)	76 (3)	102 (4)	127 (5)	152 (6)	178 (7)	203 (8)	229 (9)	254 (10)	279 (11)	305 (12)
(2)	268 (2 880)	134 (1 440)	89 (960)	67 (720)	53 (575)	45 (480)	38 (410)	33 (360)	30 (320)	27 (290)	24 (260)	22 (240)
(3)	818 (8 800)	409 (4 400)	272 (2 930)	204 (2 200)	164 (1 760)	137 (1 470)	117 (1 260)	102 (1 100)	91 (980)	82 (880)	74 (800)	68 (730)
(4)	1 709 (18 400)	855 (9 200)	569 (6 130)	427 (4 600)	342 (3 680)	285 (3 070)	244 (2 630)	214 (2 300)	190 (2 045)	171 (1 840)	156 (1 675)	142 (1 530)
(5)	3 214 (34 600)	1 607 (17 300)	1 071 (11 530)	804 (8 650)	643 (6 920)	536 (5 765)	459 (4 945)	402 (4 325)	357 (3 845)	321 (3 460)	292 (3 145)	268 (2 880)
(6)	5 017 (54 000)	2 508 (27 000)	1 672 (17 995)	1 254 (13 500)	1003 (10 800)	836 (9 000)	717 (7 715)	627 (6 750)	557 (6 000)	502 (5 400)	456 (4 910)	418 (4 500)
(8)	10 776 (116 000)	5 388 (58 000)	3 592 (38 660)	2 694 (29 000)	2 155 (23 200)	1 794 (19 315)	1 539 (16 570)	1 347 (14 500)	1 197 (12 890)	1 078 (11 600)	980 (10 545)	892 (9 600)

Factor de conversión: 1 m² = 10,8 pie²

^a Las dimensiones indicadas son para el diámetro de tubería circular. Esta tabla es aplicable para tubería de otras formas siempre que la forma de la sección transversal incluya totalmente un círculo del diámetro indicado en esta tabla. Para tubos de bajada rectangulares, vease la Tabla 12.6.2(2). Se permite la interpolación para tamaños de tuberías que caen entre las indicadas en esta tabla.

Figura 24 Parámetros de la NTC1500

Con la información anterior, se realiza el diseño de los bajantes:

Tabla 34 Diseño de los bajantes

<i>Bajante N.º</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Diámetro (pulgada)</i>
<i>BALL-01</i>	92.33	6
<i>BALL-02</i>	331.27	6
<i>BALL-03</i>	331.27	6
<i>BALL-04</i>	424.94	6
<i>BALL-05</i>	704.88	8
<i>BALL-06</i>	704.88	8

El área máxima que recogen los bajantes de 8" es de 704.88 m² y el área máxima que recogen los bajantes de 6" es de 424.94 m², por lo tanto, satisface con la capacidad conforme a la NTC 1500 en ambos casos, debido a que no se superan las áreas admisibles estipuladas en la norma.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los bajantes

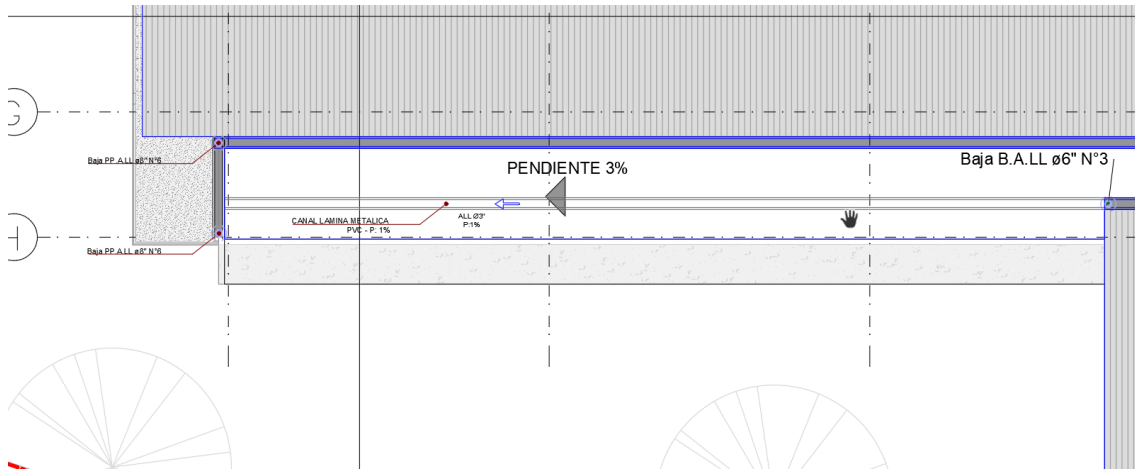


Figura 25 Ubicación de los bajantes

Las bajantes que drenan hacia la planta pública bajan a una única caja de inspección, por lo que se necesita realizar un cambio de dirección, siendo el Bajante N°5 el que realiza el cambio de dirección, como se presenta en el siguiente esquema (ver **Figura 26**):

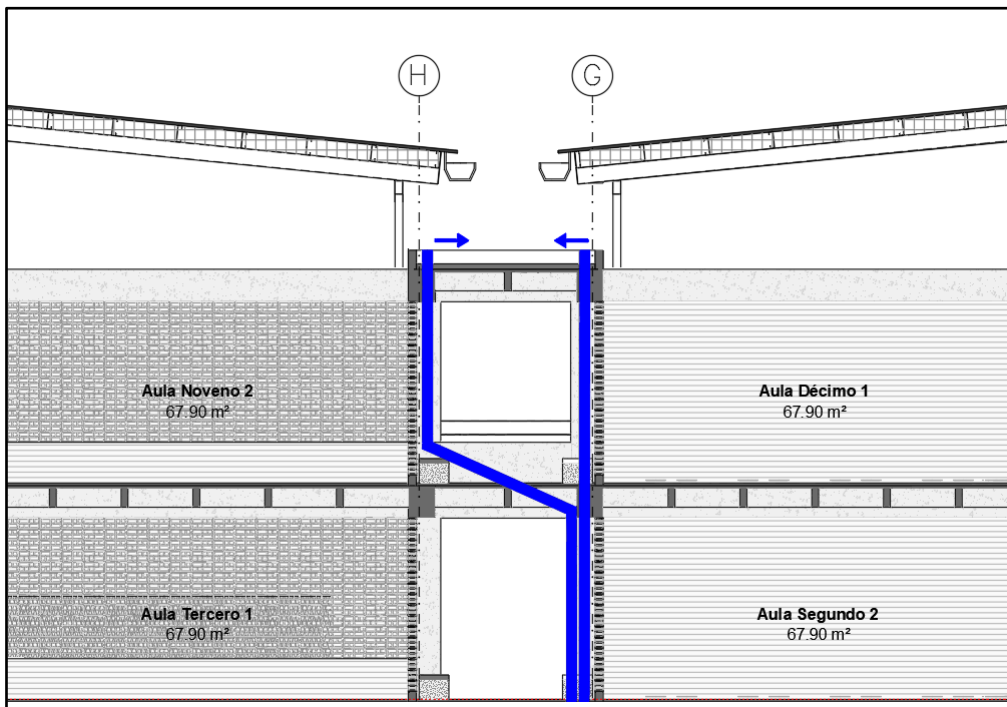


Figura 26 Esquema para ubicación de bajantes

Finalmente, se presenta el esquema general del diseño pluvial en cubierta:

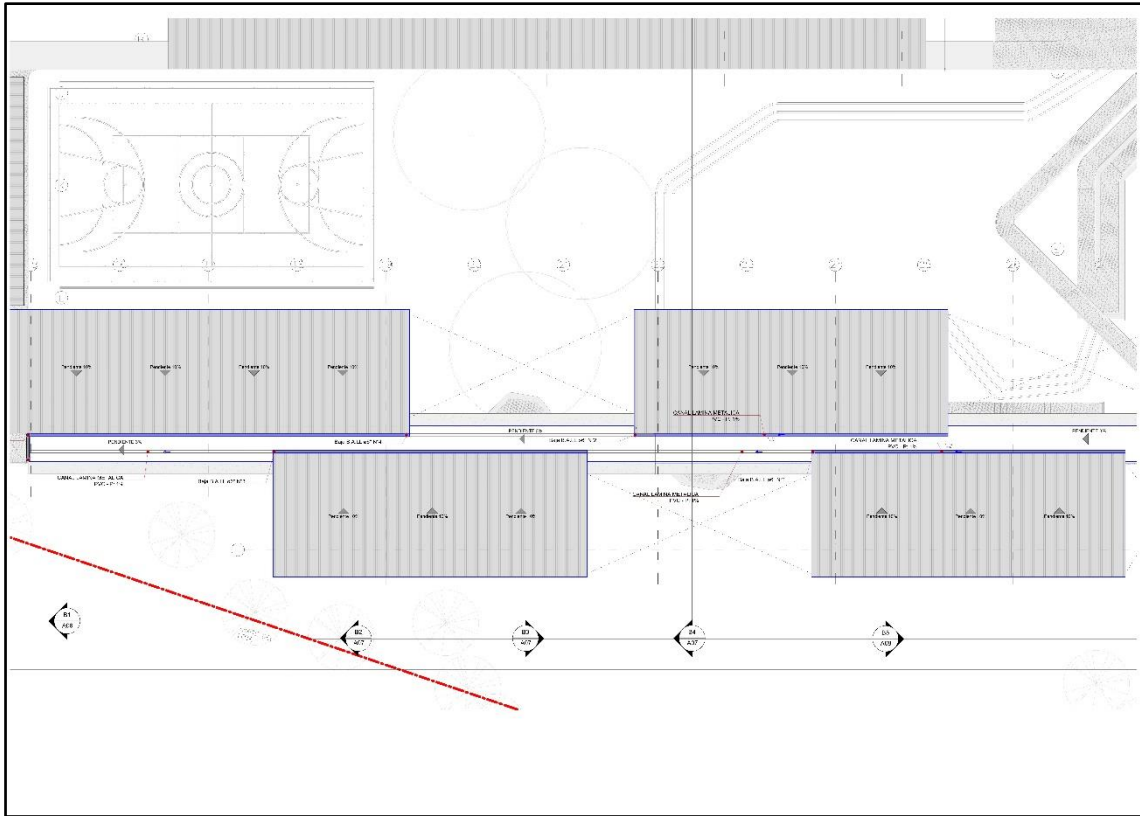


Figura 27 Esquema del Diseño pluvial en cubierta

14.6 Diseño drenaje pluvial a nivel del suelo

Las bajantes mencionadas en el anterior apartado, se plantea una caja de inspección abierta para revisar el agua que llega de las bajantes; La caja de inspección se explica con el siguiente detalle:

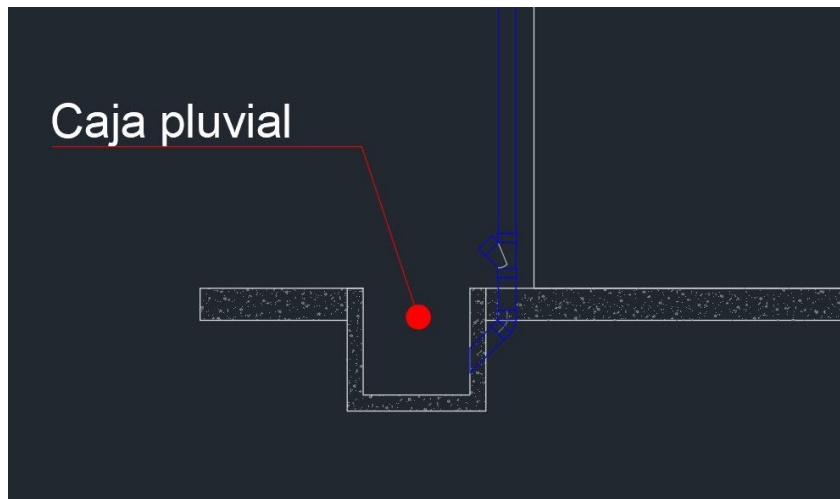


Figura 28 Caja de inspección 60x60 cm.

La caja de inspección se conecta con la tubería que conduce las aguas lluvias hacia los tanques de bombeo y se diseña en el siguiente apartado

14.7 Diseño tuberías aguas lluvias

Material:	PVC
n Manning:	0.010

Se diseña una red que lleven de los bajantes y la caja de inspección a los tanques de succión, esta red se configura de la siguiente manera:

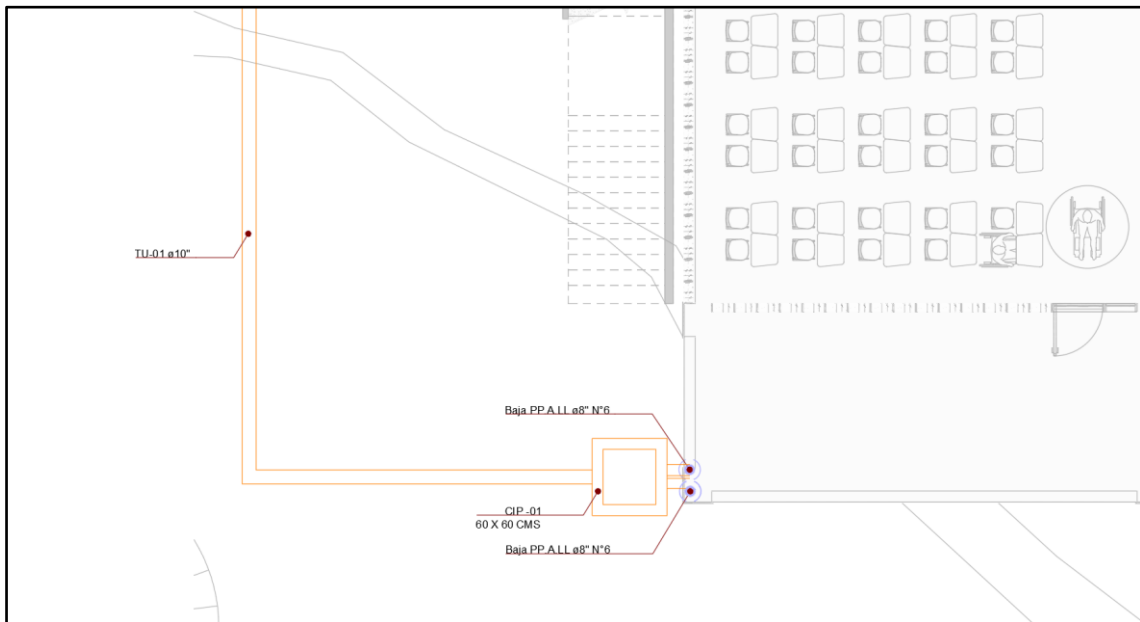


Figura 29 Red de tuberías

Tramo	Inicio	Fin	Pendiente (%)	Caudal (L/s)	$\Phi_{nominal}$	Φ_{real} (m)	y_n (m)	V (m/s)	τ (kg/m ²)	y_n/D (%)
TU-01	CP-01	TB01	1.00%	70.22	10 pulg	0.254	0.184	1.79	1.84	72%

Debe cumplir con los criterios de:

- $y/h < 0.90$
- Se busca garantizar una velocidad mínima de 0.30 m/s

Con esto se verifica que el diseño de las tuberías cumple con lo establecido.

Finalmente se presenta el esquema general del diseño de la red pluvial a nivel del suelo

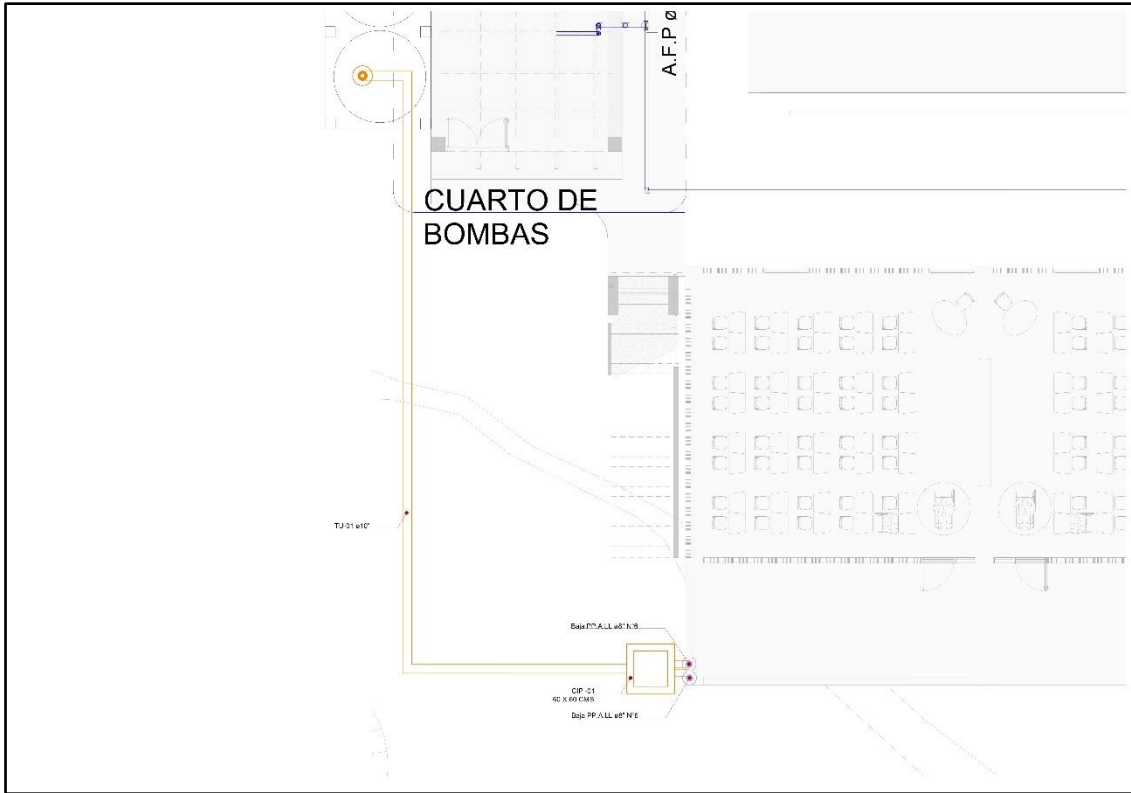


Figura 30 Esquema de la red pluvial al nivel del suelo

16. Planos hidrosanitarios

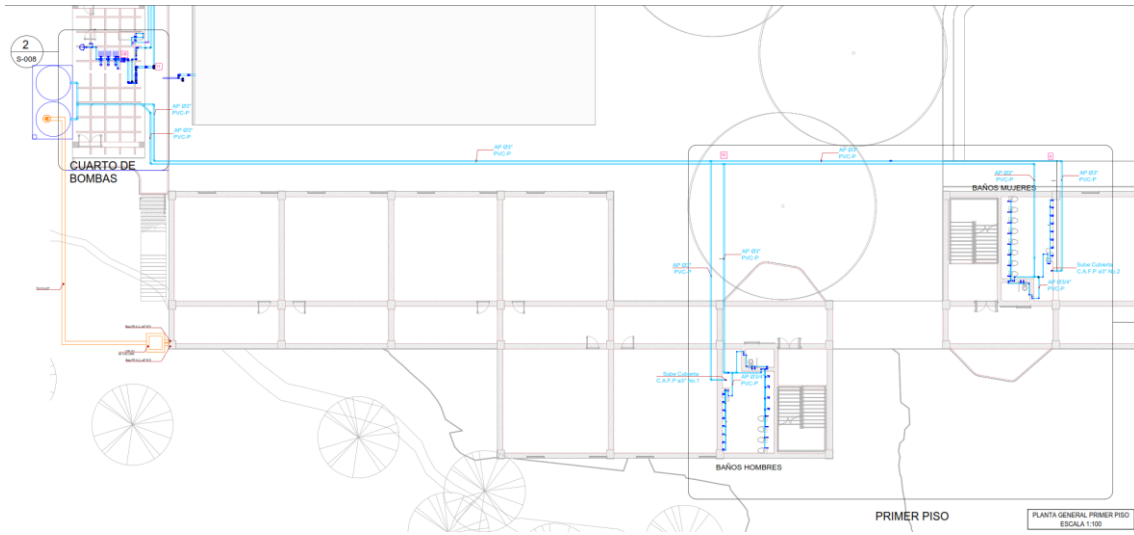


Figura 31 planos hidrosanitarios red

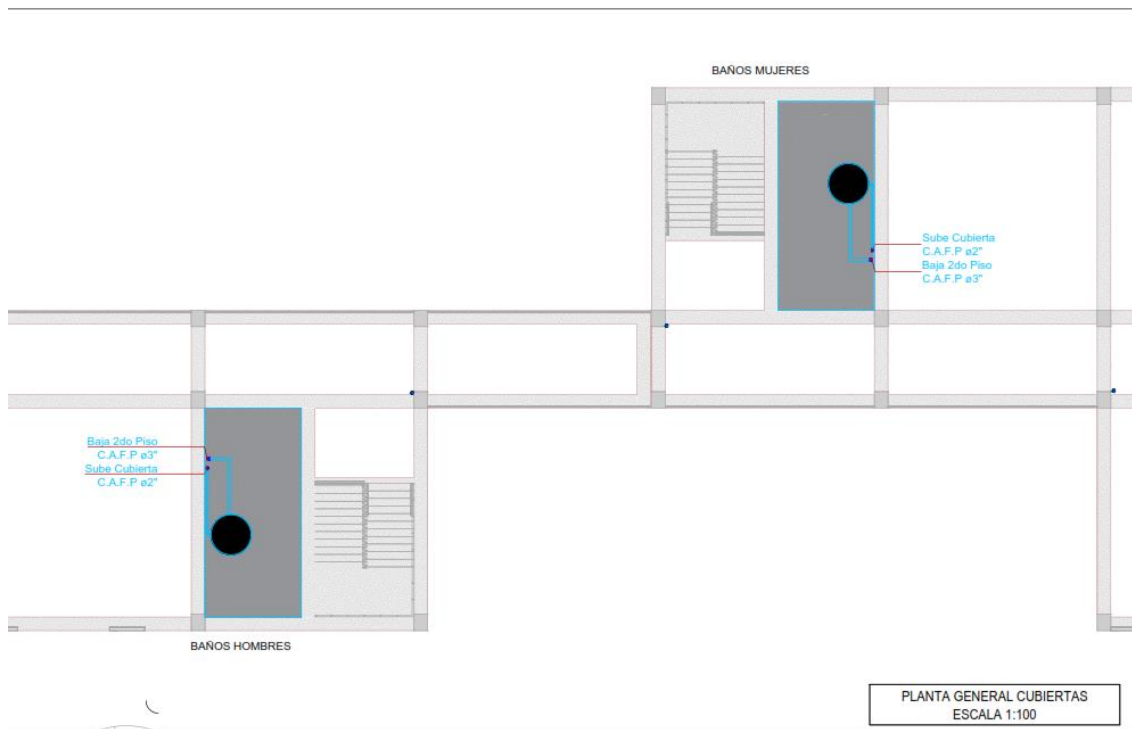


Figura 32 Planos hidrosanitarios Cubierta

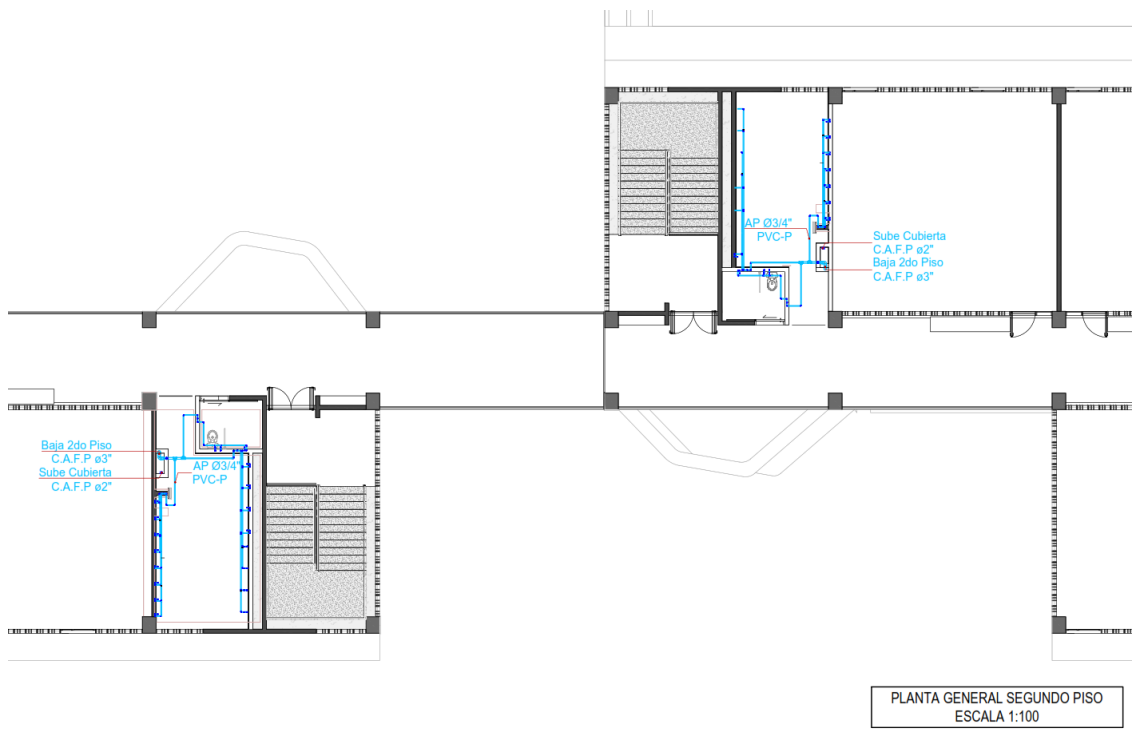


Figura 33 Planos hidrosanitarios planta segundo piso

Los planos hidrosanitarios se pueden observar más detalladamente en el anexo PL01-HIDRO-IEAJR-H01.

17. Modelado de la Red Hidrosanitaria

En la búsqueda del desarrollo de un diseño eficiente y funcional de la red hidrosanitaria y sistema de bombeo se realizó un modelado de está utilizando el programa “EPANET” el cual es un programa de cálculo hidráulico para redes de agua a presión. Este software nos permitió simular el comportamiento hidráulico de la red y de abastecimiento de agua, desde el tanque de succión hasta la batería de baños más lejana tanto del primer piso como del segundo piso de la Institución Educativa Antonio Ricaurte la cual representa el punto de mayor demanda de caudal y esfuerzo del sistema sanitario.

La modelación consta de varias características relevantes del diseño de red como la ubicación, sistemas mecánicos como en el caso de este diseño que fue la inclusión de una bomba de 0.75 caballos de fuerza para impulsar el agua, se designaron las trayectorias y diámetros de las tuberías que conforman la red las cuales fueron variando entre 2 a 3 pulgadas a lo largo del recorrido, las cuales dan con sistemas de adaptación y de cambio de diámetro (accesorios), estas calculadas anteriormente para minimizar las pérdidas y asegurar un flujo adecuado en todos los puntos de consumo.

A continuación se mostraran los resultados de las tablas y gráficos que se obtienen a partir de la modelación en EPANET de demanda de caudal, altura de agua, presiones y demás en las horas críticas de bombeo diario, esto una vez tenido en cuenta las precipitaciones y horas de bombeo calculadas por el grupo de trabajo, cabe recalcar que las tablas y gráficas son de los puntos críticos de la red hidrosanitaria, los cuales vendrían siendo las baterías sanitarias más lejanas de su respectivo piso en la I.E (piso 1 y piso 2 de ambos bloques respectivamente) Observar: **Figura 34**, **Figura 35**, **Figura 36**, **Figura 37**, **Figura 38**, **Figura 39**, **Tabla 35**, **Tabla 36**, **Tabla 37**, **Tabla 38**, **Tabla 39**, **Tabla 40**, **Tabla 41**:

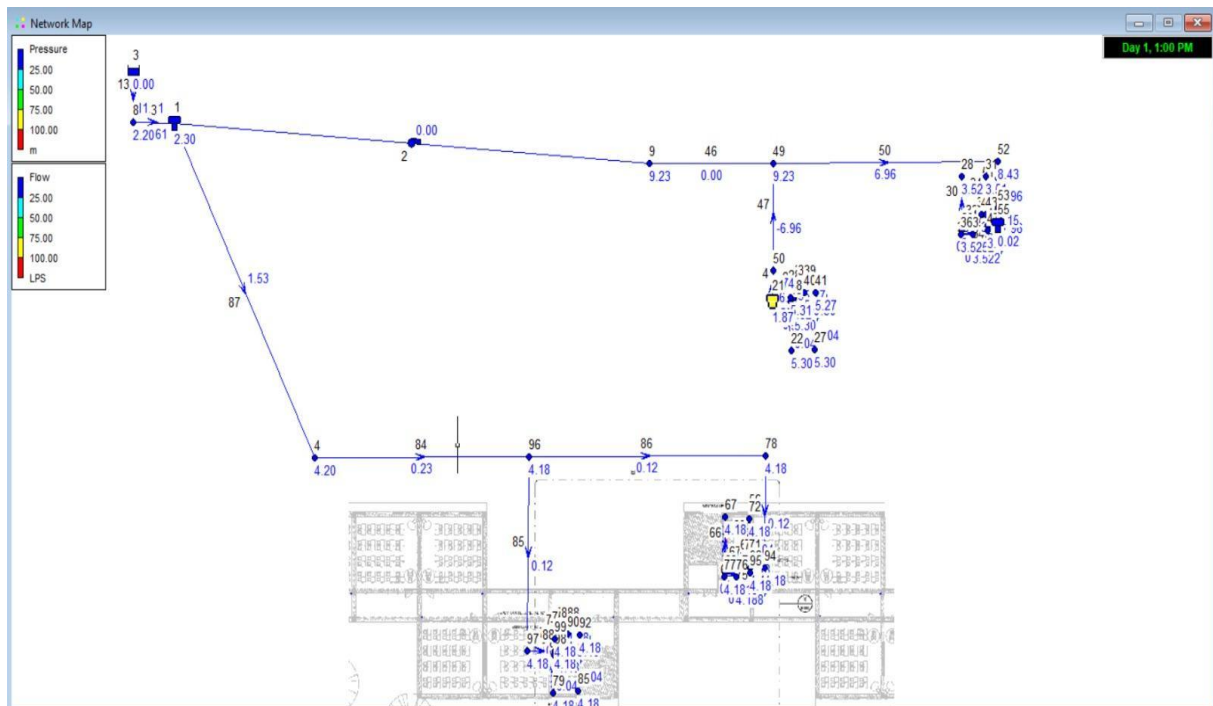


Figura 34 Diseño en EPANET de toda la red

Tabla 35 (TANQUE DE SUCCIÓN)

Tiempo Horas	Demanda Lps	Cabezal	Presión
0:00	13.94	2	0
1:00	0	4.37	2.37
2:00	0	4.37	2.37
3:00	0	4.37	2.37
4:00	0	4.37	2.37
5:00	0	4.37	2.37
6:00	-12.49	4.37	2.37
7:00	-2.23	4.37	2.37
8:00	1.03	3.87	1.87
9:00	1.08	4.32	2.32
10:00	3.44	2.08	0.08
11:00	2.71	3.1	1.1
12:00	10.65	4.11	2.11
13:00	9.99	4.37	2.37
14:00	-0.54	4.37	2.37
15:00	11.2	4.19	2.19
16:00	11.19	4.2	2.2
17:00	11.66	4.2	2.2
18:00	11.55	4.35	2.35
19:00	0	4.37	2.37
20:00	0	4.37	2.37
21:00	0	4.37	2.37
22:00	0	4.37	2.37
23:00	0	4.37	2.37
24:00	0	4.37	2.37

Figura 35 (TANQUE DE SUCCIÓN ELEVACION 2 METROS)

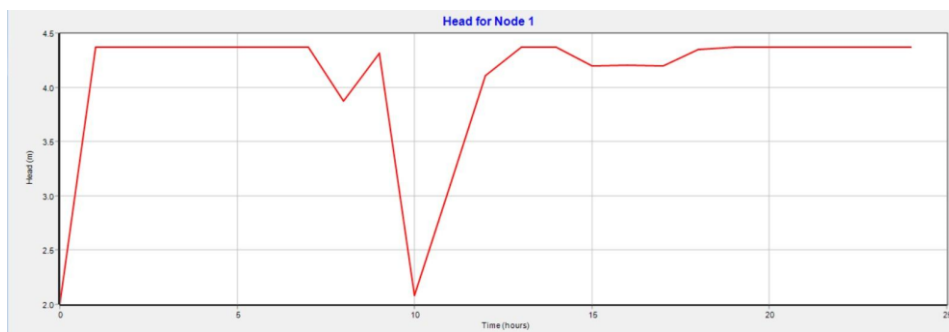


Tabla 36 Batería segundo-izquierda (tanque de almacenamiento)

Tiempo Horas	Demanda Lps	Cabezal	Presión
0:00	0	8	0
1:00	-0.02	8	0
2:00	-0.02	8	0
3:00	-0.02	8	0
4:00	-0.01	8	0
5:00	-0.01	8	0
6:00	-9	8	0
7:00	-2.07	10.32	2.32
8:00	-0.69	10.32	2.32
9:00	12.7	9.57	1.57
10:00	-2.33	10.32	2.32
11:00	-0.69	10.32	2.32
12:00	3.86	9.41	1.41
13:00	-8.54	9.87	1.87
14:00	-0.01	8	0
15:00	0.01	8	0
16:00	-0.01	8	0
17:00	-0.18	8	0
18:00	0	8	0
19:00	0	8	0
20:00	0	8	0
21:00	0	8	0
22:00	0	8	0
23:00	0	8	0
24:00:00	0.01	8	0

Tabla 37 Batería segundo piso derecha (tanque de almacenamiento)

Tiempo Horas	Demanda Lps	Cabezal	Presión
0:00	0	8	0
1:00	0.02	8	0
2:00	0.02	8	0
3:00	0.02	8	0
4:00	0.01	8	0
5:00	0.01	8	0
6:00	6.43	8	0
7:00	-0.57	10.32	2.32
8:00	11.81	10.28	2.28
9:00	-0.14	10.32	2.32
10:00	11.32	10.13	2.13
11:00	11.82	9.41	1.41
12:00	-5.19	10.32	2.32
13:00	6.85	8.02	0.02
14:00	0.01	8	0
15:00	-0.01	8	0
16:00	0.01	8	0
17:00	0.16	8	0
18:00	0	8	0
19:00	0	8	0
20:00	0	8	0
21:00	0	8	0
22:00	0	8	0
23:00	0	8	0
24:00:00	-0.01	8	0

Tabla 38 Tubería (25), la que va después del tanque de succión

Tiempo Horas	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	0.19	0.09
8:00	0.05	0.02
9:00	0.04	0.02
10:00	0.22	0.11
11:00	0.05	0.02
12:00	0.13	0.07
13:00	0.04	0.02
14:00	0	0
15:00	0	0
16:00	0	0
17:00	0.01	0
18:00	0	0
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0
24:00:00	0	0

Tabla 39 Tubería 30 segundo piso batería derecha (última tubería)

Tiempo Horas	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	0.19	0.09
8:00	0.05	0.02
9:00	0.04	0.02
10:00	0.22	0.11
11:00	0.05	0.02
12:00	0.13	0.07
13:00	0.04	0.02
14:00	0	0
15:00	0	0
16:00	0	0
17:00	0	0
18:00	0	0
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0
24:00:00	0	0

Tabla 40 Tubería 78 primer piso izquierda última tubería

Tiempo Horas	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	0.16	0.03
8:00	0.04	0.01
9:00	0.04	0.01
10:00	0.16	0.03
11:00	0.03	0.01
12:00	0.1	0.02
13:00	0.04	0.01
14:00	0.01	0
15:00	0.01	0
16:00	0.01	0
17:00	0.01	0
18:00	0	0
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0
24:00:00	0	0

Tabla 41 Tubería 66 batería derecha primer piso (baño mujeres)

Tiempo Horas	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	0.16	0.08
8:00	0.04	0.02
9:00	0.04	0.02
10:00	0.16	0.08
11:00	0.03	0.02
12:00	0.1	0.05
13:00	0.04	0.02
14:00	0.01	0.01
15:00	0.01	0.01
16:00	0.01	0.01
17:00	0.01	0.01
18:00	0	0
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0
24:00:00	0	0



Figura 36 Presión último baño de batería izquierda primer piso

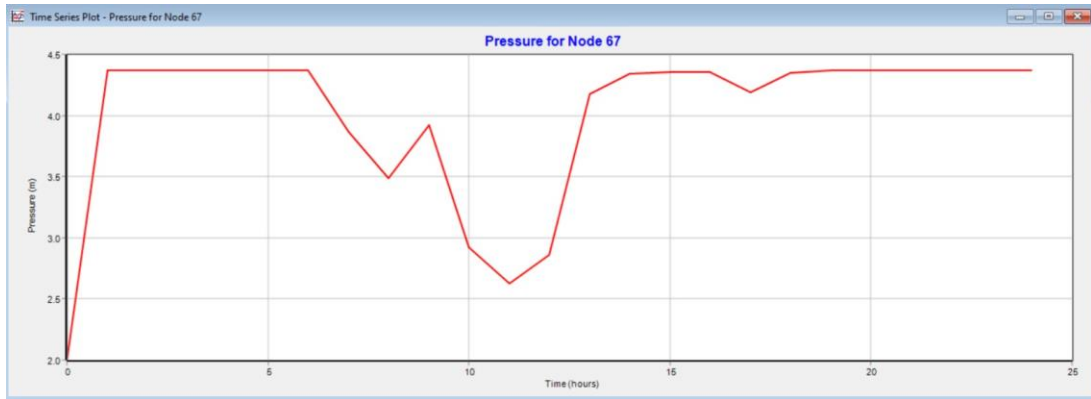


Figura 37 Presión último baño batería primer piso derecha

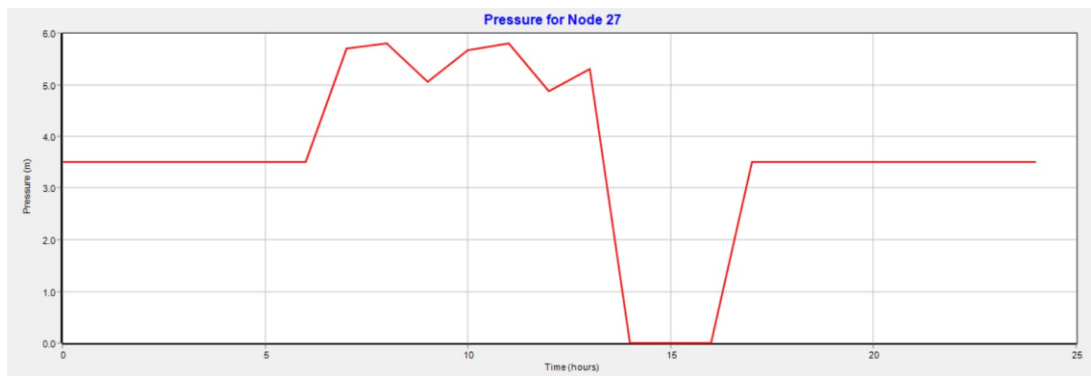


Figura 38 Presión último baño batería izquierda segundo piso

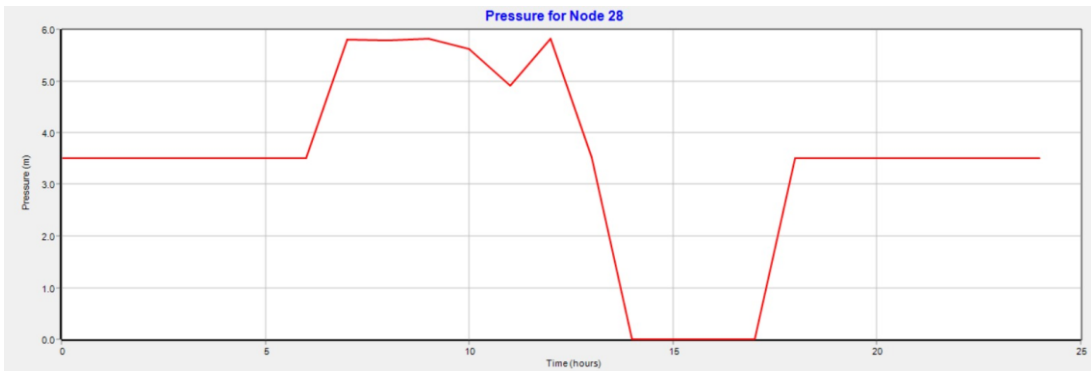


Figura 39 Presión último baño batería derecha segundo piso

18. Diseño estructural de las bases para los tanques

Para que el diseño estructural de la base del tanque cumpla con las características que requiere el diseño pluvial para el funcionamiento del sistema se tomaron en cuenta las siguientes normativas.

Para el diseño en concreto se tomó en cuenta la NSR-10, para los aceros conformados nos basamos en el AISI (American Iron and Steel Institute) y para aceros laminados y armados

en la especificación ANSI/AISC 360-10 (LFRD) (American Institute of Steel Construction), todo esto por recomendación de ingenieros del proyecto que se lleva a cabo.

Para método de cálculo del espectro sísmico se tuvo en consideración el análisis dinámico espectral que recomienda la norma NSR-10 (A.3.4.2.2).

17.1 Datos Generales de la estructura

Para la altura de diseño tenemos que la plataforma tendrá un alto de 2.00 m la cual será soportada por 4 columnas, una en cada esquina y estas mismas van a estar situadas sobre una losa de cimentación, esta última decisión se debe a lo juntas que quedaría cada columna una de la otra.

17.2 Datos Generales del sismo

Lo primero fue definir los valores de los coeficientes de aceleración horizontal (A_a) y velocidad horizontal (A_v) mediante la **Tabla 42** A.2.3-2 de la NSR-10.

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Rionegro	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Revisando la tabla obtenemos unos valores de A_a y A_v ambos de 0.35 y que la zona de Quibdó se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta.

Tabla 43 amenaza sísmica para Quibdó

CIUDAD	A_a	A_v	AMENAZA
QUIBDÓ	0,35	0,35	ALTA

Lo siguiente fue definir el grado de importancia de nuestra estructura, como queda en un colegio fue la que más coincida con el grupo III.

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza.**
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

Tabla 44 Coeficientes de importancia para colegios

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Al grupo III el cual entra nuestra estructura perteneciente a un colegio tendría el Coeficiente de Importancia (I) correspondiente el cual sería de 1.25.

Para poder calcular el período fundamental de la estructura empleamos la siguiente ecuación.

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Donde:

T_a: Período fundamental de la estructura.

C_t: Parámetro según el tipo de sistema estructural de resistencia sísmica.

h: Altura del edificio.

α: Parámetro según el tipo de sistema estructural de resistencia sísmica.

Los coeficientes C_t y α se seleccionan en función de las particularidades del diseño de la estructura actual. Dado que se trata de una edificación de hormigón armado con un sistema aporticado.

Tabla 45 Parámetros C_t y α según el tipo de estructura NSR10

Tabla A.4.2-1
Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del período aproximado T_a

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Entonces los valores serían:

Tabla 46 Período de la estructura

Período fundamental de la estructura	
C_t	0,047
α	0,9
h	2,35
T_a	0,10

Y para sacar el período máximo (T_a MAX), para lo cual se requiere calcular el coeficiente de amplificación (C_u) utilizando la siguiente ecuación:

$$C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$$

$$T_{aMAX} = C_u \times T_a$$

El cálculo del período máximo sería:

Tabla 47 período máximo

Período maximo	
C_u	1,12
T_a	0,10
T_aMAX	0,11

Para poder calcular los periodos hay que primero obtener los factores de vibración sísmicos, esto se logra con la microzonificación o con el estudio de suelos revisando la siguiente tabla.

Tabla 48 Tipo de perfil del suelo NSR10

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Como en las vibraciones en este caso poseen velocidades de 108 m/s seleccionamos el perfil de suelo tipo D. A partir de ahí podemos sacar los factores de la **Tabla 49**.

Lo siguiente sería obtener los periodos cortos (T_c) y largo (T_L) del sismo con las siguientes fórmulas:

$$T_C = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_v$$

Tabla 49 período corto (T_c) y período largo (T_L)

T_c	0,72
T_L	3,6

Con los coeficientes ya determinados se saca las envolventes de falla del espectro (ver **Ilustración 6**), eso se hace con las siguientes fórmulas en función del período.

Para periodos menores a T_c se usa:

$$S_a = 2.5 A_a F_a I$$

Para periodos entre T_c y T_L se usa la ecuación de la Meseta

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I}{T}$$

Y para periodos mayores a T_L se usa la siguiente:

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v T_L I}{T^2}$$

Esto nos dejara la siguiente gráfica de aceleración del sismo (S_a) en función del período (T).

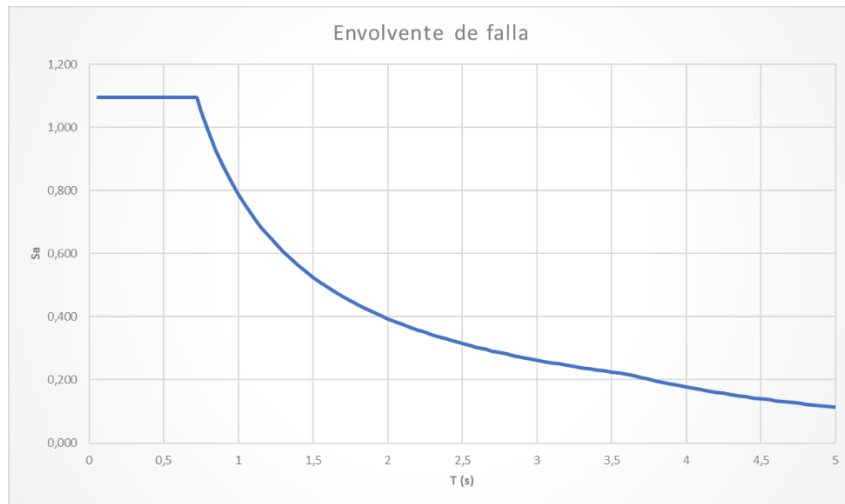


Ilustración 6 Envolvente de falla

19. Planos Estructurales

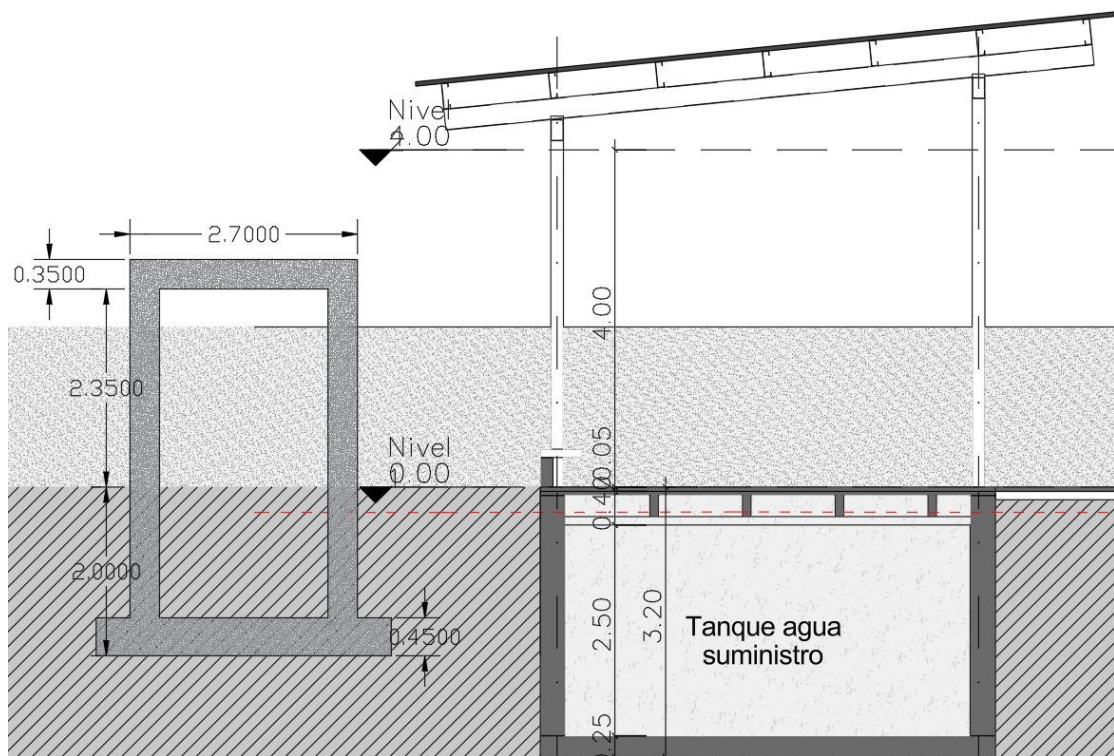


Figura 40 Vista de la sección del Tanque de suministro

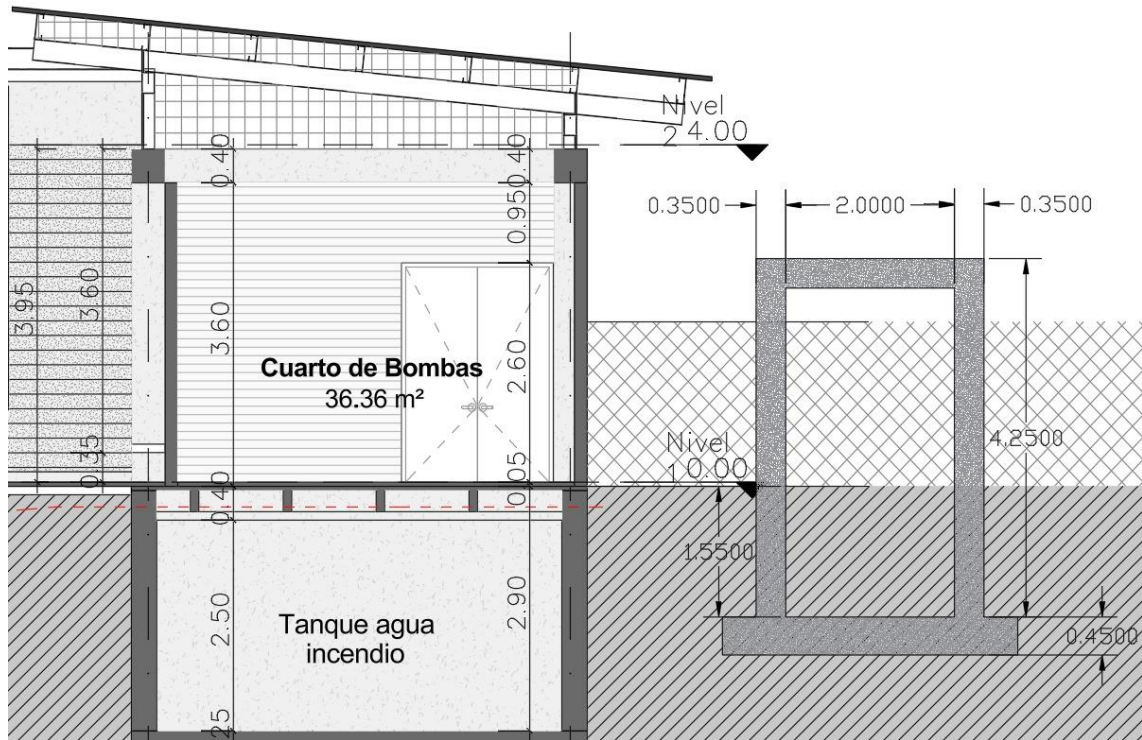


Figura 41 Vista de la sección de la ubicación de la estructura

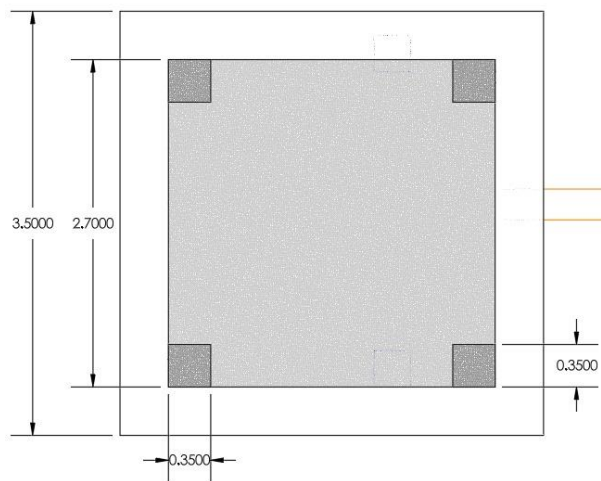


Figura 42 Dimensionamiento de la estructura del tanque

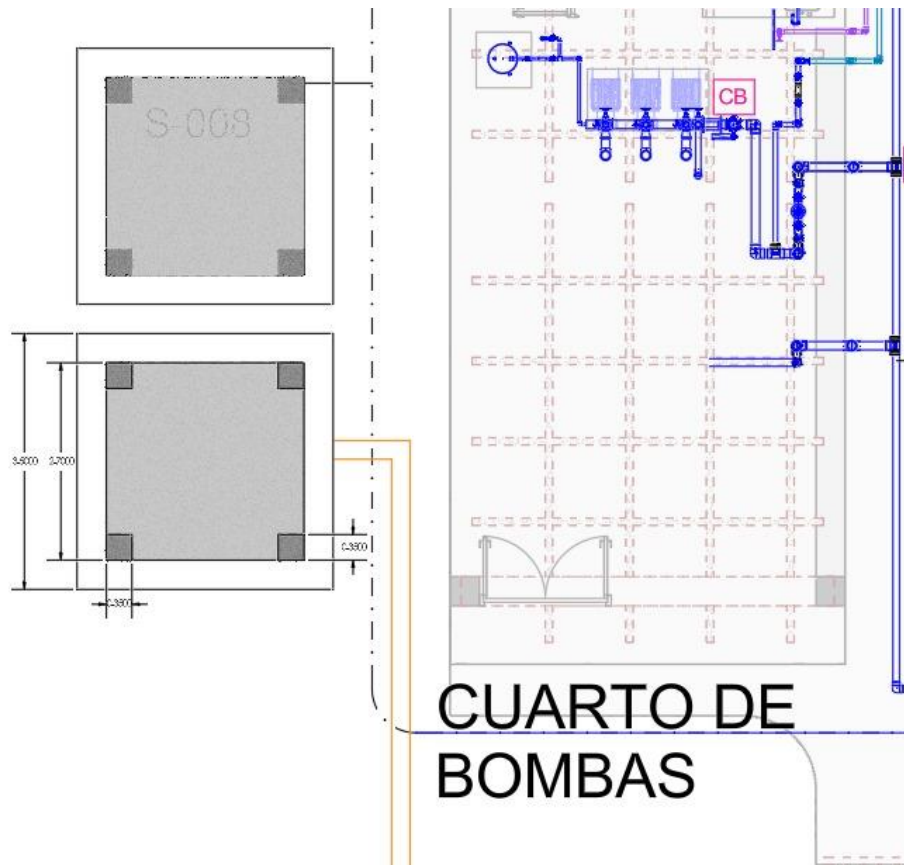


Figura 43 Vista en planta de la estructura

20. Modelación de la estructura (CYPECAD)

Para obtener el diseño de la estructura se realizó con los datos del diseño pluvial y de nuestro espectro una modelación en el programa CYPECAD el cual es una aplicación BIM de diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras para edificación y obras civiles las cuales estén sometidas a esfuerzos horizontales y verticales. El uso de esta aplicación fue recomendado por ingenieros del proyecto los cuales nos brindaron el apoyo para poder realizar la modelación de la estructura.

Con los datos en el programa se puede presentar una modelación de lo que sería la plataforma del tanque mostrada en la **Figura 44**.



Figura 44 Modelaje de estructura en CYPECAD.

Figura 45 Estructura en concreto base de tanque elevado

Las dimensiones usadas para el modelo son una losa de cimentación cuadrada de 3.5 metro se lado y de 45 cm de alto, una profundidad de desplante de 2 metros, una losa de 35 cm a 2.35 metros desde el suelo hasta su superficie la cual mide 35 cm de alto y 2.7 metros por lado.

El concreto del que va a estar hecha la estructura posee una resistencia de $f'c = 280 \text{ kp/cm}^2$ y el acero de refuerzo es de grado 60 (4200 kp/cm^2).

Tabla 50 Hormigones

Producción	Elemento	Hormigón	f'_c (kp/cm^2)	Árido		E_c (kp/cm^2)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
	Elementos de cimentación	$f'c=280$	280	Origen sedimentario	22	194315
	Forjados	$f'c=280$	280	Origen sedimentario	22	194315
	Pilares y pantallas	$f'c=280$	280	Origen sedimentario	22	194315
	Muros	$f'c=280$	280	Origen sedimentario	19	194315

Tabla 51 Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm^2)	γ_s
Todos	Grado 60 (Latinoamérica)	4200	1.00

Para entender el modelo, el programa genera su propio informe donde muestra información más detallada acerca de niveles, plantas, dimensiones y esfuerzos de nuestra estructura ver Anexo INFORME PARCIAL DE DISEÑO ESTRUCTURAL.

Tabla 52 Datos geométricos de grupos y plantas

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
2	Sobre el suelo	2	Sobre el suelo	2.35	2.35
1	Debajo del suelo	1	Debajo del suelo	2.00	0.00
0	Cimentación				-2.00

Las hipótesis de carga son fundamentales para el diseño estructural. Se considera:

- **Peso propio de la estructura:** Se calculan las cargas generadas por el peso de los materiales (hormigón y acero), las cuales afectan las sollicitaciones verticales.
- **Cargas muertas:** Son aquellas permanentes que incluye la propia estructura y sus componentes (sin variación).
- **Sobrecargas de uso:** Este tipo de carga considera las cargas variables debidas al uso del tanque. En este caso, se determina una sobrecarga baja, probablemente porque el tanque no está sometido a cargas adicionales significativas durante su uso.
- **Cargas de viento y sismo:** Estas se calculan tanto en la dirección X como Y, y se aplican coeficientes para representar las distintas combinaciones de sismos o cargas de viento que pueda enfrentar la estructura. Se incluyen tanto efectos positivos como negativos del viento.

Para el diseño se optó que la estructura se sostenga en 4 columnas, una en cada esquina de la plataforma las cuales quedaron distribuidas de la siguiente manera; ver **Tabla 53**.

Tabla 53 Datos de las columnas

Datos de los pilares						
Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
C1	(0.00, 0.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C2	(2.70, 0.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C3	(2.70, 2.70)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C4	(0.00, 2.70)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45

Cada columna se encuentra a los extremos de nuestra plataforma la cual es cuadrada y mide 2.70 m por lado y cada una de nuestras columnas es de 35cm x 35 cm como se observa en la **Figura 46 Área de la estructura**.

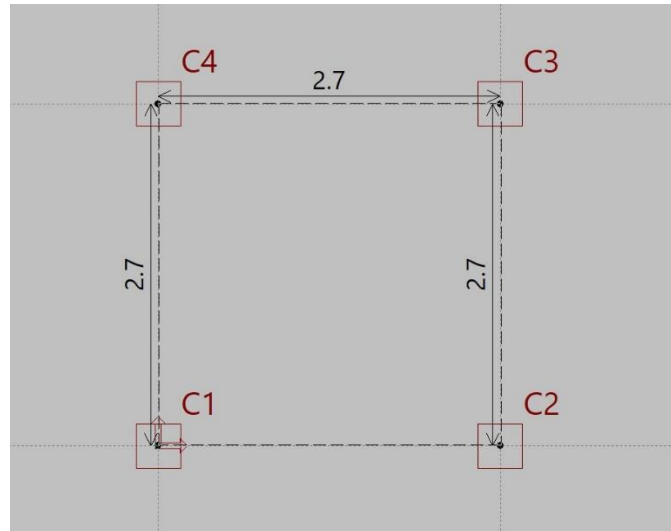


Figura 46 Área de la estructura

Referencias	Datos de cálculo
C1-C2-C3-C4	Zapata rectangular excéntrica Ancho zapata X: 350 cm Ancho zapata Y: 350 cm Módulo de balasto: 3059 t/m ³

Figura 47 Interacción del terreno y la estructura (Zapatas)

Para la losa se analizaron momentos máximos que distribuyen en las direcciones X; Y con espesores de losa de 0.30 m y 0.35 m como se observa en la **Figura 48**.

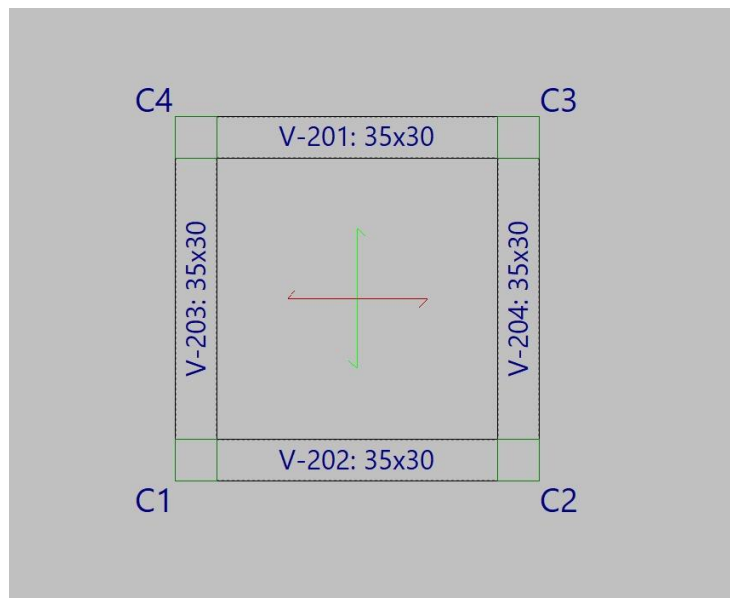


Figura 48 Dimensión de las vigas de la losa

Para la sección de la estructura que se encuentra sobre el nivel del suelo se calcularon los momentos y cortantes tanto en situaciones persistentes como sísmicas para cada tramo.

Pórtico 1 y Pórtico 2

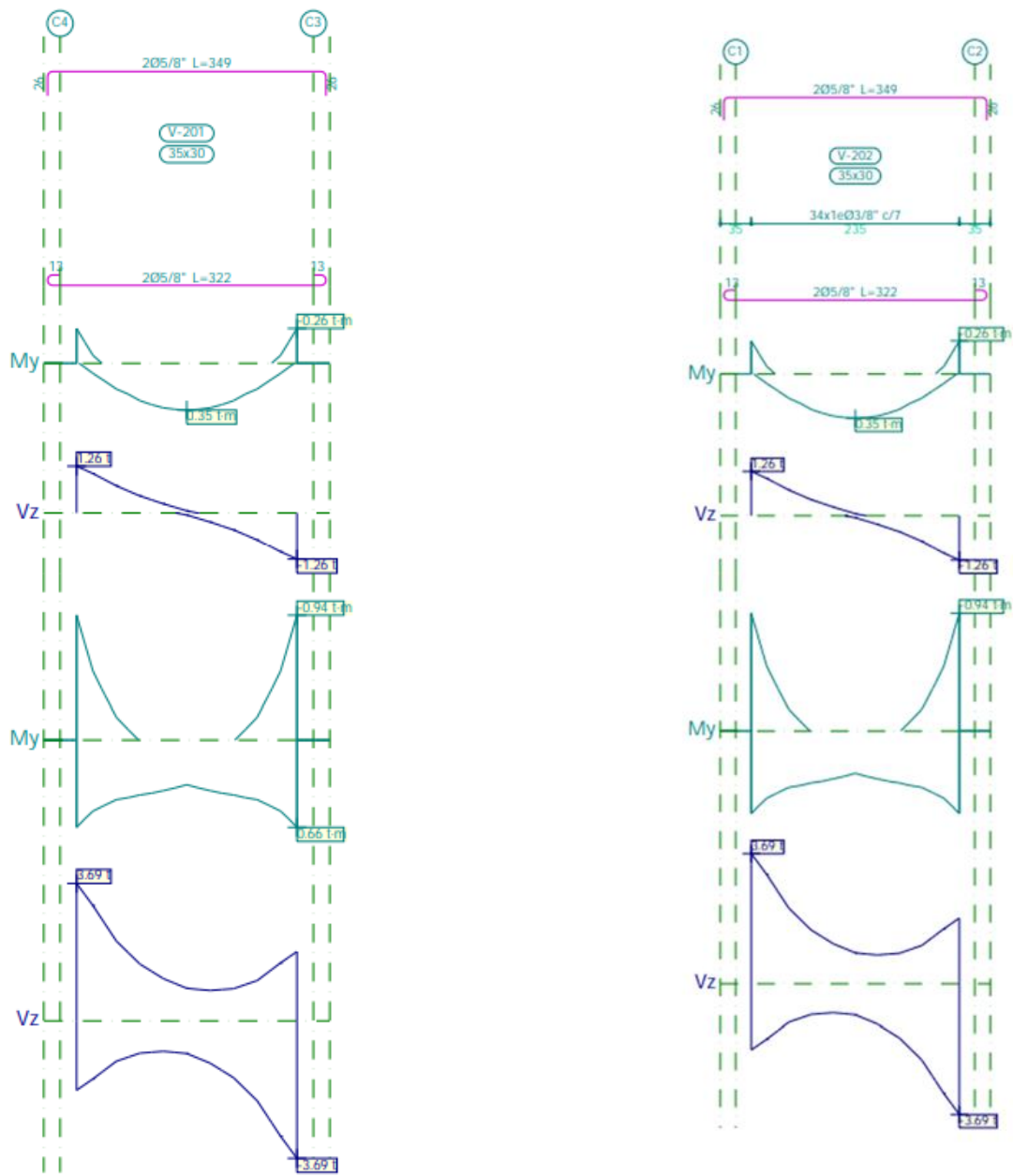


Figura 49 Sistema de pórtico para evaluar la estructura Pórtico 1 y Pórtico 2

Tabla 54 Sección Pórtico 1 con sus respectivos momentos y cortantes

Pórtico 1			Tramo: V-201		
Sección			35x30		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.26	--	-0.26
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.28	0.35	0.28
	x	[m]	0.68	1.18	1.68
	Cortante mín.	[t]	--	-0.35	-1.26
	x	[m]	--	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	1.26	0.35	--
	x	[m]	0.00	0.80	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.94	--	-0.94
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.66	0.40	0.66
	x	[m]	0.00	1.55	2.35
	Cortante mín.	[t]	-1.86	-1.33	-3.69
	x	[m]	0.00	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	3.69	1.33	1.86
	x	[m]	0.00	0.80	2.35
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Inf.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	20.37	20.37	20.37
		Nec.	2.97	2.97	2.97
F. Activa			0.08 mm, L/29448 (L: 2.35 m)		

Procedido por una versión no profesional de CYPE

Tabla 55 Sección Pórtico 2 con sus respectivos momentos y cortantes

Pórtico 2			Tramo: V-202		
Sección			35x30		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.26	--	-0.26
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.28	0.35	0.28
	x	[m]	0.68	1.18	1.68
	Cortante mín.	[t]	--	-0.35	-1.26
	x	[m]	--	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	1.26	0.35	--
	x	[m]	0.00	0.80	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.94	--	-0.94
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.66	0.40	0.66
	x	[m]	0.00	0.80	2.35
	Cortante mín.	[t]	-1.86	-1.33	-3.69
	x	[m]	0.00	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	3.69	1.33	1.86
	x	[m]	0.00	0.80	2.35
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Inf.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	20.37	20.37	20.37
		Nec.	2.97	2.97	2.97
F. Activa			0.08 mm, L/29448 (L: 2.35 m)		

Producido por una versión no profesional de CYPE

PORTICO 3 Y 4

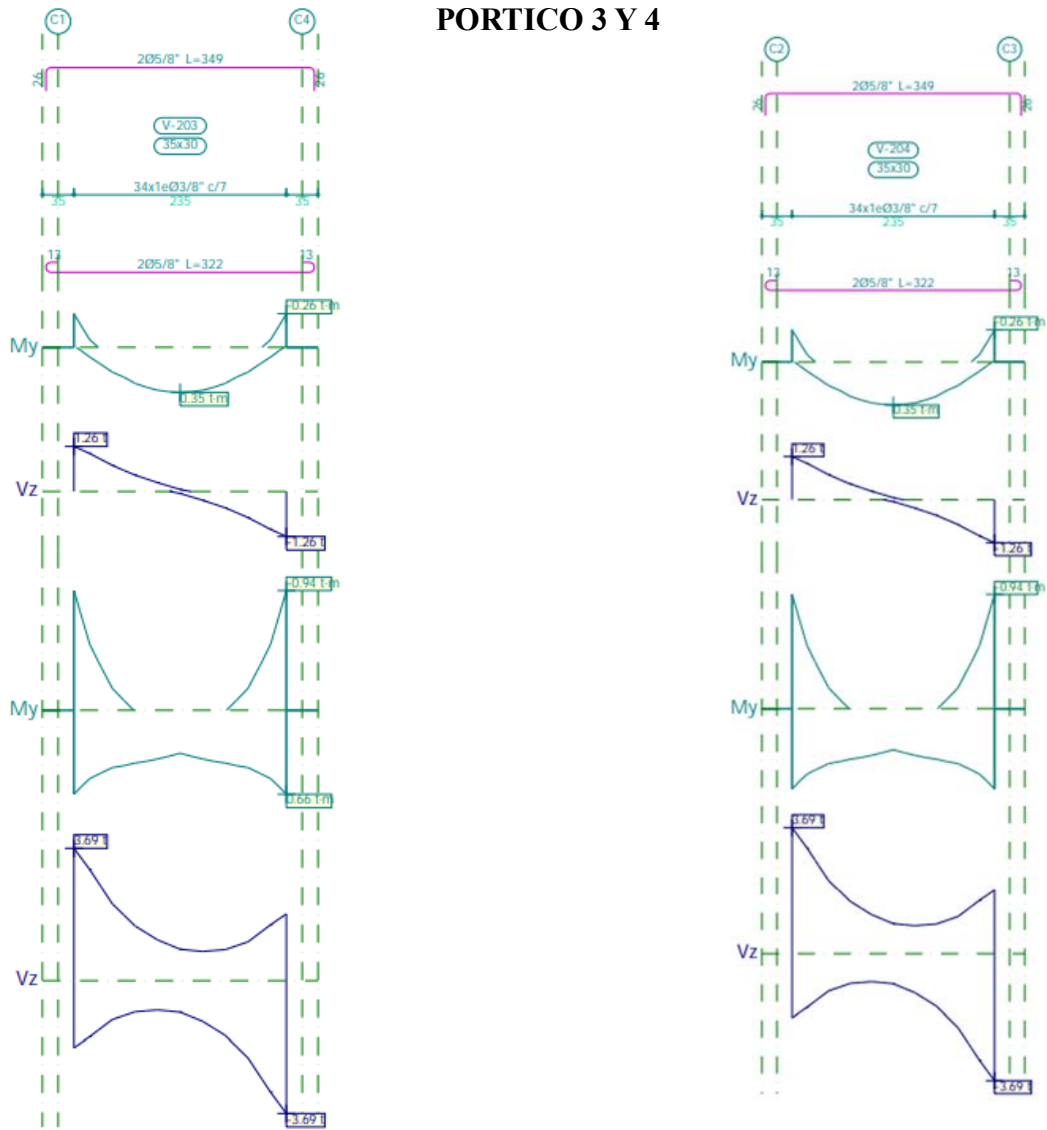


Figura 50 Sistema de pórtico para evaluar la estructura Pórtico 3 Y 4

Tabla 56 Sección Pórtico 3 con sus respectivos momentos y cortantes

Pórtico 3			Tramo: V-203		
Sección			35x30		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.26	--	-0.26
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.28	0.35	0.28
	x	[m]	0.68	1.18	1.68
	Cortante mín.	[t]	--	-0.35	-1.26
	x	[m]	--	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	1.26	0.35	--
	x	[m]	0.00	0.80	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.94	--	-0.94
	x	[m]	0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]	0.66	0.40	0.66
	x	[m]	0.00	1.55	2.35
	Cortante mín.	[t]	-1.86	-1.33	-3.69
	x	[m]	0.00	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]	3.69	1.33	1.86
	x	[m]	0.00	0.80	2.35
	Torsor mín.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--
	x	[m]	--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Inf.	[cm ²]	Real	3.98	3.98	3.98
		Nec.	3.13	3.13	3.13
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	20.37	20.37	20.37
		Nec.	2.97	2.97	2.97
F. Activa			0.08 mm, L/29448 (L: 2.35 m)		

Procedido por una versión no profesional de CYPE

Tabla 57 Sección Pórtico 4 con sus respectivos momentos y cortantes

Pórtico 4				Tramo: V-204		
Sección				35x30		
Zona				1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]		-0.26	--	-0.26
	x	[m]		0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]		0.28	0.35	0.28
	x	[m]		0.68	1.18	1.68
	Cortante mín.	[t]		--	-0.35	-1.26
	x	[m]		--	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]		1.26	0.35	--
	x	[m]		0.00	0.80	--
	Torsor mín.	[t]		--	--	--
	x	[m]		--	--	--
	Torsor máx.	[t]		--	--	--
	x	[m]		--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]		-0.94	--	-0.94
	x	[m]		0.00	--	2.35
	Momento máx.	[t·m]		0.66	0.40	0.66
	x	[m]		0.00	0.80	2.35
	Cortante mín.	[t]		-1.86	-1.33	-3.69
	x	[m]		0.00	1.55	2.35
	Cortante máx.	[t]		3.69	1.33	1.86
	x	[m]		0.00	0.80	2.35
	Torsor mín.	[t]		--	--	--
	x	[m]		--	--	--
	Torsor máx.	[t]		--	--	--
	x	[m]		--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real		3.98	3.98	3.98
		Nec.		3.13	3.13	3.13
Área Inf.	[cm ²]	Real		3.98	3.98	3.98
		Nec.		3.13	3.13	3.13
Área Transv.	[cm ² /m]	Real		20.37	20.37	20.37
		Nec.		2.97	2.97	2.97
F. Activa				0.08 mm, L/29448 (L: 2.35 m)		

En los gráficos se muestran cómo se distribuyen los esfuerzos en los elementos estructurales, en esta sección, se hace un análisis detallado de los momentos flectores y cortantes en las vigas, tanto en situaciones transitorias (cargas permanentes y muertas) como en condiciones sísmicas. Esto se hace por medio de un análisis modal y espectral en el software de cálculo estructural.

Momentos mínimos y máximos Se calcularon los momentos flectores en tres posiciones: 1/3L, 2/3L y 3/3L del tramo de viga. En condiciones transitorias, el momento máximo es 0.35 t·m, mientras que en condiciones sísmicas alcanza un máximo de 0.66 t·m. Estos valores se derivan del análisis de las fuerzas internas de la viga bajo la acción combinada de cargas verticales y laterales.

El cortante máximo en el tramo se produce en las condiciones sísmicas con 3.69 t. Este valor es esencial para el diseño de los estribos y el refuerzo transversal de la viga, asegurando que pueda resistir el esfuerzo cortante sin fallar.

Posterior a este cálculo de esfuerzos obtenemos la siguiente modelación de vigas y la cual nos da la especificación del acero de refuerzo que poseen las mismas.

Tabla 58 Modelación de vigas

	Tipo	A.neg. (kg)	A.pos. (kg)	A.est. (kg)	Total (kg)	Ø3/8" (kg)	Ø5/8" (kg)	V.horm. (m³)
Sobre el suelo								
*Pórtico 1								
V-201(C4-C3)	Desc.	10.9	10.1	24.4	45.4	24.4	21.0	0.320
*Pórtico 2								
V-202(C1-C2)	Desc.	10.9	10.1	24.4	45.4	24.4	21.0	0.320
*Pórtico 3								
V-203(C1-C4)	Desc.	10.9	10.1	24.4	45.4	24.4	21.0	0.320
*Pórtico 4								
V-204(C2-C3)	Desc.	10.9	10.1	24.4	45.4	24.4	21.0	0.320
Total Sobre el suelo		43.6	40.4	97.6	181.6	97.6	84.0	1.280
Total Obra		43.6	40.4	97.6	181.6	97.6	84.0	1.280

de CYPE - A.neg.: Armado de negativos
- A.pos.: Armado de positivos
- A.est.: Armado estribos

Resumen de medición (+10%)				
	Tipo Acero	Ø3/8" (kg)	Ø5/8" (kg)	Total (kg)
Sobre el suelo	Grado 60 (Latinoamérica)	107.4	92.4	199.8
Total Obra		107.4	92.4	199.8

Para el análisis de la losa de cimentación la cual está 2 metros por debajo del nivel del suelo, esta debe ser diseñada para resistir tanto los esfuerzos generados por las cargas que actúan sobre ellas como los efectos sísmicos. Para el diseño de las losas se calcularon los momentos y las cuantías de acero necesarias para soportar las cargas.

Para la dirección X, los momentos varían entre 3.52 t·m (izquierda) y 6.30 t·m (derecha), lo que sugiere que la losa está sometida a mayores esfuerzos en ciertas áreas. El diseño de refuerzos en estas zonas será más intenso para soportar estos momentos.

El refuerzo inferior y superior de la losa se indica con una separación de 10 cm entre barras, lo que asegura una distribución adecuada del refuerzo para resistir los momentos y cortantes que actúan sobre la losa. En el modelo 3d, el programa nos muestra como quedaría esta losa de cimentación con su respetiva malla de acero y los refuerzos verticales y horizontales en columnas.

En el modelo 3d, el programa nos muestra como quedaría esta losa de cimentación con su respetiva malla de acero y los refuerzos verticales y horizontales en columnas. Observar la **Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54.**

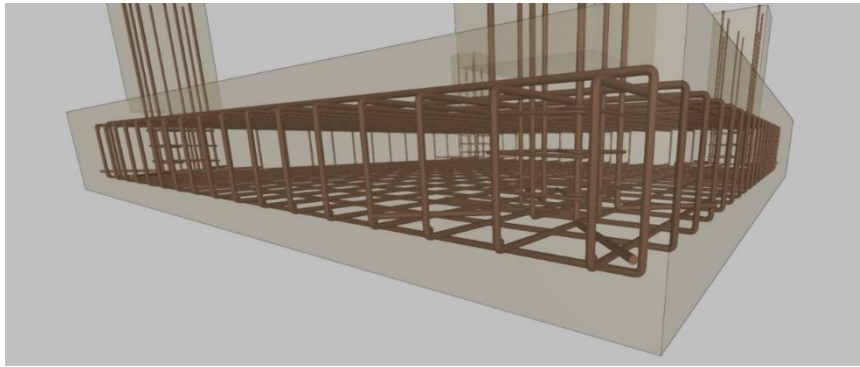
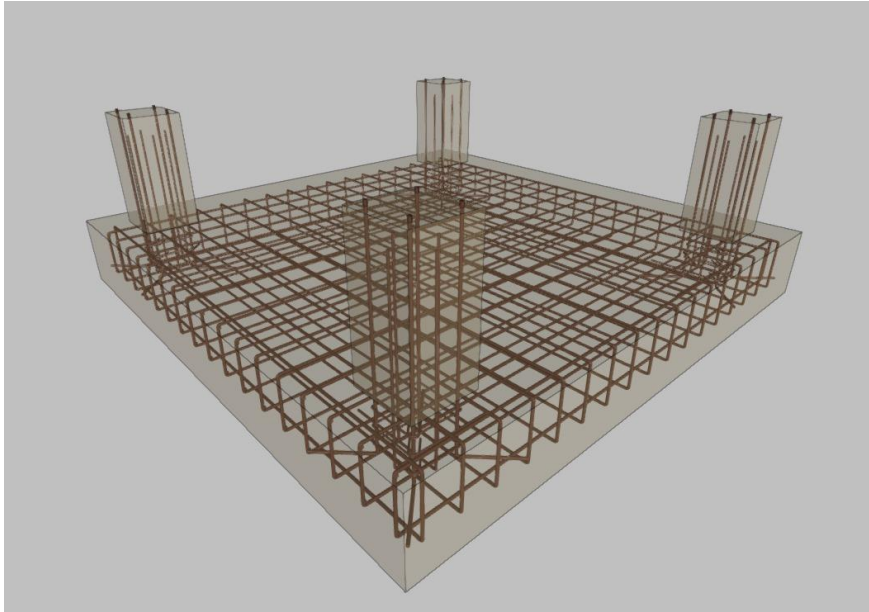


Figura 51 despiece de aceros de refuerzo de la zapata

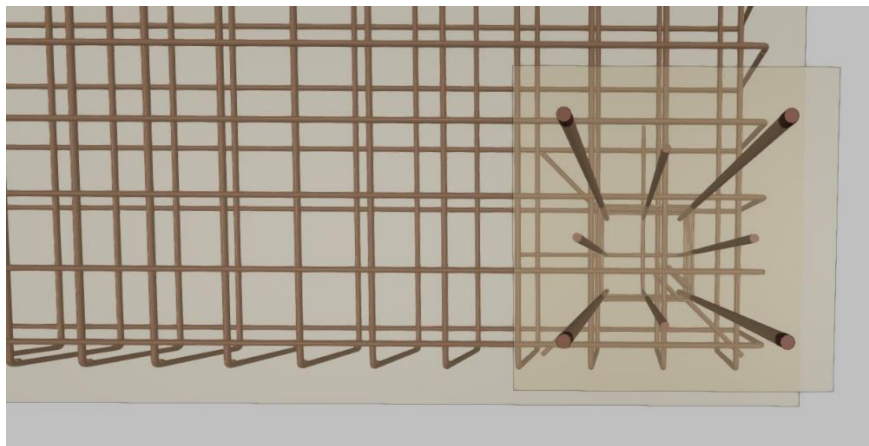


Figura 52 detalle de aceros conjunto losa-columna

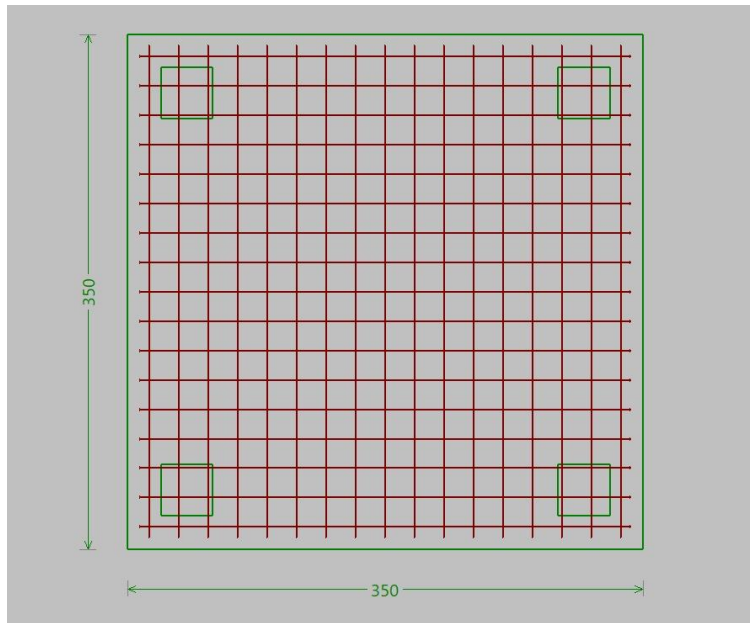
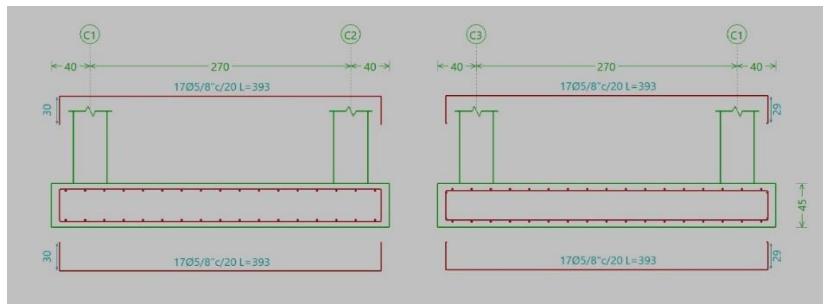
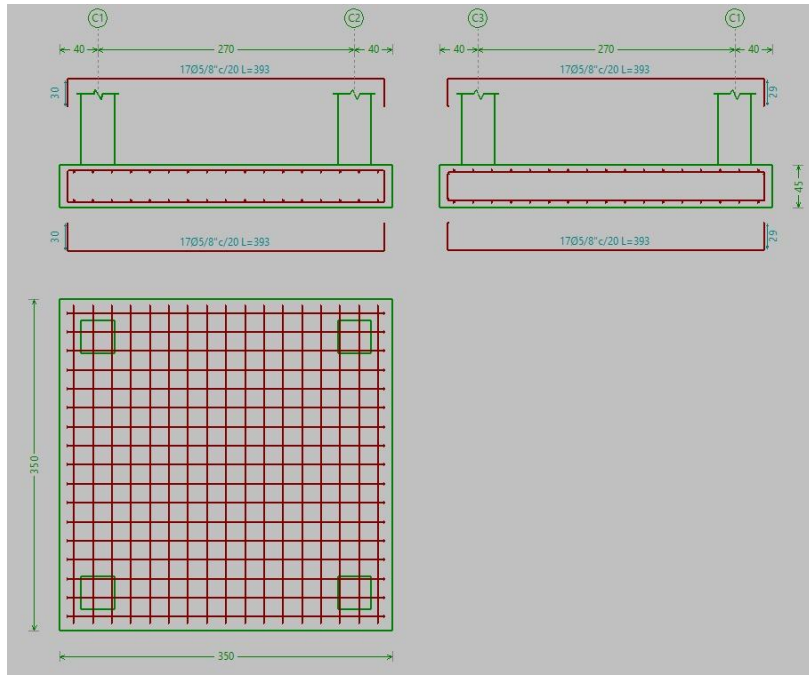


Figura 53 Despiece de aceros de refuerzo

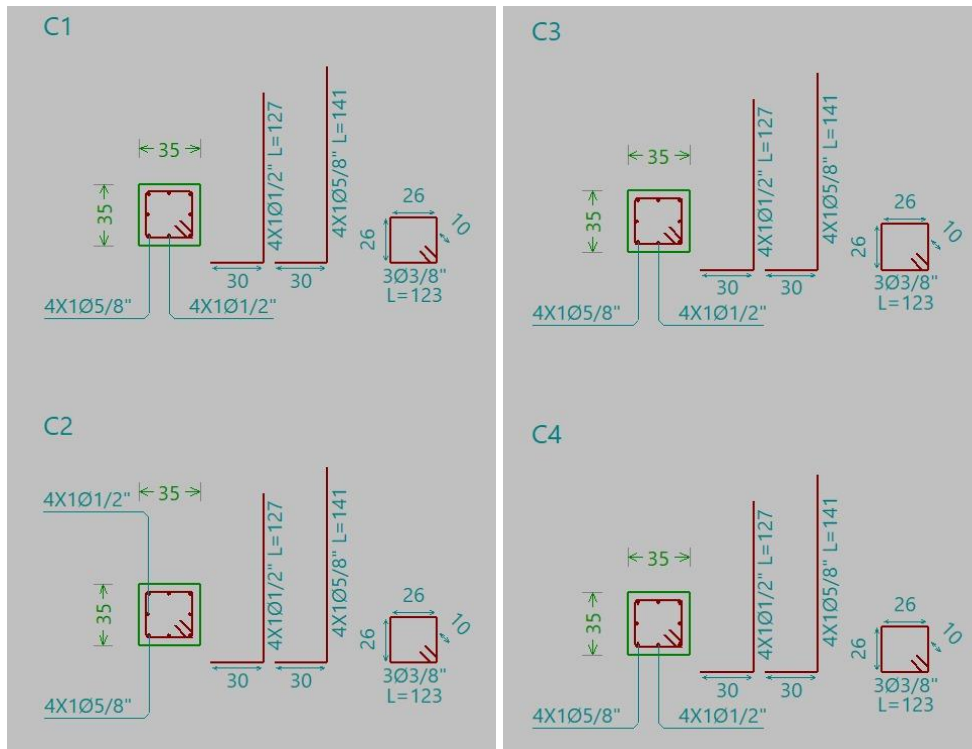


Figura 54 Despiece de columnas

Cada columna por debajo del nivel del suelo tuvo una comprobación la cual fue especificada en el informe acerca de que si cumplía o no la resistencia demandada.

Tabla 59 Columna 1

Perímetro crítico: 1015 mm
Canto útil de la losa: 31.5 cm

Tipo	Comprobación	Resultado	Estado
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones persistentes)	$0.37 \text{ MPa} \leq 1.30 \text{ MPa}$	Cumple
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones sísmicas y accidentales)	$0.56 \text{ MPa} \leq 1.04 \text{ MPa}$	Cumple

Tabla 60 Columna 2

Perímetro crítico: 1015 mm
Canto útil de la losa: 31.5 cm

Tipo	Comprobación	Resultado	Estado
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones persistentes)	$0.37 \text{ MPa} \leq 1.30 \text{ MPa}$	Cumple
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones sísmicas y accidentales)	$0.56 \text{ MPa} \leq 1.04 \text{ MPa}$	Cumple

Tabla 61 Columna 3

Perímetro crítico: 1015 mm
Canto útil de la losa: 31.5 cm

Tipo	Comprobación	Resultado	Estado
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones persistentes)	0.37 MPa ≤ 1.30 MPa	Cumple
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones sísmicas y accidentales)	0.56 MPa ≤ 1.04 MPa	Cumple

Tabla 62 Columna 4

Perímetro crítico: 1015 mm
Canto útil de la losa: 31.5 cm

Tipo	Comprobación	Resultado	Estado
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones persistentes)	0.37 MPa ≤ 1.30 MPa	Cumple
Perímetro crítico	Elementos sin refuerzo para cortante (Combinaciones sísmicas y accidentales)	0.56 MPa ≤ 1.04 MPa	Cumple

Podemos observar según las tablas anteriores; (Tabla 59, Tabla 60, Tabla 61, Tabla 62) que nuestras columnas si cumplen con la demanda, pero también se tiene que comprobar su comportamiento sobre el nivel del suelo. También cabe mencionar los resultados de los momentos específicamente para la plataforma y para la losa de cimentación de nuestra estructura las cuales presentan la siguiente simulación de esfuerzos y aceros en el modelo teórico.

Tabla 63 Simulación de esfuerzo y aceros

Debajo del suelo													
			Momentos			Cuantías			Armadura base		Armadura de refuerzo		
Losa	Dir.	Canto	Izq.	Centro	Der.	Izq.	Centro	Der.	Sup.	Inf.	Sup. Izq.	Inf. Centro	Sup. Der.
L1	X	0.35	3.52	4.23	3.51	5.24	6.30	5.22	-----	-----	Ø3/8"c/12.5	Ø3/8"c/10	Ø3/8"c/12.5
	Y		3.91	4.23	3.91	5.82	6.30	5.82	-----	-----	Ø3/8"c/10	Ø3/8"c/10	Ø3/8"c/10

Sobre el suelo													
			Momentos			Cuantías			Armadura base		Armadura de refuerzo		
Losa	Dir.	Canto	Izq.	Centro	Der.	Izq.	Centro	Der.	Sup.	Inf.	Sup. Izq.	Inf. Centro	Sup. Der.
L1	X	0.30	0.36	1.56	0.36	0.62	2.70	0.62	Ø3/4"c/15	Ø3/4"c/15	-----	-----	-----
	Y		0.36	1.56	0.36	0.62	2.70	0.62	Ø3/4"c/15	Ø3/4"c/15	-----	-----	-----

Ya teniendo la información sobre el acero y las dimensiones de las losas, ya podemos analizar los volúmenes y superficies de las losas.

Tabla 64 Análisis de volumen y superficie de losas debajo del suelo

*No se miden: Elementos de cimentación.

Grupo de Plantas Número 1: Debajo del suelo
Número Plantas Iguales: 1

Superficie total: 9.31 m2
Superficie total forjados: 8.81 m2
Losas macizas: 8.81 m2
Superficie en planta de vigas, zunchos y muros: 0.01 m2
Superficie lateral de vigas, zunchos y muros: 3.29 m2
Hormigón total en vigas: 0.00 m3
Volumen total forjados: 3.08 m3
Losas macizas: 3.08 m3

Producido por una versión no beta

Tabla 65 Análisis de volumen y superficie de losas sobre el suelo

Grupo de Plantas Número 2: Sobre el suelo
 Número Plantas Iguales: 1

Superficie total: 9.30 m²
 Superficie total forjados: 5.52 m²
 Losas macizas: 5.52 m²
 Superficie en planta de vigas, zunchos y muros: 3.29 m²
 Superficie lateral de vigas, zunchos y muros: 2.82 m²
 Hormigón total en vigas: 1.28 m³
 Vigas: 1.28 m³
 Volumen total forjados: 1.66 m³
 Losas macizas: 1.66 m³

En resumen, obtendríamos las siguientes dimensiones:

- Superficie total: 16.61 m²
- Superficie total forjados: 14.33 m²
- Losas macizas: 14.33 m²
- Superficie en planta de vigas, zunchos y muros: 3.30 m²
- Superficie lateral de vigas, zunchos y muros: 6.11 m²
- Concreto total en vigas: 1.28 m³
- Losas macizas: 4.74 m³

El programa nos recomendó las siguientes cuantías de acero para las losas, ver **Tabla 66**:

Tabla 66 Cuantías de acero

Alimentación

Elemento	Encofrado (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Capatas aisladas	6.30	5.513	529
Total	-	5.513	529

Debajo del suelo

Elemento	Encofrado (m ²)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Losas macizas	-	8.81	3.080	244
Vigas	3.29	0.01	-	-
Pilares	9.24	-	0.810	283
Total	-	8.82	3.890	527
Índices (por m²)	-	-	0.418	56.61
Superficie total: 9.31 m²				

Sobre el suelo

Elemento	Encofrado (m ²)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Losas macizas	-	5.52	1.660	535
Vigas	2.82	3.29	1.280	199
Pilares	11.48	-	1.000	231
Total	-	8.81	3.940	965
Índices (por m²)	-	-	0.424	103.76
Superficie total: 9.30 m²				

Total obra

Elemento	Encofrado (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Zapatas aisladas	6.30	5.510	529
Total	-	5.510	529

Elemento	Encofrado (m ²)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Losas macizas	-	14.33	4.740	779
Vigas	6.11	3.30	1.280	199
Pilares	20.72	-	1.810	514
Total	-	17.63	7.830	1492
Índices (por m²)	-	-	0.421	80.17
Superficie total: 18.61 m²				

Estos valores de cuantías de acero se resumen en la siguiente clasificación de barras en función de sus diámetros, ver **Tabla 67**:

Tabla 67 Clasificación de barras en función del diámetro

Cimentación

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Zapatas aisladas	Ø3/8"	14.76	9
	Ø1/2"	20.32	22
	Ø5/8"	289.80	498
	Total + 10%		529

Debajo del suelo

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Losas macizas	Ø3/8"	396.00	244
	Total + 10%		244
Pilares de hormigón	Ø3/8"	260.04	160
	Ø1/2"	42.40	46
	Ø5/8"	44.80	77
	Total + 10%		283

Sobre el suelo

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Losas macizas	Ø3/4"	217.20	535
	Total + 10%		535
Vigas de hormigón	Ø3/8"	174.08	107
	Ø5/8"	53.71	92
	Total + 10%		199
Pilares de hormigón	Ø3/8"	179.08	110
	Ø1/2"	40.40	44
	Ø5/8"	44.80	77
	Total + 10%		231

Total obra

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Plataformas aisladas	Ø3/8"	14.76	9
	Ø1/2"	20.32	22
	Ø5/8"	289.80	498
	Total + 10%		529
Losas macizas	Ø3/8"	396.00	244
	Ø3/4"	217.20	535
	Total + 10%		779
Vigas de hormigón	Ø3/8"	174.08	107
	Ø5/8"	53.71	92
	Total + 10%		199
Pilares de hormigón	Ø3/8"	439.12	270
	Ø1/2"	82.80	90
	Ø5/8"	89.60	154
	Total + 10%		514

Cabe destacar que como se mencionó anteriormente, las barras son de acero grado 60.

Para las columnas se ha modelado cada uno con sus respectivas barras asignadas por el modelo teórico y se midieron en cuanto a sus cargas para saber si cumplían y nos arrojó los siguientes resultados:

Tabla 68 cuantías de acero en columnas

Armado de pilares												
Hormigón: f'c=280												
Pilar	Geometría			Barras					Estribos		Aprov. (%)	Estado
	Planta	Dimensiones (cm)	Tramo (m)	Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separación (cm)			
C1	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	10	57.4	Cumple	
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y1rØ3/8"	12	40.7	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	-	20.0	Cumple	
C2	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	10	57.4	Cumple	
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y1rØ3/8"	12	40.7	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	-	20.0	Cumple	
C3	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	10	57.4	Cumple	
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y1rØ3/8"	12	40.7	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	-	20.0	Cumple	
C4	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	10	57.4	Cumple	
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y1rØ3/8"	12	40.7	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø5/8"	2Ø1/2"	2Ø1/2"	1.06	1eØ3/8"	-	20.0	Cumple	

(1) e = estribo, r = rama

Como se puede observar en la **Tabla 68**, se ha medido cada columna en función al nivel donde se encuentra cada planta de la estructura y obtenemos los diámetros y especificaciones con la que cumpliría cada acero de las columnas.

Soporte	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Hipótesis	Base						Cabeza					
					N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)
C2	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	Sismo X Modo 3	0.00	0.06	-0.06	0.05	-0.05	0.00	0.00	-0.03	0.03	0.05	-0.05	0.00
				Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				Sismo Y Modo 2	2.39	-0.03	-1.04	-0.06	-0.98	0.00	2.39	0.06	0.58	-0.06	-0.98	0.00
				Sismo Y Modo 3	0.00	0.06	-0.06	0.05	-0.05	0.00	0.00	-0.03	0.03	0.05	-0.05	0.00
				Peso propio	2.37	0.23	-0.23	0.21	-0.21	0.00	1.74	-0.19	0.19	0.21	-0.21	0.00
				Cargas muertas	0.00	0.15	-0.15	0.08	-0.08	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.08	-0.08	0.00
				Sobrecarga de uso	0.33	0.24	-0.24	0.14	-0.14	0.00	0.33	-0.05	0.05	0.14	-0.14	0.00
				Viento +X exc.+	0.08	0.14	-0.02	0.10	-0.01	-0.00	0.08	-0.07	0.01	0.10	-0.01	0.00
				Viento +X exc.-	0.08	0.18	0.02	0.13	0.01	0.00	0.08	-0.08	-0.01	0.13	0.01	0.00
				Viento -X exc.+	-0.08	-0.14	0.02	-0.10	0.01	0.00	-0.08	0.07	-0.01	-0.10	0.01	0.00
				Viento -X exc.-	-0.08	-0.18	-0.02	-0.13	-0.01	-0.00	-0.08	0.08	0.01	-0.13	-0.01	-0.00
				Viento +Y exc.+	-0.08	0.02	0.18	0.01	0.13	0.00	-0.08	-0.01	-0.08	0.01	0.13	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.08	-0.02	0.14	-0.01	0.10	-0.00	-0.08	0.01	-0.07	-0.01	0.10	-0.00			
	Viento -Y exc.+	0.08	-0.02	-0.18	-0.01	-0.13	-0.00	0.08	0.01	0.08	-0.01	-0.13	-0.00			
	Viento -Y exc.-	0.08	0.02	-0.14	0.01	-0.10	0.00	0.08	-0.01	0.07	0.01	-0.10	0.00			
	Sismo X Modo 1	0.69	1.37	-0.01	0.98	0.01	0.00	0.69	-0.64	-0.03	0.98	0.01	0.00			
	Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Sismo X Modo 3	0.00	0.07	0.07	0.05	0.05	0.01	0.00	-0.04	-0.04	0.05	0.05	0.01			
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Sismo Y Modo 2	0.69	0.01	-1.37	-0.01	-0.98	0.00	0.69	0.03	0.64	-0.01	-0.98	0.00			
	Sismo Y Modo 3	0.00	0.07	0.07	0.05	0.05	0.01	0.00	-0.04	-0.04	0.05	0.05	0.01			
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	Peso propio	4.91	0.11	-0.11	0.18	-0.18	0.00	4.41	-0.19	0.19	0.18	-0.18	0.00
				Cargas muertas	2.49	0.18	-0.18	0.30	-0.30	0.00	2.49	-0.31	0.31	0.30	-0.30	0.00
				Sobrecarga de uso	3.88	0.25	-0.25	0.41	-0.41	0.00	3.88	-0.43	0.43	0.41	-0.41	0.00
Viento +X exc.+				0.28	0.11	-0.02	0.10	-0.02	0.00	0.28	-0.06	0.01	0.10	-0.02	0.00	
Viento +X exc.-				0.28	0.13	0.01	0.13	0.01	0.00	0.28	-0.08	0.00	0.13	0.01	0.00	
Viento -X exc.+				-0.28	-0.11	0.02	-0.10	0.02	0.00	-0.28	0.06	-0.01	-0.10	0.02	0.00	
Viento -X exc.-				-0.28	-0.13	-0.01	-0.13	-0.01	0.00	-0.28	0.08	0.00	-0.13	-0.01	0.00	
Viento +Y exc.+				-0.28	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	-0.28	0.00	-0.08	0.01	0.13	0.00	
Viento +Y exc.-				-0.28	-0.02	0.11	-0.02	0.10	0.00	-0.28	0.01	-0.06	-0.02	0.10	0.00	
Viento -Y exc.+				0.28	-0.01	-0.13	-0.01	-0.13	0.00	0.28	0.00	0.08	-0.01	-0.13	0.00	
Viento -Y exc.-				0.28	0.02	-0.11	0.02	-0.10	0.00	0.28	-0.01	0.06	0.02	-0.10	0.00	
Sismo X Modo 1				2.39	1.04	-0.03	0.98	-0.06	0.00	2.39	-0.58	0.06	0.98	-0.06	0.00	
Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Sismo X Modo 3	0.00	0.06	0.06	0.05	0.05	0.00	0.00	-0.03	-0.03	0.05	0.05	0.00				
Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Sismo Y Modo 2	2.39	0.03	-1.04	0.06	-0.98	0.00	2.39	-0.06	0.58	0.06	-0.98	0.00				
Sismo Y Modo 3	0.00	0.06	0.06	0.05	0.05	0.01	0.00	-0.03	-0.03	0.05	0.05	0.00				
Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	Peso propio	2.37	0.23	0.23	0.21	0.21	0.00	1.74	-0.19	-0.19	0.21	0.21	0.00	
			Cargas muertas	0.00	0.15	0.15	0.08	0.08	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.08	0.08	0.00	
			Sobrecarga de uso	0.33	0.24	0.24	0.14	0.14	0.00	0.33	-0.05	-0.05	0.14	0.14	0.00	
			Viento +X exc.+	0.08	0.18	-0.02	0.13	-0.01	-0.00	0.08	-0.08	0.01	0.13	-0.01	-0.00	
			Viento +X exc.-	0.08	0.14	0.02	0.10	0.01	0.00	0.08	-0.07	-0.01	0.10	0.01	0.00	
			Viento -X exc.+	-0.08	-0.18	0.02	-0.13	0.01	0.00	-0.08	0.08	-0.01	-0.13	0.01	0.00	
			Viento -X exc.-	-0.08	-0.14	-0.02	-0.10	-0.01	-0.00	-0.08	0.07	0.01	-0.10	-0.01	-0.00	
			Viento +Y exc.+	0.08	-0.02	0.18	-0.01	0.13	0.00	0.08	0.01	-0.08	-0.01	0.13	0.00	
			Viento +Y exc.-	0.08	0.02	0.14	0.01	0.10	-0.00	0.08	-0.01	-0.07	0.01	0.10	-0.00	
			Viento -Y exc.+	-0.08	0.02	-0.18	0.01	-0.13	-0.00	-0.08	-0.01	0.08	0.01	-0.13	-0.00	
			Viento -Y exc.-	-0.08	-0.02	-0.14	-0.01	-0.10	0.00	-0.08	0.01	0.07	-0.01	-0.10	0.00	
			Sismo X Modo 1	0.69	1.37	0.01	0.98	-0.01	0.00	0.69	-0.64	0.03	0.98	-0.01	0.00	
Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Sismo X Modo 3	0.00	-0.07	0.07	-0.05	0.05	0.01	0.00	0.04	-0.04	-0.05	0.05	0.01				
Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Sismo Y Modo 2	-0.69	-0.01	-1.37	0.01	-0.98	0.00	-0.69	-0.03	0.64	0.01	-0.98	0.00				
Sismo Y Modo 3	0.00	-0.07	0.07	-0.05	0.05	0.01	0.00	0.04	-0.04	-0.05	0.05	0.01				
Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	Peso propio	4.91	0.11	0.11	0.18	0.18	0.00	4.41	-0.19	-0.19	0.18	0.18	0.00	
			Cargas muertas	2.49	0.18	0.18	0.30	0.30	0.00	2.49	-0.31	-0.31	0.30	0.30	0.00	
			Sobrecarga de uso	3.88	0.25	0.25	0.41	0.41	0.00	3.88	-0.43	-0.43	0.41	0.41	0.00	
			Viento +X exc.+	0.28	0.13	-0.01	0.13	-0.01	0.00	0.28	-0.08	0.00	0.13	-0.01	0.00	
			Viento +X exc.-	0.28	0.11	0.02	0.10	0.02	0.00	0.28	-0.06	-0.01	0.10	0.02	0.00	
			Viento -X exc.+	-0.28	-0.13	0.01	-0.13	0.01	0.00	-0.28	0.08	0.00	-0.13	0.01	0.00	
			Viento -X exc.-	-0.28	-0.11	-0.02	-0.10	-0.02	0.00	-0.28	0.06	0.01	-0.10	-0.02	0.00	
			Viento +Y exc.+	0.28	-0.01	0.13	-0.01	0.13	0.00	0.28	0.00	-0.08	-0.01	0.13	0.00	
			Viento +Y exc.-	0.28	0.02	0.11	-0.02	0.10	0.00	0.28	-0.01	-0.06	0.02	0.10	0.00	

Prodotto por una versione no profesional de CYPE

Producido por una versión no profesional de CYPE

Soporte	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Hipótesis	Base						Cabeza						
					N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	
				Viento -Y exc.+	-0.28	0.01	-0.13	0.01	-0.13	0.00	-0.28	0.00	0.08	0.01	-0.13	0.00	
				Viento -Y exc.-	-0.28	-0.02	-0.11	-0.02	-0.10	0.00	-0.28	0.01	0.06	-0.02	-0.10	0.00	
				Sismo X Modo 1	2.39	1.04	0.03	0.98	0.06	0.00	2.39	-0.58	-0.06	0.98	0.06	0.00	
				Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				Sismo X Modo 3	0.00	-0.06	0.06	-0.05	0.05	0.00	0.00	0.03	-0.03	-0.05	0.05	0.00	
				Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				Sismo Y Modo 2	-2.39	-0.03	-1.04	-0.06	-0.98	0.00	-2.39	0.06	0.58	-0.06	-0.98	0.00	
				Sismo Y Modo 3	0.00	-0.06	0.06	-0.05	0.05	0.00	0.00	0.03	-0.03	-0.05	0.05	0.00	
C4	Sobre el suelo	35x35	0.00/2.05	Peso propio	2.37	-0.23	0.23	-0.21	0.21	0.00	1.74	0.19	-0.19	-0.21	0.21	0.00	
				Cargas muertas	0.00	-0.15	0.15	-0.08	0.08	0.00	0.00	0.01	-0.01	-0.08	0.08	0.00	0.00
				Sobrecarga de uso	0.33	-0.24	0.24	-0.14	0.14	0.00	0.33	0.05	-0.05	-0.14	0.14	0.00	0.00
				Viento +X exc.+	-0.08	0.18	0.02	0.13	0.01	-0.00	-0.08	-0.08	-0.01	0.13	0.01	-0.00	0.00
				Viento +X exc.-	-0.08	0.14	-0.02	0.10	-0.01	0.00	-0.08	-0.07	0.01	0.10	-0.01	0.00	0.00
				Viento -X exc.+	0.08	-0.18	-0.02	-0.13	-0.01	0.00	0.08	0.08	0.01	-0.13	-0.01	0.00	0.00
				Viento -X exc.-	0.08	-0.14	0.02	-0.10	0.01	-0.00	0.08	0.07	-0.01	-0.10	0.01	-0.00	0.00
				Viento +Y exc.+	0.08	-0.02	0.14	-0.01	0.10	0.00	0.08	0.01	-0.07	-0.01	0.10	0.00	0.00
				Viento +Y exc.-	0.08	0.02	0.18	0.01	0.13	-0.00	0.08	-0.01	-0.08	0.01	0.13	-0.00	0.00
				Viento -Y exc.+	-0.08	0.02	-0.14	0.01	-0.10	-0.00	-0.08	-0.01	0.07	0.01	-0.10	-0.00	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.08	-0.02	-0.18	-0.01	-0.13	0.00	-0.08	0.01	0.08	-0.01	-0.13	0.00	0.00			
	Sismo X Modo 1	-0.69	1.37	-0.01	0.98	0.01	0.00	-0.69	-0.64	-0.03	0.98	0.01	0.00	0.00			
	Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Sismo X Modo 3	0.00	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	0.01	0.00	0.04	0.04	-0.05	-0.05	0.01	0.00			
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Sismo Y Modo 2	-0.69	0.01	-1.37	-0.01	-0.98	0.00	-0.69	0.03	0.64	-0.01	-0.98	0.00	0.00			
	Sismo Y Modo 3	0.00	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	0.01	0.00	0.04	0.04	-0.05	-0.05	0.01	0.00			
	Debajo del suelo	35x35	-2.00/-0.35	Peso propio	4.91	-0.11	0.11	-0.18	0.18	0.00	4.41	0.19	-0.19	-0.18	0.18	0.00	
				Cargas muertas	2.49	-0.18	0.18	-0.30	0.30	0.00	2.49	0.31	-0.31	-0.30	0.30	0.00	
				Sobrecarga de uso	3.88	-0.25	0.25	-0.41	0.41	0.00	3.88	0.43	-0.43	-0.41	0.41	0.00	
Viento +X exc.+				-0.28	0.13	0.01	0.13	0.01	0.00	-0.28	-0.08	0.00	0.13	0.01	0.00		
Viento +X exc.-				-0.28	0.11	-0.02	0.10	-0.02	0.00	-0.28	-0.06	0.01	0.10	-0.02	0.00		
Viento -X exc.+				0.28	-0.13	-0.01	-0.13	-0.01	0.00	0.28	0.08	0.00	-0.13	-0.01	0.00		
Viento -X exc.-				0.28	-0.11	0.02	-0.10	0.02	0.00	0.28	0.06	-0.01	-0.10	0.02	0.00		
Viento +Y exc.+				0.28	-0.02	0.11	-0.02	0.10	0.00	0.28	0.01	-0.06	-0.02	0.10	0.00		
Viento +Y exc.-				0.28	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.28	0.00	-0.08	0.01	0.13	0.00		
Viento -Y exc.+				-0.28	0.02	-0.11	0.02	-0.10	0.00	-0.28	-0.01	0.06	0.02	-0.10	0.00		
Viento -Y exc.-	-0.28	-0.01	-0.13	-0.01	-0.13	0.00	-0.28	0.00	0.08	-0.01	-0.13	0.00					

También como resultados en esfuerzos por arranques obtenemos lo siguiente:

Tabla 70 esfuerzos por arranques en columnas

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Hipótesis	Esfuerzos en arranques					
		N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)
C1	Peso propio	4.91	-0.11	-0.11	-0.18	-0.18	0.00
	Cargas muertas	2.49	-0.18	-0.18	-0.30	-0.30	0.00
	Sobrecarga de uso	3.88	-0.25	-0.25	-0.41	-0.41	0.00
	Viento +X exc.+	-0.28	0.11	0.02	0.10	0.02	0.00
	Viento +X exc.-	-0.28	0.13	-0.01	0.13	-0.01	0.00
	Viento -X exc.+	0.28	-0.11	-0.02	-0.10	-0.02	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Hipótesis	Esfuerzos en arranques					
		N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)
	Sismo X Modo 3	0.00	-0.06	0.06	-0.05	0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	-2.39	-0.03	-1.04	-0.06	-0.98	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.00	-0.06	0.06	-0.05	0.05	0.00
C4	Peso propio	4.91	-0.11	0.11	-0.18	0.18	0.00
	Cargas muertas	2.49	-0.18	0.18	-0.30	0.30	0.00
	Sobrecarga de uso	3.88	-0.25	0.25	-0.41	0.41	0.00
	Viento +X exc.+	-0.28	0.13	0.01	0.13	0.01	0.00
	Viento +X exc.-	-0.28	0.11	-0.02	0.10	-0.02	0.00
	Viento -X exc.+	0.28	-0.13	-0.01	-0.13	-0.01	0.00
	Viento -X exc.-	0.28	-0.11	0.02	-0.10	0.02	0.00
	Viento +Y exc.+	0.28	-0.02	0.11	-0.02	0.10	0.00
	Viento +Y exc.-	0.28	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.28	0.02	-0.11	0.02	-0.10	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.28	-0.01	-0.13	-0.01	-0.13	0.00
	Sismo X Modo 1	-2.39	1.04	-0.03	0.98	-0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 3	0.00	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	-2.39	0.03	-1.04	0.06	-0.98	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.00	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	0.00

La modelación también ha realizado una verificación de momentos y desplazamientos en función del sismo en X y en Y que se le asignó a la estructura y obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 71 Situaciones sísmicas y transitorias en desplazamiento en X; Y

Situaciones persistentes o transitorias					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Sobre el suelo	2.20	-0.40	-0.40	-1.69
	Debajo del suelo	-0.18	-0.15	-0.15	-1.68
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-1.63
C2	Sobre el suelo	2.20	-0.40	-0.40	-1.69
	Debajo del suelo	-0.18	-0.15	-0.15	-1.68
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-1.63
C3	Sobre el suelo	2.20	-0.40	-0.40	-1.69
	Debajo del suelo	-0.18	-0.15	-0.15	-1.68
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-1.63
C4	Sobre el suelo	2.20	-0.40	-0.40	-1.69
	Debajo del suelo	-0.18	-0.15	-0.15	-1.68
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-1.63

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-2.99
C2	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-2.99
C2	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-2.99
C3	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-2.99
C4	Sobre el suelo	2.20	-9.93	-9.93	-3.08
	Debajo del suelo	-0.18	-3.76	-3.76	-3.06
	Cimentación	-2.00	0.00	0.00	-2.99

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

Tabla 72 Resumen de medición

Resumen de medición - Debajo del suelo								
Pilares	Dimensiones (cm)	Encofrado (m ²)	Hormigón f'c=280 (m ³)	Armaduras Grado 60 (Latinoamérica)				Cuantía (kg/m ³)
				Longitudinal		Estribos Ø3/8" (kg)	Total +10 % (kg)	
				Ø5/8" (kg)	Ø1/2" (kg)			
C1, C2, C3 y C4	35x35	9.24	0.81	70.0	42.0	145.6	283.4	318.02
Total		9.24	0.81	70.0	42.0	145.6	283.4	318.02

Resumen de medición - Sobre el suelo								
Pilares	Dimensiones (cm)	Encofrado (m ²)	Hormigón f'c=280 (m ³)	Armaduras Grado 60 (Latinoamérica)				Cuantía (kg/m ³)
				Longitudinal		Estribos Ø3/8" (kg)	Total +10 % (kg)	
				Ø5/8" (kg)	Ø1/2" (kg)			
C1, C2, C3 y C4	35x35	11.48	1.00	70.0	40.4	100.4	231.9	210.80
Total		11.48	1.00	70.0	40.4	100.4	231.9	210.80

La **Tabla 72** sería un resumen de las especificaciones de las columnas por encima y debajo del nivel del suelo.

El modelo nos presenta el concepto de distorsiones el cual se divide en distorsiones absolutas y distorsiones relativas. Las absolutas parten de la diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior de la estructura mientras que las relativas serían la relación entre la altura y la distorsión absoluta. La altura en este caso es la altura del nivel respecto al inmediato inferior y ambas solo tienen como origen las fuerzas gravitatorias (G) y las fuerzas gravitatorias más las del viento (GV).

Tabla 73 situaciones sísmicas y transitorias en distorsión en X; Y

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0003	h / 7917	GV	0.0003	h / 7917	GV
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0001	----	GV	0.0001	----	GV
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0004	----	GV	0.0004	----	GV
C2	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0003	h / 7917	GV	0.0003	h / 7917	GV
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0001	----	GV	0.0001	----	GV
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0004	----	GV	0.0004	----	GV
C3	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0003	h / 7917	GV	0.0003	h / 7917	GV
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0001	----	GV	0.0001	----	GV
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0004	----	GV	0.0004	----	GV
C4	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0003	h / 7917	GV	0.0003	h / 7917	GV
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0001	----	GV	0.0001	----	GV
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0004	----	GV	0.0004	----	GV

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		4.20	0.0004	----	GV	0.0004	----	GV

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0062	h / 384	----	0.0062	h / 384	----
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0038	h / 481	----	0.0038	h / 481	----
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0099	h / 425	----	0.0099	h / 425	----
C2	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0062	h / 384	----	0.0062	h / 384	----
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0038	h / 481	----	0.0038	h / 481	----
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0099	h / 425	----	0.0099	h / 425	----
C3	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0062	h / 384	----	0.0062	h / 384	----
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0038	h / 481	----	0.0038	h / 481	----
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0099	h / 425	----	0.0099	h / 425	----
C4	Sobre el suelo	2.20	2.38	0.0062	h / 384	----	0.0062	h / 384	----
	Debajo del suelo	-0.18	1.83	0.0038	h / 481	----	0.0038	h / 481	----
	Cimentación	-2.00							
	Total		4.20	0.0099	h / 425	----	0.0099	h / 425	----

Notas:
⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Los valores que se muestran indicados en la **Tabla 73** tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos.

El informe también nos presenta el concepto de desplomes relativos y absolutos los cuales vienen de la desviación o inclinación que experimentan los pilares de una estructura con respecto a su posición vertical ideal. En un diseño estructural, un pilar debe estar completamente alineado verticalmente para soportar correctamente las cargas. Sin embargo, debido a diversos factores (como deformaciones, errores en la construcción, asentamientos del terreno, o efectos sísmicos), un pilar puede inclinarse o desviarse de su posición ideal y estos se dividen en dos, también siendo absolutos y relativos como las distorsiones según el modelo teórico.

Tabla 74 Desplomes entre plantas

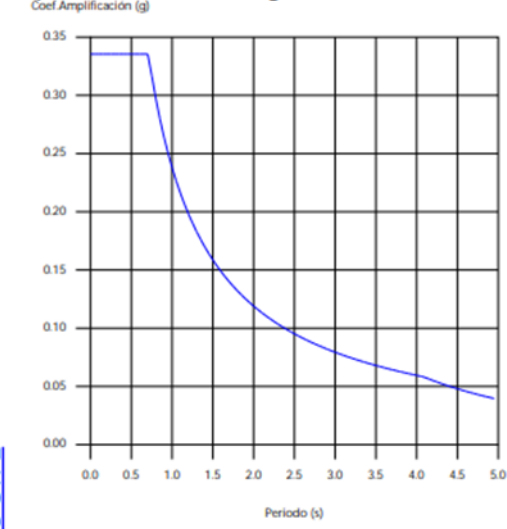
Sismo X								
Planta	Cota (m)	h (m)	Desplome X			Desplome Y		
			Absoluto (cm)	Relativo		Absoluto (cm)	Relativo	
Sobre el suelo	2.350	2.350	0.61	0.0026h	✓	0.00	0.0000h	---
Debajo del suelo	0.000	2.000	0.38	0.0019h	✓	0.00	0.0000h	---

Sismo Y								
Planta	Cota (m)	h (m)	Desplome X			Desplome Y		
			Absoluto (cm)	Relativo		Absoluto (cm)	Relativo	
Sobre el suelo	2.350	2.350	0.00	0.0000h	---	0.61	0.0026h	✓
Debajo del suelo	0.000	2.000	0.00	0.0000h	---	0.38	0.0019h	✓

19.1 Justificación sísmica

El modelo nos da una justificación del sismo en X y en Y que se simuló en la aplicación con los datos generales de la estructura y los datos de espectro que se le fueron proporcionados, primeramente.

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

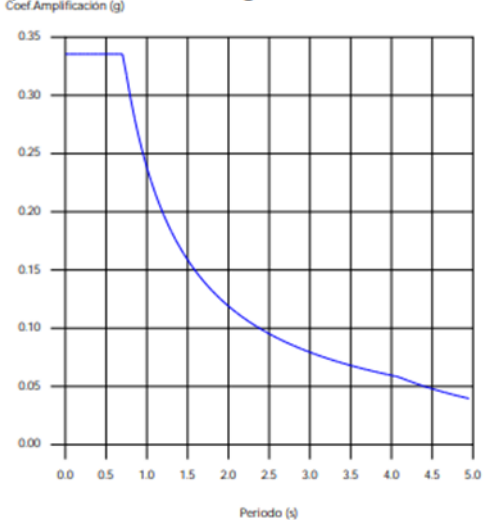
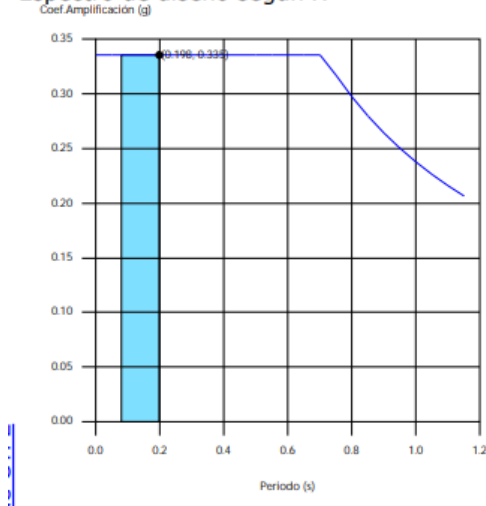


Ilustración 7 Espectros de diseño

Posteriormente nos presenta el siguiente espectro de diseño de forma automática:

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

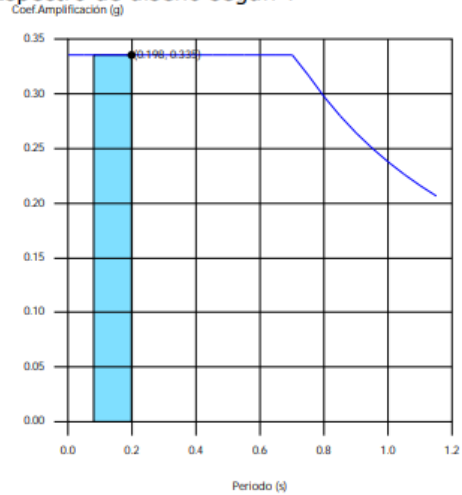


Ilustración 8 Espectros de diseño automáticos

Luego después de la simulación, se nos muestran los valores de corrección por cortante basal para asegurarse que los valores dinámicos sean ajustados a un nivel seguro para los factores normativos de la NSR.

Tabla 75 Valores de corrección por cortante basal

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	3.9214	3.9214
	Modo 2	0.0000	
	Modo 3	0.0000	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0000	3.9214
	Modo 2	3.9214	
	Modo 3	0.0000	

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$ 3.9214 t \geq 2.2091 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$ 3.9214 t \geq 2.2091 t	N.P.

Aquí se puede observar que la corrección de la cortante basa no procede ya que este cumple.

19.1.2 Cortante sísmica combinada por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales. Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

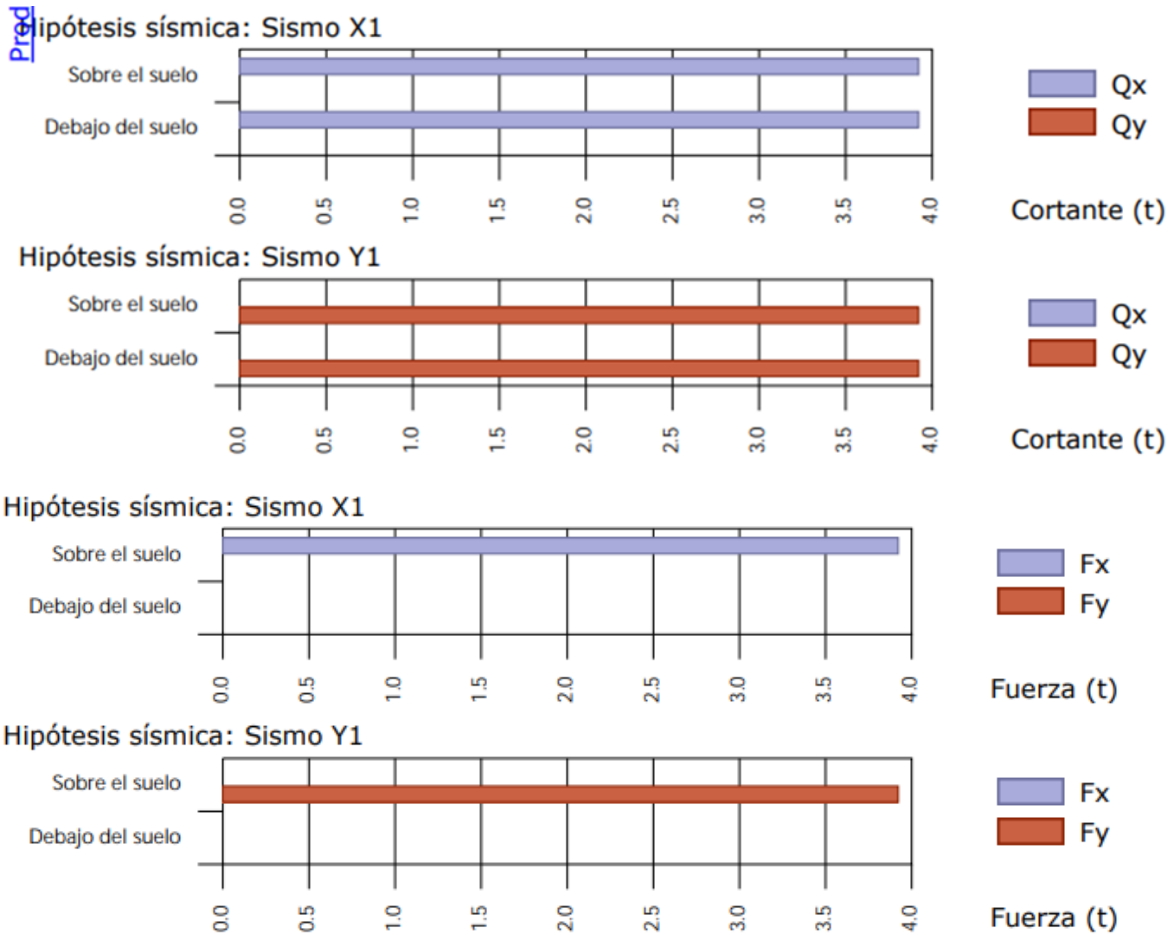
Tabla 76 cortante sísmica combinada por planta

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Sobre el suelo	3.9214	3.9214	0.0000	0.0000
Debajo del suelo	3.9214	0.0000	0.0000	0.0000

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Sobre el suelo	0.0000	0.0000	3.9214	3.9214
Debajo del suelo	0.0000	0.0000	3.9214	0.0000

19.1.3 Cortantes sísmicas máximas por planta

Tabla 77 cortantes sísmicas máximas por planta



El programa por último nos dice si las vigas cumplen o no con comprobaciones de fisuración, todo a partir del título C de la norma NSR-10.

Tabla 78 Comprobaciones de fisuración

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NSR-10, TÍTULO C)				Estado
	S _{C,sup.}	S _{C,lat.Der.}	S _{C,inf.}	S _{C,lat.Izq.}	
V-201: C4 - C3	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.175 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-202: C1 - C2	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.175 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-203: C1 - C4	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.175 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-204: C2 - C3	x: 0 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.175 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
<p>Notación: S_{C,sup.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior S_{C,lat.Der.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha S_{C,inf.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior S_{C,lat.Izq.}: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>					
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.</p>					

Tabla 79 Cantidades de obra de la estructura

Total obra			
	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Patas aisladas	Ø3/8"	14.76	9
	Ø1/2"	20.32	22
	Ø5/8"	289.80	498
	Total + 10%		529
Bosas macizas	Ø3/8"	396.00	244
	Ø3/4"	217.20	535
	Total + 10%		779
Vigas de hormigón	Ø3/8"	174.08	107
	Ø5/8"	53.71	92
	Total + 10%		199
Pilares de hormigón	Ø3/8"	439.12	270
	Ø1/2"	82.80	90
	Ø5/8"	89.60	154
	Total + 10%		514

Prohibido por una versión no profesional de CYPE

21. Conclusiones

Para finalizar, una vez realizada toda la búsqueda de información, estudios pertinentes para el desarrollo del diseño, cálculos adecuados para el funcionamiento de la propuesta de diseño y demás actividades propias de la realización de este proyecto que en primer lugar, la Institución Educativa Antonio Ricaurte se ha visto afectada por mucho tiempo por la ineficiencia en procesos constructivos realizados dentro de sus instalaciones, que por ende, este grupo de la universidad javeriana Cali se encuentra realizando el diseño de sistema de recolección y bombeo de agua lluvia para dicha I.E en pro de la mejora y el apoyo a la reconstrucción de la institución educativa y en pro de la mejora de la calidad del agua para los estudiantes, profesores y directivos de dicha sede educativa.

Además, aunque en la segunda entrega de reporte de avance de este diseño se había escogido la alternativa de utilizar 2 bombas y 2 tanques de almacenamiento de agua por términos de eficiencia, costos y demás factores relacionados con la matriz de decisiones realizada por el grupo de trabajo, esta decisión tomó un cambio al momento de diseñar e implementar la red sanitaria en el programa de modelación de sistemas de agua potable EPANET, ahí el grupo se dio cuenta de que la mejor opción a desarrollar ya no sería la mencionada anteriormente sino la de 2 tanques elevados y un tanque de bombeo, esto debido a que nos dimos cuenta que con solo 1 tanque de succión para abastecer las baterías sanitarias del primer piso y 1 bomba para abastecer los 2 tanques elevados que harán que llegue agua a las baterías sanitarias del segundo piso de la I.E era más que suficiente y más eficiente, a diferencia de la opción que primero se tiene en cuenta sin haber modelado la cual nos causó problemas en términos de pérdidas, de altas presiones y demás factores que nos mostró el programa, por lo que la decisión de la alternativa a desarrollar cambio a la hora de diseñar e implementar la alternativa en el programa de diseño EPANET y fue la que arrojó mejores resultados temporales en cuanto a flujos de caudal en horas de bombeo y de desagües, la que no generó tanto conflicto y la que podría ayudar en el correcto desarrollo de este proyecto de diseño del cual nos daremos cuenta una vez se culmine en Diseño II.

Por otro lado, a partir de la modelación hecha en EPANET y los resultados obtenidos en las tablas y gráficas de las baterías sanitarias tanto de primer como de segundo piso de la I.E, se concluye con esto que la modelación aunque sigue presentando pérdidas y problemas, estos no son del todo graves puesto que se han solucionado errores que el grupo presentó a lo largo del semestre el cual fue la falta de caudal que no llegaba hacia las baterías del segundo piso, múltiples problemas con la instalación de la bomba y presiones excesivamente altas, estos y algunos otros problemas se han venido solucionando hasta entregar estos resultados los cuales se estiman sean buenos, pero que aun así se piensan solucionar aún más en el siguiente semestre para una correcta entrega en Diseño II, esto con la ayuda de otros programas de modelación y de una investigación más a fin en este tema de la modelación de sistemas hidrosanitarios por medio de bombeo de agua y de tanques elevados, más que además en siguiente entregas toca adjuntar la implementación del tanque de succión en concreto por lo que las características de este

pueden llegar a variar la modelación y así proveer resultados óptimos para el diseño del sistema en la Institución Educativa Antonio Ricaurte.

De la misma forma, a partir de la modelación estructural del tanque elevado realizada en CYPECAD y los resultados obtenidos de cargas sobre la estructura y tipos de aceros a utilizar en el diseño, gracias a esto se concluye que la estructura diseñada por el grupo cumple con todos los requerimientos y normas estipuladas por la NSR-10, esto debido a que se presentan cargas permisibles en la estructura que sostiene el tanque prefabricado de 6000 litros, esta decisión fue tomada por temas de paisajismo y de practicidad, por ende se decidió diseñar para dos estructuras puesto que en cuanto a la estética queda bien visualmente y es amigable para la vista en la institución y en cuanto a diseño cumple con la necesidad de la cantidad de agua necesaria para suplir a los 960 estudiantes y demás pertenecientes a la institución educativa Antonio Ricaurte, además de esto, gracias al programa que el grupo decidió emplear debido a recomendación tomadas por distintos ingenieros estructurales con los que se tomó asesoramiento, se pudo diseñar y ver visualmente como quedaría ubicadas las barras de acero a lo largo de la estructura, la cimentación y demás elementos tales como vigas, losas, entre otros. Lo cual nos permitió poder adentrarnos un poco más en el diseño y entender mejor el proceso constructivo para así poder diseñar la mejor solución.

Los análisis de costos en el presupuesto de este diseño arrojan un diseño asequible para la llevar a cabo su ejecución en obra aportando a la comunidad del municipio, por ende, el grupo de diseño procedió a desarrollar el presupuesto de tal manera que fuera lo más óptimo y eficiente para la construcción, donde se tuvieron en cuenta detalles como alquiler de equipos y maquinaria, mano de obra, materiales, viajes de materiales, etc. Que, aunque debido a la ubicación del proyecto el tema de alquiler de maquinaria y transporte de materiales sea un poco costoso y pueda llegar a aplazar la ejecución del proyecto por el tema de la alta pluviosidad, lo cual causa creciente del río Atrato, río el cual se utiliza para poder extraer material pétreo y si este se crece no se puede extraer el material y así se aplazan los tiempos de ejecución, el cual es un factor que se tuvo en cuenta para el presupuesto y plazos de obra.

22. Bibliografía

CARLOS VASQUEZ. (2016). *Informe Bioclimatico*. 1–23.

FP Oficina de arquitectura. (2023). *Plan DE Manejo Ambiental*.

Fundación Pies Descalzos. (2023a). *Planos en planta Bloque 3*. 10(2), 18–20.

Fundación Pies Descalzos. (2023b). *Planos en planta Bloque 4*. 10(2), 18–20.

(S/f). Gov.co. (2024). <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/quibdo/precipitacion.htm>

Codehocó. (2022). *Entre los municipios de Lloró y Quibdó, la calidad del agua del río Atrato es regular*.

Universidad de los Andes. (2016). *Estudio sobre Acceso al Servicio de Acueducto en Quibdó-Chocó, Colombia [Documento de repositorio]*. *Repositorio Institucional*

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS |
Minvivienda. (n.d.). [Www.minvivienda.gov.co](http://www.minvivienda.gov.co).

<https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>.

Anexo Presupuesto de diseño [..\Documents\jorge tesis\PRES DISEÑO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y BOMB\).xls](..\Documents\jorge tesis\PRES DISEÑO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y BOMB).xls)

Anexo PL01-HIDRO-IEAJR-H01 (planos hidrosanitarios) <..\Documents\jorge tesis\PL01-HIDRO-IEAJR-H01.pdf>