

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA  
LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN PROYECTO  
INMOBILIARIO EN LA CIUDAD DE QUITO**

**MODELACIÓN Y CÁLCULO DE INSTALACIONES  
HIDROSANITARIAS DE CADA EDIFICIO Y DE ÁREAS  
COMUNALES USANDO HERRAMIENTAS BIM, CON  
OPTIMIZACIÓN DE CONSUMO DE AGUA Y DISEÑO DE  
REUTILIZACIÓN DEL LÍQUIDO VITAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**MATEO SEBASTIÁN JIMÉNEZ LASCANO**

**mateo.jimenez01@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: ING. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR, MSc.**

**pablo.pinto@epn.edu.ec**

**DMQ, Agosto 2024**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, MATEO SEBASTIÁN JIMÉNEZ LASCANO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**MATEO SEBASTIÁN JIMÉNEZ LASCANO**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MATEO SEBASTIÁN JIMÉNEZ LASCANO, bajo mi supervisión.

---

**ING. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR, MSc.**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MATEO SEBASTIÁN JIMÉNEZ LASCANO

ING. PABLO PINTO GAIBOR, MSc.

## DEDICATORIA

El esfuerzo, sacrificio y entrega para cumplir con este objetivo se lo dedico a aquellas personas que formaron parte de esta nueva etapa de mi vida y me inspiraron a seguir adelante.

Entre ellos, mis padres y hermanos, a quienes debo su apoyo y retribución por haberme enseñado y guiado en su capacidad y disponibilidad.

A mis amigos de la universidad desde el inicio de este recorrido hasta su culminación, Daniel, Melanie, Katy, Richard, Ari, Vale, Esteban, Valeria, Mary, Pam, Bell, Doris, Jeff, Ricardo, Alex, Kevin, Ili, y demás compañeros con quienes compartí anécdotas.

A mi mascota Max, que me ha alegrado y subido el ánimo con su afecto y ternuras.

A aquellos profesores que me incentivan a sumergirme en el mundo de la ingeniería civil y me hacen ver que no solo basta con saber sino transmitir y aprender de todo proceso.

A todo ellos, les obsequio mi logro.

## **AGRADECIMIENTO**

Los momentos de ser gratos no pueden faltar pues revelan la conciencia que se tiene de estar en deuda con alguien por el beneficio o ayuda que nos han brindado, por esto, agradezco a la vida por darme motivos para seguir, por enseñarme a disfrutar con lo que se tiene y forjarme con una mentalidad de superación y competencia.

Agradezco a mis seres queridos, mi familia, por no rendirnos en nuestra lucha diaria y por esos momentos en que supimos entendernos y superar los problemas de la vida que nos hacen recordar lo que falta por hacer y dar motivo de la existencia.

Agradezco a mis amigos y compañeros con quienes pude madurar, aprender y convertirme en una persona de calidad.

Agradezco a mi tutor de TIC, Ing. Pablo Pinto, por darme la oportunidad de demostrar mis alcances y virtudes en este arduo trabajo con el cual fui aprendiendo y ganado experiencia.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO .....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Metodología BIM .....	3
1.4.2 Diseño de instalaciones hidrosanitarias.....	5
1.4.3 Optimización de consumo de agua.....	5
1.4.4 Reutilización del agua de lluvia.....	6
2 METODOLOGÍA.....	7
2.1 Ubicación del proyecto .....	7
2.2 Propuesta arquitectónica.....	8
2.3 Diseño de las Instalaciones Hidrosanitarias.....	9
2.3.1 Sistema de abastecimiento de agua fría.....	9
2.3.2 Sistema de agua caliente.....	23
2.3.3 Sistema de agua lluvia .....	25

2.3.4	Sistema de desagüe sanitario .....	29
2.3.5	Sistema de desagüe pluvial .....	34
2.3.6	Sistema de ventilación .....	39
3	MODELADO .....	40
4	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
4.1	Resultados .....	42
4.2	Conclusiones.....	43
4.3	Recomendaciones.....	45
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
6	ANEXOS.....	50
	ANEXO I. Cálculo de diámetros y pérdidas de energía en la red de agua fría y agua caliente .....	50
	ANEXO II. Bomba hidráulica y pérdidas en la succión.....	54
	ANEXO III. Cálculo de diámetros y pérdidas de energía en la red de agua lluvia .....	56
	ANEXO IV. Cálculo de bomba sumergible .....	57
	ANEXO V. Cálculos de tuberías de desagüe sanitario.....	58
	ANEXO VI. EIR (Requisitos de Intercambio de Información) del proyecto .....	64
	ANEXO VII. BEP (Plan de Ejecución BIM) del proyecto .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Ciclo de vida del modelo BIM [1] .....	4
<b>Figura 3.1.</b> Ubicación del proyecto conjunto habitacional “San Francisco del Norte” .....	8
<b>Figura 3.2.</b> Vista en elevación de la fachada de una torre.....	8
<b>Figura 3.3.</b> Vista general en planta de una torre.....	9
<b>Figura 3.4.</b> Vista en planta del proyecto .....	9
<b>Figura 3.5.</b> Perfil del proyecto .....	10
<b>Figura 3.6.</b> Acometida para cisternas del proyecto.....	12
<b>Figura 3.7.</b> Vista en elevación de cisternas de agua potable .....	13
<b>Figura 3.8.</b> Trazado de red de agua fría y caliente para departamento tipo.....	15
<b>Figura 3.9.</b> Trazado de red de agua fría externa para los edificios .....	15
<b>Figura 3.10.</b> Trazado de tubería desde cisterna hasta grifo más desfavorable .....	16
<b>Figura 3.11.</b> Ubicación del grifo más desfavorable respecto al nivel del agua de la cisterna .....	17
<b>Figura 3.12.</b> Altura de succión de la bomba .....	19
<b>Figura 3.13.</b> Distancia entre el eje de la bomba y el grifo más desfavorable .....	19
<b>Figura 3.14.</b> Altitud del nivel del agua en la cisterna .....	21
<b>Figura 3.15.</b> Calentador de agua eléctrico [18].....	25
<b>Figura 3.16.</b> Mapa de estaciones de la red integrada de monitoreo EPMAPS-FONAG [20] .....	26
<b>Figura 3.17.</b> Estación pluviométrica P70 CC El Bosque [20].....	26
<b>Figura 3.18.</b> Trazado de red de agua lluvia .....	28
<b>Figura 3.19.</b> Bomba sumergible Integra INOX para tanque cisterna de agua lluvia [21]..	29
<b>Figura 3.20.</b> Trazado de la red sanitaria en cocina y en primer baño.....	30
<b>Figura 3.21.</b> Trazado de la red sanitaria en segundo baño .....	30
<b>Figura 3.22.</b> Colectores y cajas de registro de la red de desagüe sanitario .....	33
<b>Figura 3.23.</b> Distribución de rejillas y pendientes para desagüe pluvial .....	35
<b>Figura 3.24.</b> Trazado tipo de la red de desagüe pluvial.....	35
<b>Figura 3.25.</b> Colectores y cajas de registro para la recolección de agua lluvia .....	38
<b>Figura 4.1.</b> Modelo arquitectónico.....	40
<b>Figura 4.2.</b> Instalaciones hidrosanitarias en colaboración con el modelo arquitectónico, estructural y eléctrico.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> Cantidad de personas y área verde .....	10
<b>Tabla 3.2.</b> Volumen total de abastecimiento de agua .....	11
<b>Tabla 3.3.</b> Caudal de diseño según el tamaño de medidor [4].....	12
<b>Tabla 3.4.</b> Presión atmosférica del agua según la altitud [4].....	20
<b>Tabla 3.5.</b> Presión de vapor según la temperatura [4] .....	21
<b>Tabla 3.6.</b> Ciclos por hora de encendido y apagado motor-bomba [12] .....	23
<b>Tabla 3.7.</b> Periodo de bombeo T [4].....	23
<b>Tabla 3.8.</b> Consumo de agua caliente según el tipo de edificio [12] .....	24
<b>Tabla 3.9.</b> Demanda de agua lluvia por día con optimización de consumo de agua .....	25
<b>Tabla 3.10.</b> Recolección de agua lluvia estimada anualmente .....	27
<b>Tabla 3.11.</b> Recolección de agua lluvia estimada en un día de lluvia intenso .....	27
<b>Tabla 3.12.</b> Tanque tipo Carat S para el hogar y el jardín [11] .....	27
<b>Tabla 3.13.</b> Unidades de desagüe y diámetro mínimo para muebles sanitarios [4].....	31
<b>Tabla 3.14.</b> Diámetro y unidades de descarga para aparatos sanitarios [4] .....	31
<b>Tabla 3.15.</b> Diámetro de bajante según unidades de desagüe [4].....	32
<b>Tabla 3.16.</b> Ecuaciones I-D-F de intensidades máximas para estaciones pluviométricas de Quito [22] .....	36
<b>Tabla 3.17.</b> Diámetros de bajante de acuerdo a un área horizontal a drenar y una intensidad de lluvia [4] .....	36
<b>Tabla 3.18.</b> Diámetros de canaletas y bajantes .....	37
<b>Tabla 3.19.</b> Cálculo de los colectores de la red de desagüe pluvial .....	39
<b>Tabla 3.20.</b> Tipo de ventilación .....	39

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 3.1.</b> Pérdida de energía en el medidor de agua [4] .....	11
<b>Ecuación 3.2.</b> Diámetro en función del caudal y la velocidad [4] .....	12
<b>Ecuación 3.3.</b> Ecuación fundamental de la energía en la Hidráulica [4] .....	13
<b>Ecuación 3.4.</b> Potencia de bomba [4].....	18
<b>Ecuación 3.5.</b> Altura dinámica de bombeo [4] .....	18
<b>Ecuación 3.6.</b> Altura geométrica [4].....	18
<b>Ecuación 3.7.</b> NPSH disponible [12].....	20
<b>Ecuación 3.8.</b> Volumen del tanque hidroneumático [12] .....	22
<b>Ecuación 3.9.</b> Caudal de bombeo medio [4].....	22
<b>Ecuación 3.10.</b> Velocidad terminal [4] .....	33
<b>Ecuación 3.11.</b> Longitud terminal [4] .....	33
<b>Ecuación 3.12.</b> Caudal de bajante según Hunter, Dawson .....	38
<b>Ecuación 3.13.</b> Método racional [4] .....	38

## RESUMEN

El proyecto se centra en el diseño y modelado de instalaciones hidrosanitarias en Quito, utilizando la metodología BIM (Building Information Modeling) en busca de optimización de la gestión de proyectos de construcción y del consumo del agua extendiéndose hasta la reutilización sostenible de este líquido vital.

A través de un enfoque colaborativo, se busca centralizar la información del proyecto en un modelo digital, mejorando la eficiencia y sostenibilidad en la construcción.

Aunque Ecuador aún no cuenta con normativas BIM, se adopta la norma ISO 19650 y manuales de países avanzados para guiar la elaboración de documentación esencial.

El uso de tecnologías modernas, como inodoros de doble descarga y grifos con aireadores, se propone para reducir el consumo de agua. Además, se plantea la recolección y reutilización del agua de lluvia, integrando cisternas en el diseño para abastecer inodoros y sistemas de riego.

El alcance del proyecto incluye el modelado de 18 torres, asegurando que se cumplan los lineamientos de la NEC 11 capítulo 16.

Como conclusión, se identifican estrategias para disminuir la demanda de agua potable y se evalúa el impacto económico y ambiental de las mejoras propuestas. Los resultados indican un ahorro anual del 37.69% en el uso de agua potable, destacando la importancia de implementar prácticas sostenibles en la construcción.

Se recomienda una colaboración efectiva entre los participantes del proyecto y el uso de documentación internacional para mejorar la comprensión y aplicación de BIM en Ecuador.

**PALABRAS CLAVE:** metodología BIM, optimización, reutilización del agua lluvia, residencia sostenible, eficiencia constructiva.

## **ABSTRACT**

The project focuses on the design and modeling of hydrosanitary installations in Quito, using the BIM (Building Information Modeling) methodology in search of optimization management of construction projects and water consumption, extending to the sustainable reuse of this vital liquid. Through a collaborative approach, it seeks to centralize project information in a digital model, improving efficiency and sustainability in construction.

Although Ecuador currently lacks BIM regulations, the ISO 19650 standard and manuals from advanced countries are adopted to guide the preparation of essential documentation. The use of modern technologies, such as dual-flush toilets and faucets with aerators, is proposed to reduce water consumption. Additionally, the collection and reuse of rainwater is planned, integrating cisterns into the design to supply toilets and irrigation systems.

The project scope includes the modeling of 18 towers, ensuring compliance with the NEC 11 Chapter 16 guidelines. In conclusion, strategies are identified to decrease the demand for potable water, and the economic and environmental impact of the proposed improvements is evaluated. Results indicate an annual savings of 37.69% in potable water usage, highlighting the importance of implementing sustainable practices in construction.

Effective collaboration among project participants and the use of international documentation are recommended to improve the understanding and application of BIM in Ecuador.

**KEYWORDS:** BIM methodology, optimization, rainwater reuse, sustainable residence, construction efficiency.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El componente de este proyecto de titulación se centra en la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling), en un proyecto inmobiliario en la ciudad de Quito. El BIM es una metodología de trabajo colaborativo referente al diseño y construcción de proyectos de ingeniería, cuyo modo de operación es centralizar la información del proyecto en un modelo digital creado a partir de modelos locales a cargo de cada profesional involucrado. Esta metodología ofrece un cambio en la gestión de proyectos de construcción concerniente a la eficiencia, sostenibilidad y optimización del tiempo.

A pesar de estos ofrecimientos y de la adopción por parte de algunos países, Ecuador aún no establece recomendaciones ni requerimientos para los participantes en la industria de la construcción. Esto obliga a hacer uso de la norma ISO 19650 y manuales de países más avanzados en BIM para la elaboración de documentación como el Exchange Information Requirements (EIR) y el BIM Execution Plan (BEP), que son documentos de obligatorio cumplimiento para que los proyectos BIM sean ejecutados. De esta manera, se podrá saber las limitaciones de esta metodología y comprobar sus beneficios.

En este contexto de búsqueda de eficiencia, también es fundamental considerar la optimización del consumo de agua. El empleo de muebles sanitarios modernos que tienen una tecnología más avanzada para ser significativamente eficientes, es una forma de disminuir el gasto de agua, como son: inodoros de doble pulsador con menor tamaño de cisterna, grifos de lavamanos y de fregaderos de cocina con filtros de aireación que emplean menos caudal, y duchas con cabezales que reducen la cantidad de agua.

Además, la reutilización del agua lluvia es otra forma de ahorrar el agua potable que abastece la red municipal. Se recomienda ser planificada dentro del diseño de las instalaciones hidrosanitarias antes de la construcción del proyecto puesto que es más costoso implementarlo después. A diferencia de un diseño normal, este diseño agrega una cisterna de agua lluvia abastecida por la red de desagüe pluvial del edificio e incluye una tubería de desagüe por desbordamiento en dicha cisterna en el caso de lluvia intensas. El agua recolectada se distribuye a los muebles sanitarios que no necesitan agua 100% potable y a los grifos de riego. En caso de escasez de lluvia, se administra agua potable a la cisterna por medio de una red de respaldo. La red de desagüe sanitario se une con la red de desagüe pluvial por desbordamiento en una caja de registro. El agua lluvia pasa a través de 4 etapas de limpieza dentro de la cisterna para garantizar su calidad.

Estas dos formas de ahorrar el agua, transforman al proyecto en una edificación sostenible al reducir la demanda de agua potable. De igual manera, se aprovecha el agua lluvia que es un recurso natural y renovable. Por último, se reduce la posibilidad de saturación en las redes de desagüe pluvial, que es lo que provoca inundaciones o aluviones.

Esto se logra efectuar de manera precisa y optima al diseñar las instalaciones hidrosanitarias apoyándose del modelado BIM.

## **1.1 Objetivo general**

Modelar y diseñar las instalaciones hidrosanitarias con sistema de optimización y reutilización del agua perteneciente al proyecto aplicando la metodología BIM y siguiendo los lineamientos de la NEC 11 capítulo 16.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Manejar el programa Revit de manera adecuada y eficiente durante el modelado BIM con el fin de agilizar y facilitar la ejecución de procesos similares en proyectos futuros.
2. Agilizar el proceso de diseño y modelado trabajando de manera conjunta y con buena comunicación con los demás participantes BIM.
3. Establecer estrategias de optimización del consumo de agua a partir de la selección de tecnologías eficientes aplicadas a las instalaciones hidrosanitarias.
4. Diseñar sistemas de reutilización de agua con el objetivo de disminuir la demanda del agua potable y promover un uso más sostenible de este recurso vital.
5. Establecer el impacto económico y ambiental de las mejoras propuestas.
6. Generar recomendaciones y directrices para la implementación de las soluciones propuestas en este estudio para proyectos de construcción futuros.

## **1.3 Alcance**

El alcance de este proyecto abarca el diseño y modelado de las instalaciones hidrosanitarias de 18 torres mediante la implementación de BIM tomando en cuenta la norma ISO 19650 por falta de guía nacional. Para ello, se sigue un proceso de vinculación de la nube personal para trabajar colaborativamente en tiempo real con los participantes BIM estableciendo lineamientos sobre el manejo de la información de modelado conforme a los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) y al Plan de Ejecución BIM (BEP).

De esta manera, se busca una eficiencia de diseño y de construcción, pero también una eficiencia en el líquido vital correspondiente a la optimización del consumo de agua investigando avances tecnológicos en muebles sanitarios que utilizan menos agua potable tomando como referencia a países que destacan por su innovación en sostenibilidad.

En relación con otro aspecto de la eficiencia, se investiga maneras de reutilizar el agua aplicadas en países con prácticas de gestión sostenible del agua para asegurar su efectividad y reducir costos.

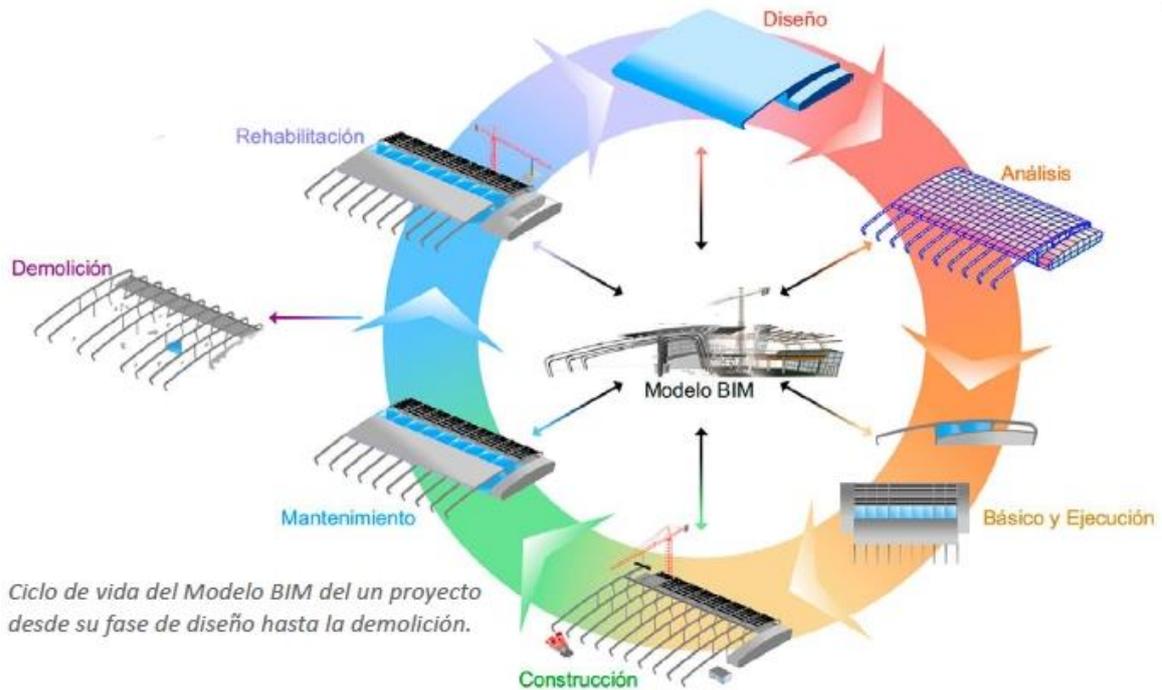
Todo esto se aplica cumpliendo con la normativa nacional para agua potable y desagüe, aplicando los conocimientos y criterios propios adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil, pero sin dejar de lado el apoyo por parte de los mentores institucionales.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Metodología BIM**

#### **1.4.1.1 BIM**

La metodología BIM (Building Information Modeling) involucra la participación y coordinación en conjunto de los profesionales inmiscuidos en el diseño, administración y ejecución de obras de construcción recopilando la información del proyecto a través de un modelo digital centralizado y modelos locales creados en la nube pertenecientes a cada participante. Además, cualquier cambio en el modelo central podrá ser visto por cada persona ahorrando tiempo y evitando costos imprevistos. Esto permite tener un proyecto de mayor calidad con evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D) [1].



**Figura 1.1.** Ciclo de vida del modelo BIM [1]

#### 1.4.1.2 BIM en el Ecuador

En la actualidad, Ecuador no cuenta con una normativa o plan guía para la implementación formal de la metodología BIM, sin embargo, tanto las empresas constructoras como las entidades académicas están apuntando a BIM con iniciativas paulatinas para aprovechar sus beneficios.

A pesar de eso, algunos proyectos realizados en Ecuador pusieron en práctica esta metodología como son: Metro de Quito, Breno Plaza, Conjunto Residencial Montecarlo y Edificio 9 de la UTPL (Universidad Técnica Particular de Loja) [2].

#### 1.4.1.3 ISO 19650

Se considera esta normativa para estandarizar el proceso de modelado y de la documentación BIM, puesto que la serie ISO 19650 es la primera iniciativa que busca establecer estándares internacionales para el modelo BIM y optimizar la colaboración entre las partes interesadas en un proyecto a través de una serie de mejores prácticas orientadas a la eficiencia y efectividad de los procesos constructivos [3].

#### 1.4.1.4 Documentos de gestión del proyecto

Se establece el EIR (Requisitos de Intercambio de Información). Este documento es crucial en el tema de comunicación y entrega de la información a generar durante el proyecto. También, el BEP (Plan de Ejecución de BIM), que se enfoca en la ejecución de la metodología BIM puesto que dictamina los lineamientos con respecto al modelado.

### **1.4.2 Diseño de instalaciones hidrosanitarias**

El diseño de las instalaciones hidrosanitarias se desarrolla en base a lo aprendido en la asignatura de Instalaciones Hidrosanitarias en Edificios en la carrera de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional [4]. El contenido guía es el siguiente:

#### Capítulo 1. Diseño de la red de agua potable

- Introducción y conceptos básicos
- Cálculo de caudales de muebles sanitarios
- Diseño de la cisterna y consideraciones generales
- Diseño de la red, ramificaciones, columnas y distribuidores
- Tanque hidroneumático y consideraciones varias

#### Capítulo 2. Diseño de la red sanitaria

- Consideraciones generales y trazado de la red sanitaria
- Cálculo de caudales y diámetros de bajantes
- Cálculo de colectores y tuberías de ventilación

#### Capítulo 3. Diseño de la red pluvial

- Sumideros y trazado de la red pluvial
- Diseño de columnas para evacuación de agua lluvia
- Diseño de colectores de agua lluvia

Las normativas nacionales que interviene en el diseño de las instalaciones hidrosanitarias son: NEC 11 capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE AGUA, Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q, y Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q.

### **1.4.3 Optimización de consumo de agua**

La optimización de consumo de agua dentro del diseño de las instalaciones hidrosanitarias está relacionada con la eficiencia de los equipos sanitarios y sus accesorios que ahorran agua sin afectar el confort [5].

Albert Soriano Rull [5] se centra en algunos equipos y dispositivos de la red interior de suministro y de evacuación que contribuyen a esta optimización. De los cuales se aborda los siguientes:

#### **1.4.3.1 Filtros reductores de caudal**

Albert Soriano Rull [5] menciona que estos reductores de caudal o aireadores se colocan en el pico de los grifos para que se forme un fluido bifásico (agua y aire) con eficiencia de agua que simula el servicio de consumo normal sin este artefacto.

Según Montse Hidalgo [6], estos dispositivos pueden ahorrar hasta 50% de agua.

#### **1.4.3.2 Cisternas de inodoro**

Albert Soriano Rull [5] detalla dos tipos de sistemas de ahorro de agua en los inodoros: la primera es el inodoro con doble pulsación en la cisterna, el cual se refiere a dos pulsadores, uno más grande que el otro, que se usan para descarga total y descarga media respectivamente; y el segundo corresponde a un solo pulsador de descarga total que se puede interrumpir netamente al pulsar nuevamente durante la descarga inicial.

Según la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) de España [7], se comprueba un ahorro entre 39% y 54% de agua con inodoros de doble pulsador analizados para cisternas de 5, 6 y 7 L.

Además, existen muebles sanitarios que se enfocan en el bajo consumo de agua que se exponen a continuación:

#### **1.4.3.3 Inodoros de alta eficiencia**

En base a lo indicado por la empresa F.V. [8], estos inodoros utilizan 4.8 L de descarga total ahorrando 60% en el caso de descarga simple y 67% para descarga doble (doble pulsación).

#### **1.4.3.4 Duchas eficientes**

Según Luis Martín Martínez [9], los cabezales de ducha con reducción de caudal pueden ahorrar hasta un 50% de agua debido a que la salida está conformada por agujeros diminutos lo cual brinda confortabilidad al usuario.

#### **1.4.4 Reutilización del agua de lluvia**

Albert Soriano Rull [5] explica el funcionamiento general de la recolección y distribución del agua lluvia. El agua pasa por filtros para impedir el paso de sólidos y se recolecta en una cisterna superficial o enterrada mediante canalones y bajantes de la vivienda y se

reconduce a los muebles sanitarios seleccionados con ayuda de una bomba por medio de una red independiente.

De manera particular, GRAF [10] detalla los siguientes aspectos adicionales en su funcionamiento de recogida de agua lluvia para el hogar y el jardín. El proceso de limpieza de agua lluvia consta de 4 etapas. Primera etapa, el agua lluvia pasa por medio de un filtro patentado separando el agua limpia hacia el depósito y las partículas de suciedad hacia el sistema de alcantarillado junto con un poco de agua residual. Segunda etapa, el agua se mantiene clara y fresca mediante una entrada calmada en la base del tanque que permite que las partículas muy finas de suciedad restantes de la primera etapa no se agiten y se oxigene el agua desde el fondo del depósito. Tercera etapa, las partículas de suciedad muy livianas que se elevan a la superficie del agua dentro del tanque, se eliminan en el desbordamiento durante la recolección de agua lluvia a través de un sifón instalado como rebosadero con salida hacia el sistema de alcantarillado o el sistema de infiltración; el rebose debe estar por encima del nivel del agua estancada en el caso de la conexión con el sistema de alcantarillado. Cuarta etapa, se usa un extractor flotante para disponer del agua cercana a la superficie, la cual es de mayor calidad. También, la bomba para la extracción del agua desde el depósito puede ser superficial o sumergible dentro del tanque de recolección con arranque y parada automáticos. Además, el tamaño de la cisterna de agua lluvia se define por las precipitaciones locales, del lugar de captación, y de la demanda de agua lluvia. Por último, se prevé una red de respaldo que abastece a la red de suministro de agua lluvia en caso de que la cisterna se encuentre vacía, y es administrada por un sistema de control que también garantiza una presión constante en la red.

El sistema subterráneo de recolección de agua lluvia es ideal para que las algas y microorganismos no se formen dentro del tanque puesto que no hay luz ni calor, y la temperatura del agua recolectada varía entre 6 y 8 °C. Este sistema puede ser instalado en suelos destinados a soportar cargas peatonales, vehiculares, o de camiones, de acuerdo a la necesidad [11].

Por todo lo anterior, el sistema GRAF cumple con la norma "Sistemas de abastecimiento de agua potable" de 1988 y "Sistemas de drenaje en terrenos privados" de 1986 del Instituto Alemán de Normalización [11].

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Ubicación del proyecto**

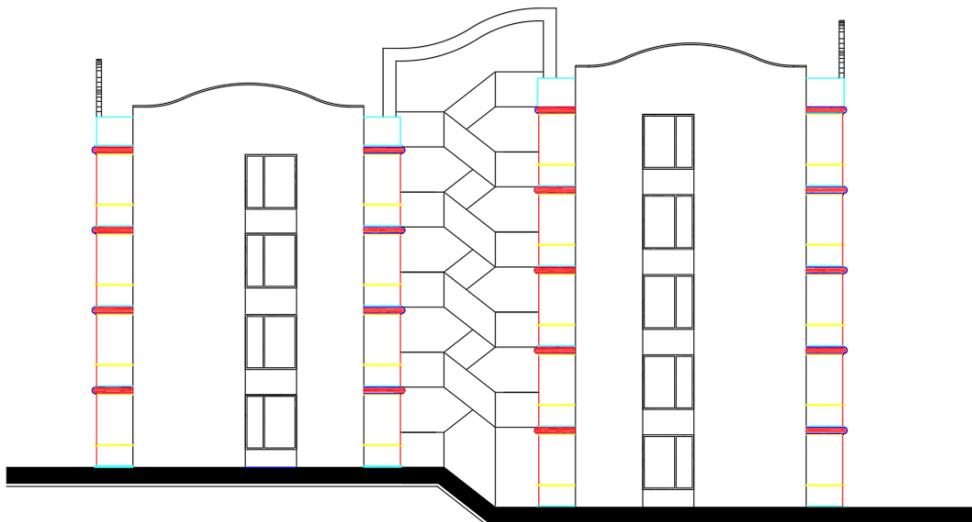
El proyecto de estudio, conjunto habitacional “San Francisco del Norte”, se encuentra ubicado en la parroquia de Carcelén, en la avenida Panamericana Norte 28B, entre las calles C. del Hierro y Los Cóndores (Cerca del Intercambiador de Carcelén). Las coordenadas geográficas del punto de referencia que se muestra en la **Figura 2.1.**, son: latitud: -0.1041500 y longitud: -78.4618942.



**Figura 2.1.** Ubicación del proyecto conjunto habitacional “San Francisco del Norte”

## 2.2 Propuesta arquitectónica

El Conjunto Habitacional “San Francisco del Norte” consta de 18 torres conformadas cada una por dos edificios de 4 y 5 plantas conectados por gradas. En cada planta se tiene 2 departamentos tipo de tres dormitorios. El terreno tiene 7709 m<sup>2</sup> destinados a áreas verdes.



**Figura 2.2.** Vista en elevación de la fachada de una torre

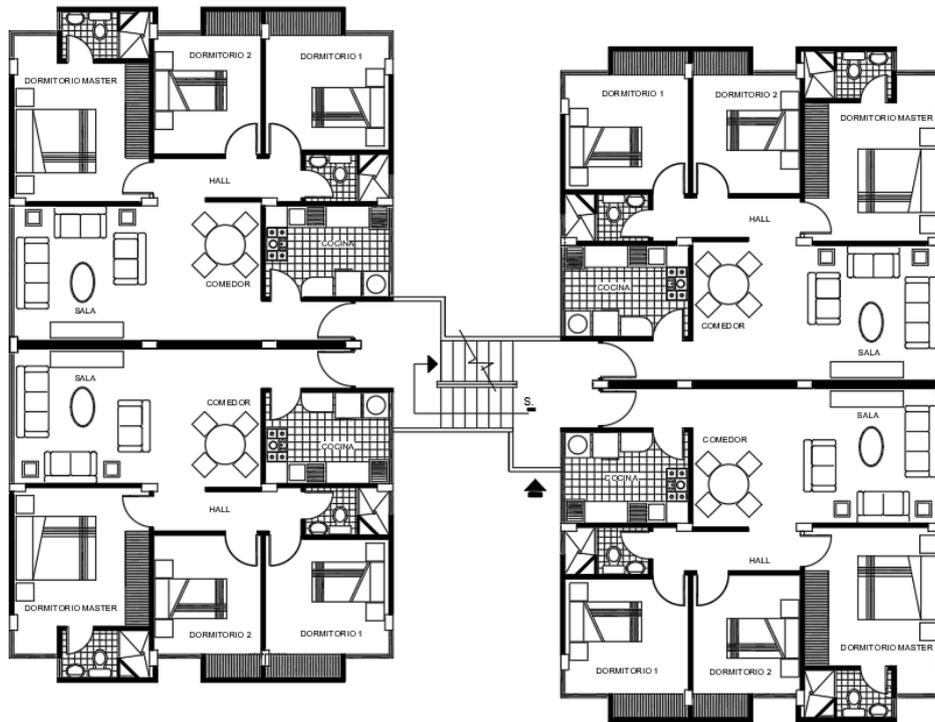


Figura 2.3. Vista general en planta de una torre

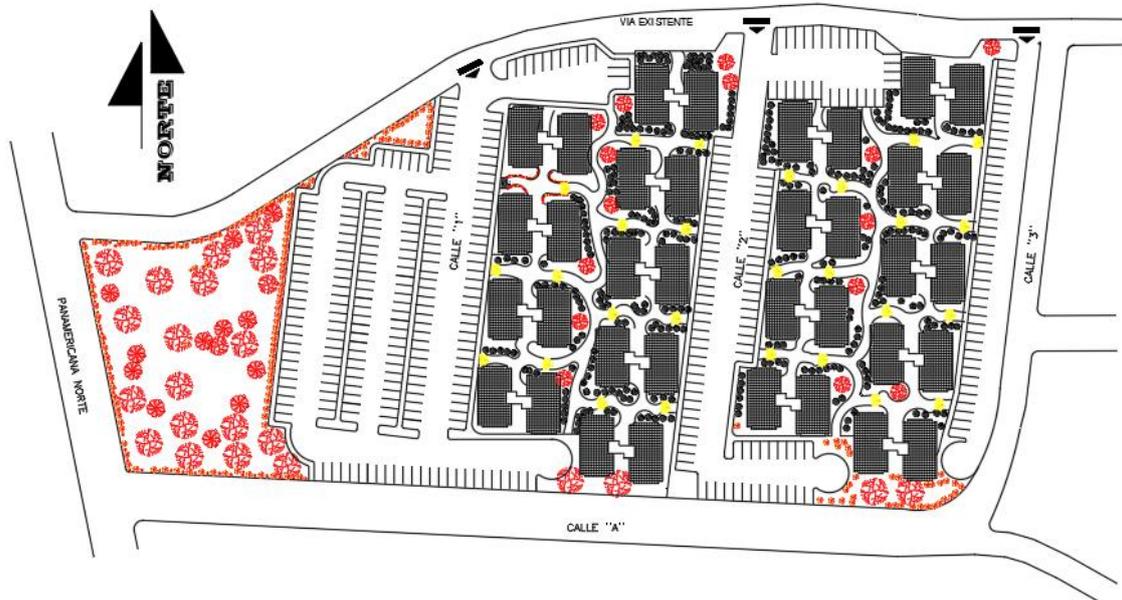


Figura 2.4. Vista en planta del proyecto

## 2.3 Diseño de las Instalaciones Hidrosanitarias

### 2.3.1 Sistema de abastecimiento de agua fría

Evidentemente, el proyecto tiene que albergar una cantidad considerable de personas, lo que se traduce en una alta demanda de agua y de presión. Por consiguiente, la red municipal no puede ofrecer un servicio satisfactorio.

Por lo expuesto, se opta por un sistema de elevación con tanque hidroneumático para el abastecimiento de agua debido a que se considera como el sistema actual más empleado para obtener la presión deseada en la red.

### 2.3.1.1 Volumen de la cisterna y sus dimensiones

Debido a la pendiente del terreno, la ubicación de la cisterna se considera en la parte alta con el fin de que el flujo sea a gravedad, ver **Figura 2.5**.



**Figura 2.5.** Perfil del proyecto

Se estima el número de personas, de guardias y de área de riego dentro del predio tomando en cuenta que para “edificaciones destinadas a viviendas se recomienda 2 personas por dormitorio...” [4], teniendo así 1944 habitantes, 7709 m<sup>2</sup> de área verde y 3 guardias, ver **Tabla 2.1**.

**Tabla 2.1.** Cantidad de personas y área verde

Número de personas por dormitorio	2	hab.
Número de dormitorios por departamento	3	
Número de departamentos tipo por planta	2	
Número de plantas edificio I	5	
Número de plantas edificio II	4	
Número de edificios I	18	
Número de edificios II	18	
<b>Total</b>	<b>1944</b>	<b>hab.</b>
<b>Riego</b>	<b>7709</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

<b>Guardias 3 turnos</b>	<b>3</b>	<b>personas</b>
--------------------------	----------	-----------------

En base a la NEC 11 cap. 16 [12], se usa las dotaciones de uso del agua según el tipo de edificación y se calcula el volumen total de agua, ver **Tabla 2.2.**

**Tabla 2.2.** Volumen total de abastecimiento de agua

Dotación	300	l/hab/día
Habitantes	1944	hab.
<b>Caudal</b>	<b>583200</b>	<b>l/día</b>
Dotación	2	l/hab/día
Riego	7709	hab.
<b>Caudal</b>	<b>15418</b>	<b>l/día</b>
Dotación	80	l/hab/día
Guardias	3	hab.
<b>Caudal</b>	<b>240</b>	<b>l/día</b>
<b>Vol. Total</b>	<b>598.86</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Puesto que se quiere evitar catástrofes con respecto al almacenamiento de grandes volúmenes de agua, se trabaja con dos cisternas. Para ello, se asume una altura de 2.08 m de nivel del agua en la cisterna. Por tanto, el volumen de agua por cisterna es de 299.43 m<sup>3</sup> con 12 m de largo, 12 m de ancho y 2.08 m de alto.

### 2.3.1.2 Medidor

Se estima la pérdida de energía en el medidor ( $h_m$ ) mediante la **Ecuación 2.1.**

$$h_m = 10 * \left( \frac{\text{capacidad real}}{\text{capacidad de diseño}} \right)^2$$

**Ecuación 2.1.** Pérdida de energía en el medidor de agua [4]

Para ello, se asume un tiempo estimado de llenado igual a 12 h en proporción al volumen total obtenido y se tiene un caudal real de 50 m<sup>3</sup>/h. Se prefiere menorar la pérdida de carga en el medidor y se opta por uno de 100 mm de diámetro de conexión con caudal de diseño igual a 90 m<sup>3</sup>/h, mayor a la capacidad real, según la **Tabla 2.3.**

**Tabla 2.3.** Caudal de diseño según el tamaño de medidor [4]

(mm)	15	20	25	40	50	65	100
(m <sup>3</sup> /h)	3	5	7	20	30	40	90

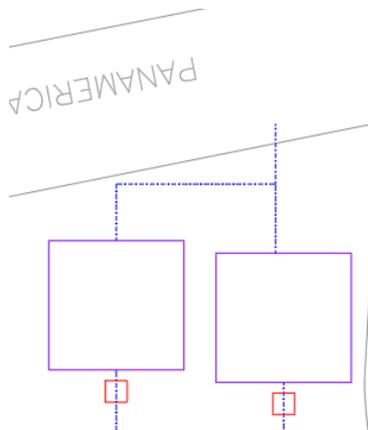
Entonces,

$$h_m = 10 * \left(\frac{50}{90}\right)^2 = 3.1 \text{ m}$$

Por tanto, se obtiene 3.1 m de pérdida.

### 2.3.1.3 Acometida

El trazado de la acometida se muestra en la **Figura 2.6.**



**Figura 2.6.** Acometida para cisternas del proyecto

Se calcula el diámetro de la tubería para abastecer a las 2 cisternas con la **Ecuación 2.2.**

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

**Ecuación 2.2.** Diámetro en función del caudal y la velocidad [4]

Donde:

D= diámetro del tubo, [m]

Q= caudal en el tubo, [m<sup>3</sup>/s]

V= velocidad en el tubo, [m/s]

El caudal total es de 50 m<sup>3</sup>/h, mientras que la velocidad admisible en la acometida es de 1.5 m/s según la NEC 11 cap. 16 [12].

Entonces,

$$D = \sqrt{\frac{4 * 50 / 3600}{\pi * 1.5}} = 0.108 \text{ m}$$

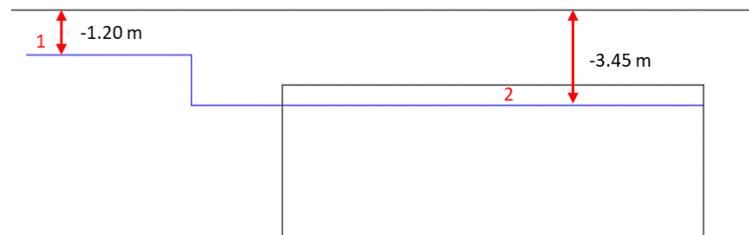
De este modo, se obtiene un diámetro de 108 mm.

El diámetro para la tubería de llegada a cada cisterna se determina de la misma forma, considerando la mitad del caudal total para cada cisterna obteniendo un diámetro interior de 77 mm.

Se escoge la tubería comercial en base al catálogo de Plastigama Wavim [13], por tanto, para los anteriores diámetros se tiene diámetro comercial de 4" y 3", respectivamente, y el material de la tubería se considera de PVC Cédula 40 por su alta resistencia a la presión y su costo accesible.

#### 2.3.1.4 Pérdida de energía entre acometida y cisterna

La ubicación de diseño de las cisternas con respecto al nivel de la acera se muestra en la **Figura 2.7.**



**Figura 2.7.** Vista en elevación de cisternas de agua potable

Se hace uso de la **Ecuación 2.3.**, para calcular la pérdida total entre dos puntos de análisis.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 H_T$$

**Ecuación 2.3.** Ecuación fundamental de la energía en la Hidráulica [4]

Donde:

$Z_{1,2}$ = posición de 1 y 2, [m]

$P_{1,2}$ = presión en 1 y 2, [N/m<sup>2</sup>]

$V_{1,2}$ = velocidad en 1 y 2, [m/s]

$\gamma$ = peso específico del agua, [kg/m<sup>3</sup>]

$\alpha_{1,2}$ = coeficiente Coriolis

$g$ = gravedad, [m/s<sup>2</sup>]

$H_T$ = pérdida de energía entre 1 y 2, [m]

La red municipal de Quito provee 20 m.c.a. de carga de presión [4]. El nivel del agua en la cisterna se considera estática y tiene presión 0.

Entonces,

$$-1.20 + 20 + 1 * \frac{(1.5)^2}{2 * 9.81} = -3.45 + 0 + 0 + \sum_1^2 H_T$$

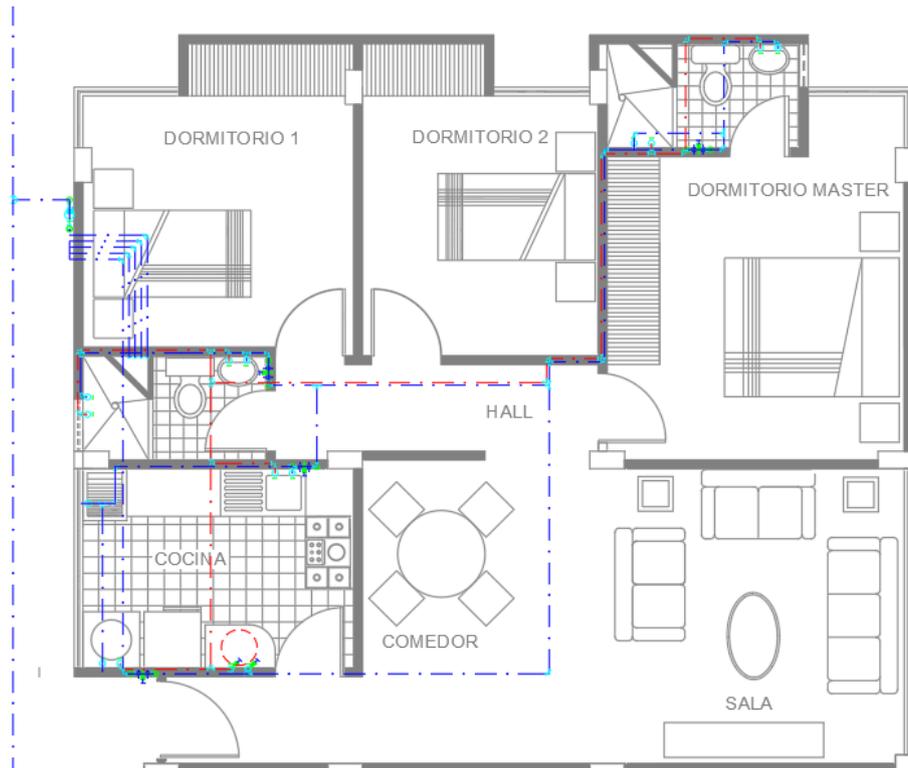
$$\sum_1^2 H_T = 22.36 \text{ m}$$

Por lo cual, las pérdidas totales son de 22.36 m y se descuenta los 3.07 m de pérdida del medidor obteniendo 19.29 m que se pueden perder por fricción y accesorios.

### 2.3.1.5 Red de agua fría

El sistema de agua lluvia está pensado para contar con una fuente de respaldo correspondiente a la red municipal, por lo tanto, el trazado de la red de agua fría abastece a cada edificio y a la red de aprovechamiento de agua lluvia cuando la cisterna de la misma no cuenta con la suficiente cantidad de líquido. Solamente los inodoros y las llaves de riego se separan de los demás aparatos sanitarios dentro de cada departamento puesto que estos se abastecen desde la cisterna de agua lluvia.

Para el trazado de la red dentro del departamento, **Figura 2.8.**, se toma las siguientes consideraciones: “nunca llevar por el piso; preferiblemente por un cielo falso; si no hay esa posibilidad, llevarla por la pared; evitar trazar por dormitorios o salas; deber ir por áreas comunales (corredores); cada instalación debe ser para cada vivienda, nunca compartido” [4].



**Figura 2.8.** Trazado de red de agua fría y caliente para departamento tipo

El proyecto se diseña con 2 sistemas de redes para las 2 cisternas planteadas inicialmente. De modo que, cada red de abastecimiento distribuye a 9 de las 18 torres, ver **Figura 2.9.**



**Figura 2.9.** Trazado de red de agua fría externa para los edificios

Una vez que se tiene el trazado de la red, se divide en tramos y se determina para cada uno el caudal instantáneo mínimo y el caudal máximo probable según la NEC 11 cap. 16 [12]. Se contempla también el caudal necesario para el abastecimiento de agua caliente y

de respaldo de la red de agua lluvia. La velocidad que se asume en las tuberías es de 2 m/s, la cual está entre el rango de 0.6 a 2.5 m/s de la NEC 11 cap. 16 [12], para evitar sedimentación, ruidos o vibraciones. A partir de esto, se calcula el diámetro de las tuberías para seleccionar un diámetro comercial, y consecuentemente, volver a determinar la velocidad correspondiente a este nuevo diámetro. El proceso y resultados se encuentran en el **ANEXO I**. Para las tuberías externas del edificio se considera tubería PVC Cédula 40 el catálogo de Plastigama Wavin [13], mientras que para las tuberías dentro de los departamentos (agua caliente, agua fría y agua lluvia) se usa polipropileno con unión por termofusión del catálogo del mismo proveedor, por su reducción máxima de posibilidad de fugas [14].

### 2.3.1.6 Bomba hidráulica

En este caso, el agua en la cisterna se distribuye a gravedad, pero se tiene que comprobar si se necesita una bomba hidráulica. Para esto, se tiene que comparar la pérdida de energía en las tuberías desde la cisterna hasta el grifo más desfavorable en la red y la pérdida total a partir de la ecuación de la energía entre los mismos puntos.

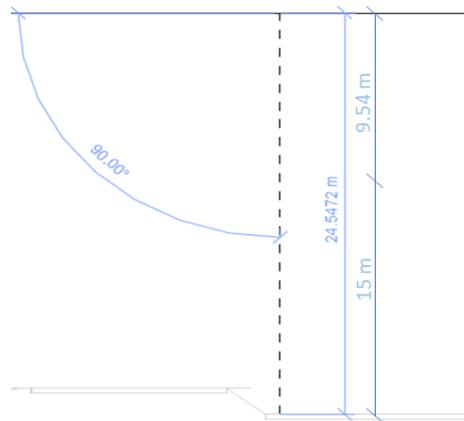
Debido a que los dos sistemas de red de abastecimiento son semejantes, se realiza la verificación de necesidad de bomba con la red que presente mayor distancia entre el grifo más alejado a su respectiva cisterna, ver **Figura 2.10**.



**Figura 2.10.** Trazado de tubería desde cisterna hasta grifo más desfavorable

A continuación, se determina la pérdida de energía total entre la cisterna y el grifo más desfavorable en la red seleccionada mediante la **Ecuación 2.3**.

El eje de referencia para la carga de posición se ubica en el nivel del agua de la cisterna (presión 0 y velocidad 0) de manera arbitraria. El agua a la salida del grifo más desfavorable tiene presión 0 y se ubica a 9.54 m debajo del nivel de referencia, ver **Figura 2.11**.



**Figura 2.11.** Ubicación del grifo más desfavorable respecto al nivel del agua de la cisterna

La velocidad aproximada de salida del agua en el grifo más desfavorable es de 0.04 m/s según **ANEXO I**.

$$0 + 0 + 0 = -9.54 + 0 + 1 * \frac{(0.04)^2}{2 * 9.81} + \sum_1^2 H_T$$

$$\sum_1^2 H_T = 9.53 \text{ m}$$

Por consiguiente, las pérdidas totales son de aproximadamente 9.53 m.

Para las pérdidas en las tuberías se cuantifica la longitud y los accesorios de los tramos correspondiente a cada diámetro. En base a la NEC 11 cap. 16 [12], se determina la longitud equivalente de accesorios, seguidamente, se suma la longitud de cada tramo de tubería con la longitud equivalente correspondiente para calcular la pérdida de energía mediante tablas.

De este modo, la pérdida de energía por fricción y accesorios es de 25.34 m, el cual es mayor que 9.54 m de pérdida total obtenida con la ecuación de la energía, es decir, la red de abastecimiento necesita una bomba hidráulica. En el **ANEXO I**, se muestra a detalle el proceso de cálculo y los resultados.

Por ello, se determina la potencia de la bomba con la **Ecuación 2.4.**

$$P_{HP} = \frac{Q_s * H_D}{76 * \eta}$$

**Ecuación 2.4.** Potencia de bomba [4]

Donde:

$P_{HP}$ = potencia, [HP]

$Q_s$ = caudal máximo simultaneo, [l/s]

$H_D$ = altura dinámica de bombeo, [m]

$\eta$ = rendimiento de la bomba

76= factor de conversión

El caudal máximo simultáneo de la red a la salida de la cisterna es de 8.79 l/s según el **ANEXO I**, se asume un rendimiento del 76% mayor a 75% según [4]. A lo referente a la altura dinámica, se recurre a la **Ecuación 2.5.**

$$H_D = \frac{4}{3} * (h_s + h_f + h_p)$$

**Ecuación 2.5.** Altura dinámica de bombeo [4]

Donde:

$h_s$ = altura geométrica entre el nivel mínimo de la cisterna y el grifo más desfavorable, [m]

$h_f$ = pérdida de carga en la tubería calculada para el caudal máximo simultaneo, [m]

$h_p$ = altura remanente para vencer las pérdidas de carga del aparato sanitario más desventajoso, [m/s]

La pérdida de energía en la red de análisis es de 25.34 m según **ANEXO I**. La altura remanente se toma de 5 m de acuerdo con lo recomendado por [4] y para la altura geométrica se calcula con la **Ecuación 2.6.**

$$h_s = h_i + s$$

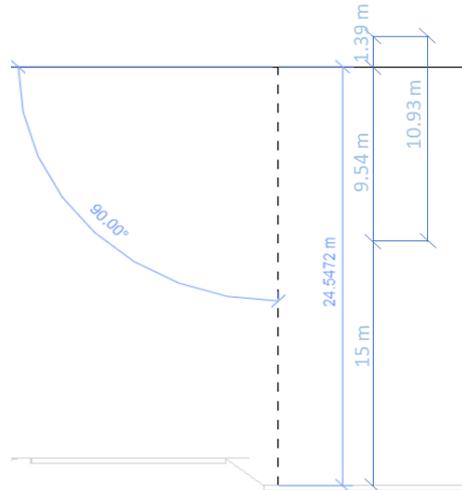
**Ecuación 2.6.** Altura geométrica [4]

Donde:

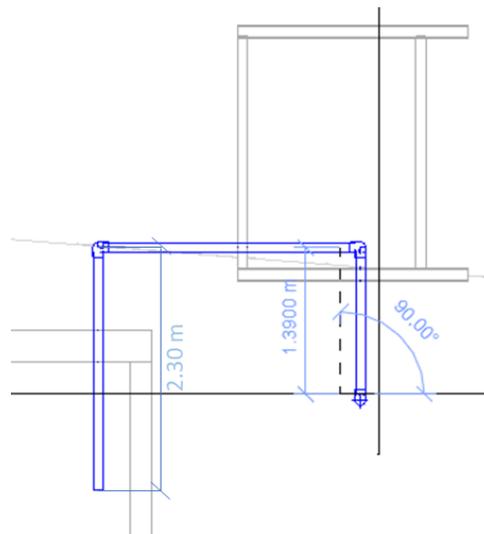
$h_i$ = diferencia de nivel entre el grifo más desventajoso y el eje de rotor de la bomba, [m]

$s$ = altura de succión, altura entre el eje de la bomba y el nivel mínimo de bombeo, [m]

La variable  $h_i$  es de -10.93 m, **Figura 2.12.**, y la altura de succión es de 2.30 m, **Figura 2.13.**, de acuerdo con la ubicación propuesta de la cisterna, de los edificios y del cuarto de máquinas.



**Figura 2.12.** Altura de succión de la bomba



**Figura 2.13.** Distancia entre el eje de la bomba y el grifo más desfavorable

Entonces,

$$h_s = -10.93 + 2.30 = -8.63 \text{ m}$$

Debido a esto, la altura geométrica es igual a -8.63 m.

$$H_D = \frac{4}{3} * (-8.63 + 25.34 + 5) = 28.95 \text{ m}$$

Lo cual conduce a tener una altura dinámica de 28.95 m.

$$P_{HP} = \frac{8.79 * 28.95}{76 * 0.76} = 4.41 \text{ HP}$$

Y como resultado una potencia de la bomba equivalente a 4.41 HP.

Es necesario verificar que la altura neta positiva de aspiración disponible en el sistema sea mayor al de la bomba seleccionada para evitar problemas de cavitación [12]. Para esto se establece la **Ecuación 2.7**.

$$NPSHd = \frac{10 * P_a}{\gamma} - H_a - P_{ca} - \frac{10 * P_v}{\gamma}$$

**Ecuación 2.7.** NPSH disponible [12]

Donde:

NPSHd= altura neta positiva de aspiración disponible, [m]

P<sub>a</sub>= presión atmosférica en el depósito de aspiración, [kg/cm<sup>2</sup>]

H<sub>a</sub>= altura geométrica de aspiración, [m]

P<sub>ca</sub>= pérdida de carga originada en la aspiración, [m]

P<sub>v</sub>= presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, [kg/cm<sup>2</sup>]

γ= peso específico del líquido, [kg/dm<sup>3</sup>]

La presión atmosférica es de 0.739 kg/cm<sup>2</sup>, obtenido de una interpolación de la **Tabla 2.4.**, para una altitud de 2724.83 m.s.n.m. correspondiente a al nivel del agua en la cisterna, ver **Figura 2.14**.

**Tabla 2.4.** Presión atmosférica del agua según la altitud [4]

Presión Atmosférica			
MSMN	Pa(kg/cm2)	MSMN	Pa(kg/cm2)
-400	1.002	3000	0.714
-200	1.057	3200	0.695
0	1.033	3400	0.677
200	1.009	3600	0.659
400	0.985	3800	0.642
600	0.962	4000	0.626
800	0.939	4200	0.609
1000	0.917	4400	0.593
1200	0.894	4600	0.578
1400	0.873	4800	0.563
1600	0.851	5000	0.548
1800	0.831	5200	0.533
2000	0.81	5400	0.519
2200	0.779	5600	0.506
2400	0.77	5800	0.492
2600	0.751	6000	0.48
2800	0.732		



**Figura 2.14.** Altitud del nivel del agua en la cisterna

La altura geométrica de aspiración mencionada con anterioridad es de 2.30 m. La pérdida de energía por succión se calcula de igual manera que las pérdidas en las tuberías, lo cual resulta en 1.38 m, ver **ANEXO II**. La presión de vapor es de 0.0174 kg/cm<sup>2</sup> y la densidad relativa es de 0.9989 kg/dm<sup>3</sup> asociado a 15 °C en base a la **Tabla 2.5.**, puesto que la temperatura del agua en la red de Quito varía entre 14 y 16 °C según [15].

**Tabla 2.5.** Presión de vapor según la temperatura [4]

**Presión de vapor**

TEMPERATURA	PRESION DE VAPOR	DENSIDAD RELATIVA
(Grados cent.)	(Kg/cm2)	
0	0.0062	0.9999
5	0.0089	1
10	0.0125	0.9997
15	0.0174	-----
20	0.0238	0.9982
25	0.0323	-----
30	0.0445	0.9956
35	0.0573	-----
40	0.0752	0.9946
45	0.1001	-----
50	0.125	0.9876
55	0.1605	-----

$$NPSHd = \frac{10 * 0.739}{0.9989} - 2.3 - 1.38 - \frac{10 * 0.0174}{0.9989} = 3.54 \text{ m}$$

De modo que el NPSHd resulta de 3.54 m.

Para seleccionar una bomba comercial y conocer si sus prestaciones cumplen los requerimientos de potencia y NPSH calculados se selecciona una bomba a partir de las curvas del catálogo de Pedrollo [16], como se muestra en el **ANEXO II**.

De esto se tiene que el NPSH de la bomba es 1.8 m y es menor al NPSHd, por tanto, no se presentan problemas de cavitación durante el bombeo.

### 2.3.1.7 Tanque hidroneumático

Con la finalidad de mantener constante la presión en la red y ofrecer un servicio satisfactorio se propone el uso de un tanque hidroneumático. Para ello, se tiene que definir el volumen del tanque mediante la **Ecuación 2.8**.

$$W_{thn} = \frac{19 * R_{aire} * Q_b * (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} * N_{ciclos} * (P_{OFF} - P_{ON})}$$

**Ecuación 2.8.** Volumen del tanque hidroneumático [12]

Donde:

$W_{thn}$ = volumen tanque hidroneumático, [l]

$Q_b$ = caudal de bombeo medio, [l/min]

$N_{bombas}$ = número de bombas en funcionamiento (no la de reserva)

$N_{ciclos}$ = número de ciclos por hora

$P_{ON}$ = presión de encendido o arranque, [m.c.a.]

$P_{OFF}$ = presión de apagado o paro, [m.c.a.]

$R_{aire}$ = coeficiente que relaciona el tipo de renovación de aire

El caudal de bombeo medio se determina de acuerdo a la **Ecuación 2.9**.

$$Q_b = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

**Ecuación 2.9.** Caudal de bombeo medio [4]

Donde:

$Q_1$ = caudal de partida de la bomba, [l/s]

$Q_2$ = caudal de parada de la bomba, [l/s]

El termino  $Q_1$  concuerda con el mayor caudal máximo probable a la salida de la cisterna, el cual es igual a 0.008 m<sup>3</sup>/s y equivale a 8.79 l/s, mientras que  $Q_2$  es 2.20 l/s, correspondiente al 25% de  $Q_1$  conforme a [4].

$$Q_b = \frac{8.79 + 2.20}{2} = 5.49 \frac{l}{s}$$

De manera que,  $Q_b$  es 5.49 l/s equivalente a 329.80 l/min.

La presión de conexión resulta ser la altura dinámica igual a 28.95 m.c.a. y para la presión de desconexión se suma a esta última 15 m.c.a según [4]. dando como resultado 43.95 m.c.a.

Los números de ciclos por hora se selecciona de acuerdo con la **Tabla 2.6.**

**Tabla 2.6.** Ciclos por hora de encendido y apagado motor-bomba [12]

Potencia (HP)	Máximo número de Ciclos / hora	Tiempo mínimo (minutos)
Hasta 10.0	20	3
De 10.0 a 20.0	15	4
De 20.0 a 30.0	12	5
De 30.0 a 50.0	10	6
Desde 50.0	6	10

El número máximo de ciclos por hora es de 20, ya que la potencia de la bomba comercial seleccionada es menor a 10 HP. En este caso, se maneja una sola bomba en funcionamiento. La renovación de aire del tanque es mediante un compresor automático teniendo en cuenta la amplitud de la red, por lo cual,  $R_{aire}$  es igual a 1.5 de acuerdo a [12].

$$W_{thm} = \frac{19 * 1 * 329.8 * (45.37 + 10.33)}{1 * 20 * (45.37 - 30.37)} = 1133.70 \text{ l}$$

Consecuentemente, el volumen del tanque hidroneumático es de 1133.70 l, lo cual es equivalente a 299.92 gal. Comercialmente, se selecciona un tanque de 1500 l del catálogo de pedrollo [17].

En base a la **Tabla 2.7.**, el periodo de bombeo es de 2 min correspondiente a la potencia de la bomba de 6 HP.

**Tabla 2.7.** Periodo de bombeo T [4]

Hp	1 a 3	3 a 5	5 a 7.5	7.5 a 15.0	15.0 a 30.0	> 30.0
T	1.2	1.5	2.0	3.0	4.9	6.0

## 2.3.2 Sistema de agua caliente

### 2.3.2.1 Red de agua caliente

Se opta por el uso de termotanque eléctrico como sistema individual de agua caliente debido a que la propuesta arquitectónica de distribución de espacios no considera ninguna posibilidad de un sistema central cercano para abastecer a los edificios, sin que genere grandes pérdidas de energía calórica en la distribución. Además, este sistema es el

adecuado para el proyecto de conjunto residencial puesto que evita conflictos con respecto a los cobros de tarifas de agua y luz empleadas en la producción de agua caliente.

El trazado de la red de agua caliente cumple con las mismas consideraciones para la red de agua fría y comienza desde la salida del termotanque eléctrico hasta los aparatos sanitarios que deban ser abastecidos, ver **Figura 2.8**.

El proceso de cálculo de la red de agua caliente es la misma que la de agua fría y está incluida en el **ANEXO I**.

### 2.3.2.2 Termotanque eléctrico

En cada departamento se considera un total de 6 personas con consumo diario de 50 L/p/d obteniendo 300 L/d de consumo diario por departamento. El tamaño del tanque por departamento corresponde a un quinto del consumo diario determinado, por consiguiente, es de 60 L. Todo esto mediante la **Tabla 2.8.**, según la NEC 11 cap. 16 [12].

**Tabla 2.8.** Consumo de agua caliente según el tipo de edificio [12]

**Consumo de agua caliente según el tipo de edificio.**

TIPO DE EDIFICIO	AGUA NECESARIA 60°	CONSUMO DE HORAS PICO	DURACIÓN DEL PICO	CAP. RESERVA CONSUMO DIARIO	CAP HORAR. CALIENTE Vs USO DIARIO
Residencias	50 L/p/d	1 / 7	4	1 / 5	1 / 7
Departamentos					
Hoteles					
Oficinas	2.5 L/p/d	1 / 5	2	1 / 5	1 / 6
Fabricas	6.3 L/p/d	1 / 3	1	2 / 5	1 / 8
Restaurantes					
3 era clase	1.9 L/comida				
2da clase	3.2 L/comida				
1era clase	5.6 L/comida			1 / 10	1 / 10
Restaurantes					
3 comidas/ d		1 / 10	8	1 / 5	1 / 10
Restaurantes					
1 comida / d		1 / 5	2	2 / 5	1 / 6

**Fuente: Nec 11 capítulo 16**

Comercialmente, se escoge un termotanque de 20 gal, el cual es mayor a la capacidad mínima calculada, ver **Figura 2.15**.



Figura 2.15. Calentador de agua eléctrico [18]

### 2.3.3 Sistema de agua lluvia

#### 2.3.3.1 Recolección vs demanda

Primero, hay que determinar el volumen necesario que debe tener la cisterna de agua lluvia.

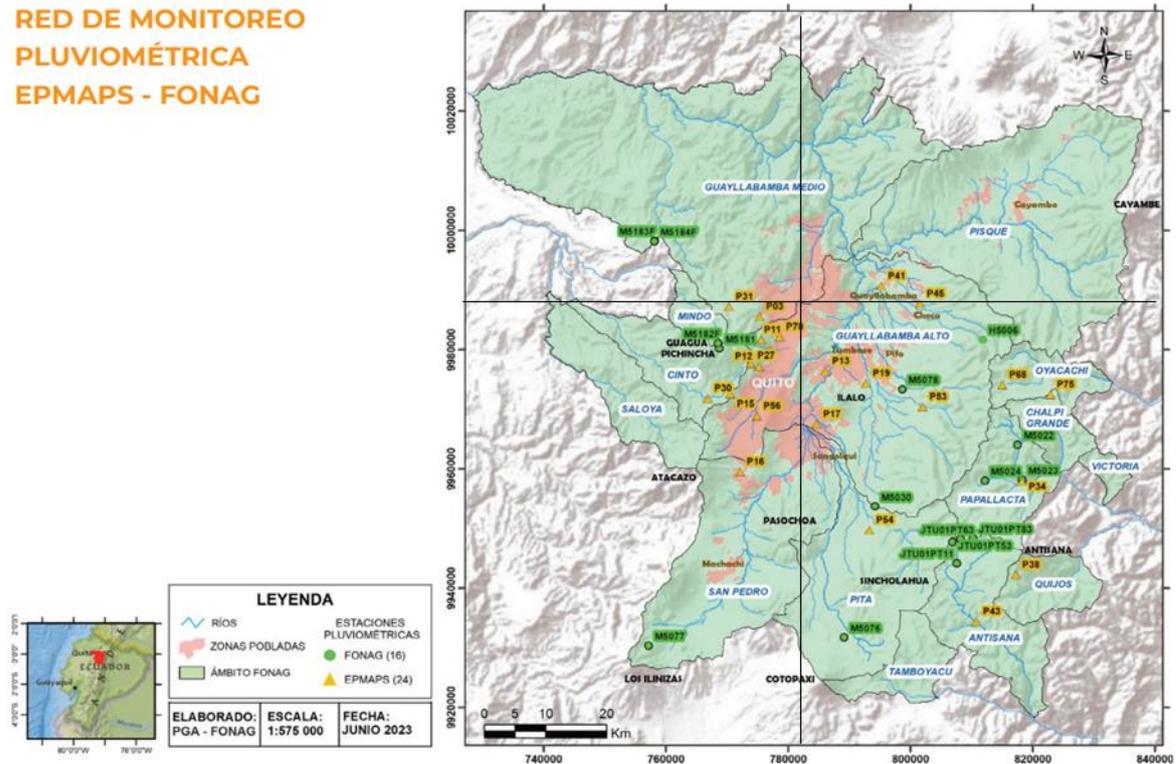
Se establece la demanda de agua lluvia por día según [19] como se muestra en **Tabla 2.9.**, pero aplicando la optimización de consumo de agua referente a la cisterna de los inodoros [8].

**Tabla 2.9.** Demanda de agua lluvia por día con optimización de consumo de agua

Inodoro interior (doble descarga)	5	l/descarga
Número de habitantes	108	personas
Frecuencia de descarga	5	veces/día
<b>Uso promedio del inodoro por día</b>	<b>2700</b>	<b>l/día</b>
Rociador o manguera	20	l/min
Jardinería	10	min/día
<b>Uso promedio de jardinería</b>	<b>200</b>	<b>l/día</b>
<b>Uso total por día</b>	<b>2900</b>	<b>l/día</b>

Según el Anuario Hidrometeorológico 2022 de la EPMAPS [20], la precipitación media anual y la precipitación máxima en 24 h se determina por medio de los datos de la estación pluviométrica P70 CC El Bosque, **Figura 2.17.**, la cual es la más cercana a la zona del proyecto, ver **Figura 2.16.**

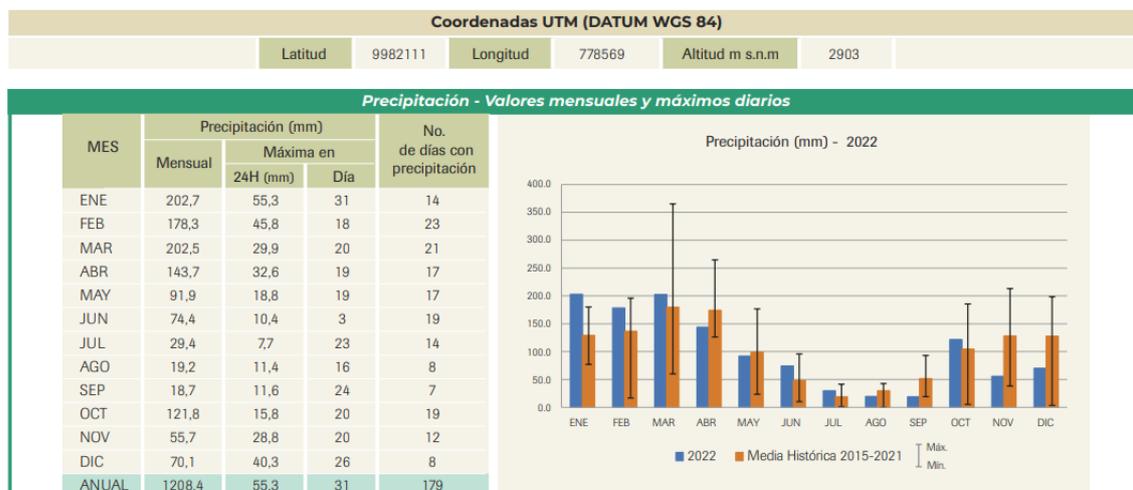
**RED DE MONITOREO  
PLUVIOMÉTRICA  
EPMAPS - FONAG**



**Figura 2.16.** Mapa de estaciones de la red integrada de monitoreo EPMAPS-FONAG [20]

**P70 CC EL BOSQUE**

**2022**



**Figura 2.17.** Estación pluviométrica P70 CC El Bosque [20]

En base a [19], se calcula el agua lluvia que puede ser recolectada anualmente, ver **Tabla 2.10.**, y en un día muy lluvioso, **Tabla 2.11.** La eficiencia de recolección se asume de 96% porque se considera pérdidas por evaporación.

**Tabla 2.10.** Recolección de agua lluvia estimada anualmente

Área del techo	336.48	m <sup>2</sup>
Luvia media anual	1235	mm
Eficiencia de recolección	95	%
<b>Agua que puede ser recolectada</b>	<b>398.93</b>	<b>m<sup>3</sup>/año</b>

**Tabla 2.11.** Recolección de agua lluvia estimada en un día de lluvia intenso

Área del techo	336.48	m <sup>2</sup>
Luvia máxima en 24 h	55.3	mm
Eficiencia de recolección	96	%
<b>Agua que puede ser recolectada</b>	<b>17.86</b>	<b>m<sup>3</sup>/día</b>

Se considera también la lluvia máxima en 24 h del mes de enero del año 2022 para estimar el tamaño del tanque de la cisterna de agua lluvia con la finalidad de recolectar la mayor cantidad de la misma y reducir en lo mínimo el volumen de agua a perder correspondiente al drenaje por desbordamiento.

De lo anterior, se evidencia que la cantidad de agua potable que se ahorra anualmente con la reutilización del agua lluvia representa 37.69 %.

### 2.3.3.2 Cisterna de agua lluvia

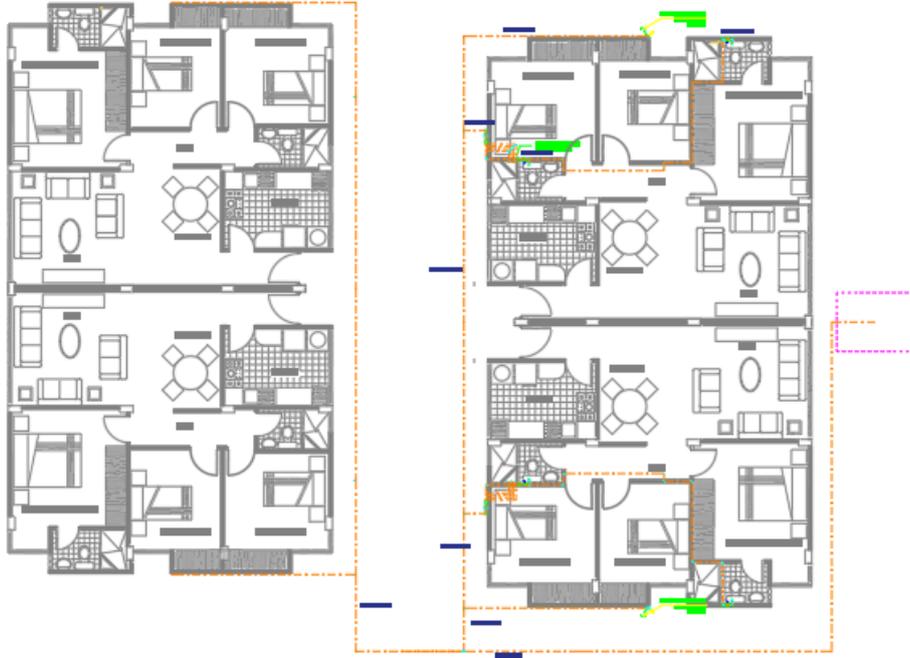
De la **Tabla 2.12.**, se selecciona un tanque de 4800 l con el fin de almacenar agua lluvia para más de un día y medio de acuerdo con la demanda.

**Tabla 2.12.** Tanque tipo Carat S para el hogar y el jardín [11]

Volumen [l]	Longitud [mm]	Ancho [mm]	Altura [mm]	Peso [kg]
3750	2280	1755	2200	150
4800	2280	1985	2430	185
6500	2390	2190	2710	220
8500	3500	2040	2695	380
10000	3520	2240	2895	455

### 2.3.3.3 Red de agua lluvia

El trazado de la red conecta los inodoros y los grifos de riego de ambos edificios que conforman una torre a una cisterna de agua lluvia, ver **Figura 2.18**.



**Figura 2.18.** Trazado de red de agua lluvia

El proceso de cálculo de los diámetros de cada tramo de tubería y las pérdidas desde la cisterna de agua lluvia hasta el punto más crítico de la red es el mismo explicado inicialmente, por lo cual, en el **ANEXO III.**, se muestra los resultados.

### 2.3.3.4 Bomba sumergible

Los parámetros a determinar para seleccionar la bomba sumergible de la cisterna se obtienen siguiendo el mismo proceso de cálculo detallado anteriormente tomando en cuenta que no se calcula el NPSHd para este tipo de bombas. En el **ANEXO IV.**, se presentan los resultados conseguidos.

De acuerdo con lo anterior, se selecciona a partir del catálogo de productos de GRAF [21] la bomba sumergible que cumple con las características requeridas, ver **Figura 2.19**.



### Integra INOX

- Automatic submersible pump with integrated pressure and flow monitor
- Pump switches on and off automatically
- Tried and tested pump technology of brand quality
- Very low running noise
- Made of high quality, corrosion free materials
- Incl 10 m (32' 10") cable and floating water extraction unit
- Also suitable as suction pump
- Integrated dry running protection

Order no. 354018

**Q** **WEBCODE** G3205

Performance characteristics	Integra INOX
Motor rating	1,1 kW
Max delivery height	40 m (131' 2.8")
Max operating pressure	4,0 bar
Max. flow rate	3,000 l/h (800 US gal./l)
Max suction height (m)	8 m (26' 3.0")
Max suction length (m)	12 m (39' 4")
Max submersion depth (m)	5 m (16' 5")
Pump connection, intake side	G1" IT
Pump connection, delivery side	G1 ¼" IT

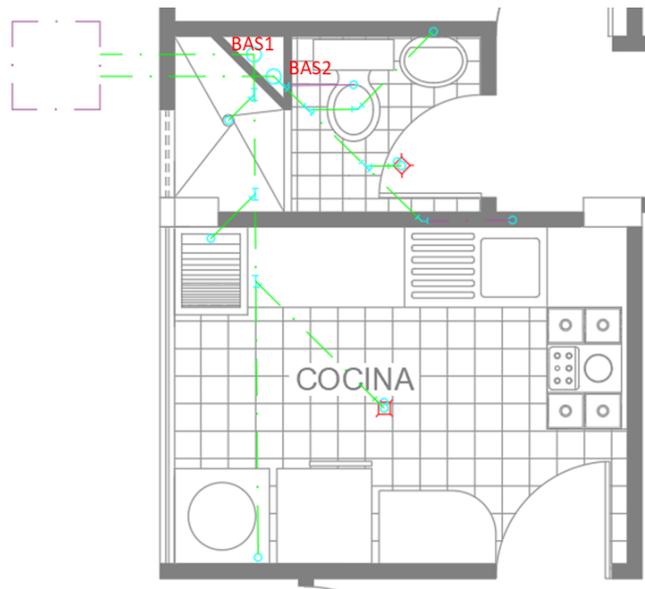
**Figura 2.19.** Bomba sumergible Integra INOX para tanque cisterna de agua lluvia [21]

## 2.3.4 Sistema de desagüe sanitario

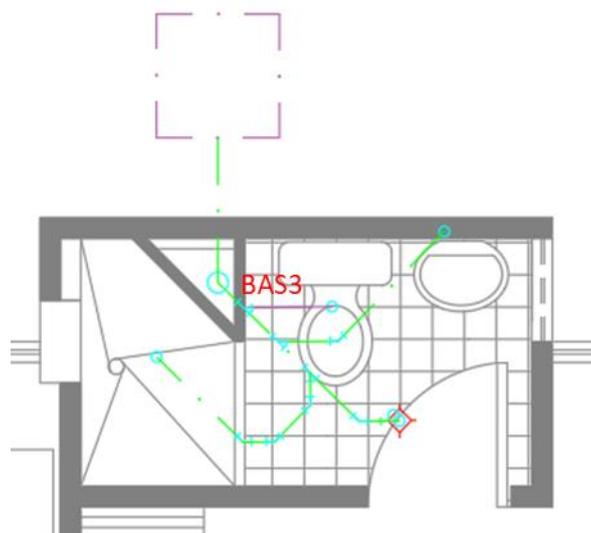
### 2.3.4.1 Red de desagüe sanitario

Se considera tres trazados de red dentro de cada departamento para evitar que los colectores de llegada a las cajas de registro no sean mayores a 4", además, algunos muebles sanitarios se encuentran alejados de los demás. La primera red de desagüe está constituida por una ducha, un fregadero de ropa y una lavadora. La segunda red está conformada por un lavabo, un inodoro y un fregadero de cocina. Le tercera red comprende una ducha, un inodoro y un lavabo, ver **Figura 2.20.** y **Figura 2.21.**

Se aplica las siguientes recomendaciones para el trazado [4]: las columnas de desagüe deben ir por paredes o ductos; se debe evitar que las columnas de desagüe estén embebidas en los elementos estructurales; la conexión entre el ramal de piso y la columna se hará a 45 grados en sentido vertical; las columnas tendrán un diámetro constante; para el cálculo, se suman todos los aportes de los tramos (ramales de piso) luego , se define el diámetro en función del número total de unidades de descarga.



**Figura 2.20.** Trazado de la red sanitaria en cocina y en primer baño



**Figura 2.21.** Trazado de la red sanitaria en segundo baño

Se aplica los siguientes criterios de diseño [4]: los ramales de los inodoros son de 4" y para los demás muebles sanitarios son de 2"; las uniones entre tuberías en planta deben ejecutarse a 45°; nunca pasar tuberías por juntas de construcción, vigas o columnas; todos

los muebles sanitarios sin excepción, incluyendo sumideros de piso deben poseer un sifón; para la recolección de aguas servidas se lo hará mediante el sistema de alcantarillado sanitario y para la recolección exclusiva de agua lluvias se lo hará mediante el sistema pluvial, combinándose al nivel de la planta baja. La pendiente para tuberías en planta es de 1%, cumpliendo con la pendiente mínima de 0.5% para tuberías de PVC [4].

También, se toma en cuenta las siguientes recomendaciones [4]: las columnas de desagüe deben ir por paredes o ductos; se debe evitar que las columnas de desagüe estén embebidas en los elementos estructurales; las columnas tendrán un diámetro constante.

Después, se contabiliza los muebles sanitarios en cada piso de cada red, **ANEXO V.**, para calcular el total de unidades de descarga por bajante en base a la **Tabla 2.13.** y la **Tabla 2.14.** Cada unidad de desagüe es igual a 28 l/min [4].

**Tabla 2.13.** Unidades de desagüe y diámetro mínimo para muebles sanitarios [4]

CLASE DE APARATO	CATEGORÍA	DIÁMETRO MÍNIMO (SIFÓN Y DESAGÜE mm)	Unidades
Lavabo	1	35	1
Lavabo	2,3	35	2
Retrete	1	80	4
Retrete	2	80	5
Retrete	3	80	6
Ducha	1	40	2
Ducha	2,3	50	3
Fregadero de cocina	1	40	3
Cuarto de baño completo (Lavabo, inodoro, bañera y bide)	1	80	7

**Tabla 2.14.** Diámetro y unidades de descarga para aparatos sanitarios [4]

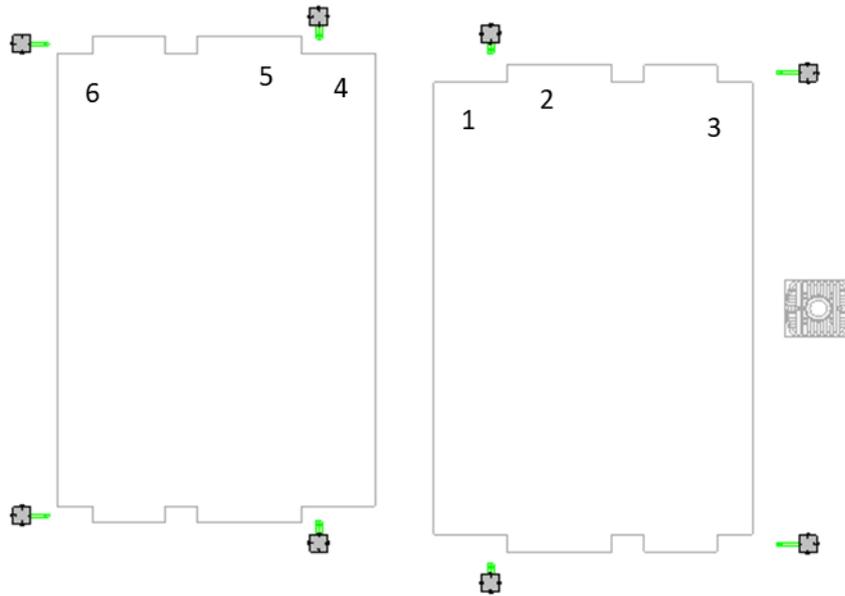
Aparato	Diámetro en pulgadas	Unidades de descarga
Bañera o tina	1 1/2 - 2	2 - 3
Bidé	1 1/2	2
Ducha privada	3"	2
Ducha pública	3	4
Fregaderos	1 1/2	2
Inodoro	3 - 4	1 - 3
Inodoro fluxómetro	4	6
Lavaplatos	2	2
Lavadora	2	2
Lavaplatos con triturador	2	3
Fuente de agua potable	1	1-2
Lavamanos	1 1/2 - 2 1/2	1 - 2
Orinal	1 1/2	2
Orinal fluxómetro	3	10
Orinal de pared	2	5
Baño completo	4	3
Baño con fluxómetro	4	6

El diámetro de cada bajante se determina en función de la **Tabla 2.15**.

**Tabla 2.15.** Diámetro de bajante según unidades de desagüe [4]

Bajante		Más de 3 pisos	
$\phi$	Hasta 3 pisos	Total por bajante	Total por piso
3	30	60	16
4	240	500	90
6	960	1900	350
8	2200	3600	600
10	3800	5600	1000
12	6000	8400	1500

A continuación, la **Figura 2.22** muestra la ubicación en planta de las cajas de registro sanitario con sus colectores.



**Figura 2.22.** Colectores y cajas de registro de la red de desagüe sanitario

Se define el caudal de cada bajante, la velocidad y la longitud terminal con la **Ecuación 2.10.** y **Ecuación 2.11.**

$$V_t = 2.76 * \left(\frac{q}{d}\right)^{0.4}$$

**Ecuación 2.10.** Velocidad terminal [4]

Donde:

$V_t$ = velocidad, [m/s]

$q$ = caudal, [l/s]

$d$ = diametro de la bajante, [in]

$$L_t = 0.17 * V_t^2$$

**Ecuación 2.11.** Longitud terminal [4]

Donde:

$L_t$ = longitud terminal desde el punto de entrega, [m]

De lo anterior, se obtiene la longitud mínima de cada colector correspondiente a cada red de desagüe expuesta en el **ANEXO V.**

Mediante el software H-CANALES 3.1, se define el diámetro y la pendiente de la tubería de los colectores asegurando que no exista velocidades no permitidas, ni tampoco

fluctuaciones de presión por trabajar a tubo lleno. Los resultados se exponen en el **ANEXO V**.

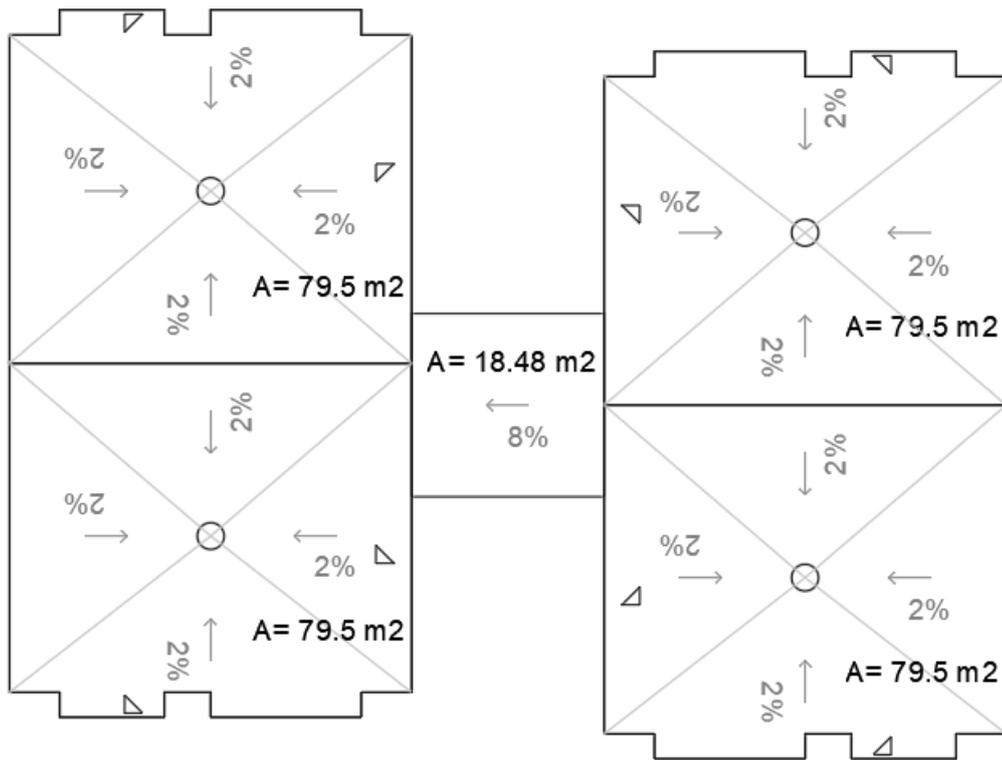
Los colectores desembocan en cajas de registro de 60 cm x 60 cm para cualquier mantenimiento o revisión.

### **2.3.5 Sistema de desagüe pluvial**

#### **2.3.5.1 Red de desagüe pluvial**

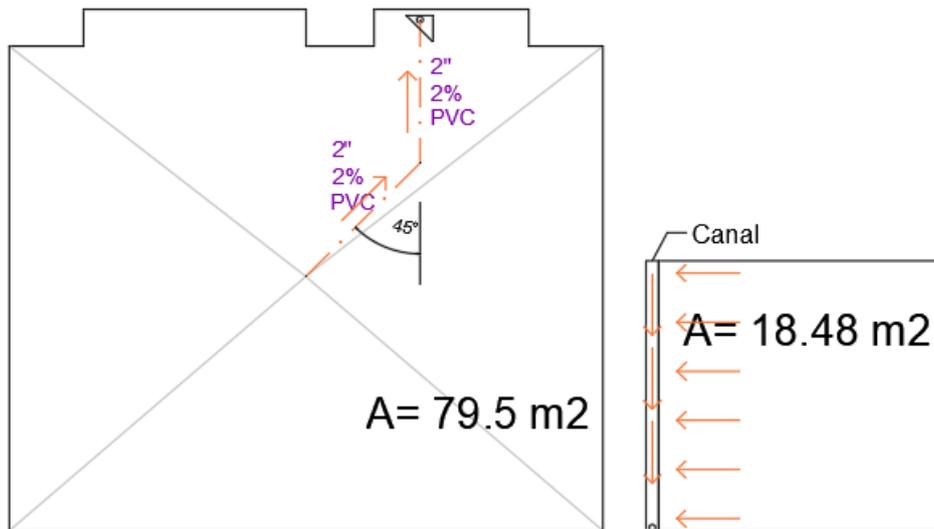
Para el diseño de la red se toma en cuenta los siguientes criterios [4]: debe funcionar separado de la red sanitaria, no se permite combinar las aguas dentro de la edificación; se debe diseñar y construir los colectores separadamente hasta la caja de inspección; los bajantes de aguas lluvias en sistemas combinados debe llevar en su base sifón o sello de agua que impida el ingreso de malos olores del colector a la edificación; procurar que las bajantes de agua sean diseñadas para que el caudal ocupe un área equivalente a 1/3 del tubo y nunca a tubería completamente llena; los bajantes no deben quedar a distancias mayores de 20 m una de otra para evitar rellenos exagerados en las terrazas ya que la pendiente necesaria en estas, hacia el sumidero es del 2% y como mínimo 1.5%.

Se considera la siguiente distribución de rejillas para la red de desagüe pluvial, **Figura 2.23.**, de esta manera, se cumple con el área máxima de 150 m<sup>2</sup> por sumidero y con la pendiente mínima según [4].



**Figura 2.23.** Distribución de rejillas y pendientes para desagüe pluvial

Más adelante, se muestra el trazado de la red para cada una de las áreas anteriores, **Figura 2.24.**



**Figura 2.24.** Trazado tipo de la red de desagüe pluvial

El ramal es de 2" con una pendiente de 2% puesto que la terraza va a tener un uso medio y se cumple con la pendiente mínima [4].

Para determinar el diámetro de la bajante se calcula la intensidad de lluvia en la zona a partir de la ecuación de la estación más cercana, la cual corresponde a IÑAQUITO-INAMHI, ver **Tabla 2.16.**, especificada en las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q [22].

**Tabla 2.16.** Ecuaciones I-D-F de intensidades máximas para estaciones pluviométricas de Quito [22]

Estación	Latitud Sud	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m (m)	Ecuación I-D-F
IZOBAMBA	0°21'45"	78°33'11"	3.058	$I = \{74,7140 * T^{0,0888} * [\ln(t+3)]^{3,8202} * (\ln T)^{0,1892}\} / t^{1,6079}$
QUITO - OBSERVAT	0°12'40"	78°30'00"	2.820	$I = \{48,6570 * T^{0,0896} * [\ln(t+3)]^{5,2340} * (\ln T)^{0,2138}\} / t^{1,9654}$
IÑAQUITO - INAMHI	0°10'00"	78°29'00"	2.789	$I = \{76,8002 * T^{0,0818} * [\ln(t+3)]^{3,7343} * (\ln T)^{0,2784}\} / t^{1,5847}$
DAC - AEROPUERTO	0°08'24"	78°29'06"	2.794	$I = \{55,6656 * T^{0,0922} * [\ln(t+3)]^{4,1647} * (\ln T)^{0,0985}\} / t^{1,6567}$
LA CHORRERA	0°12'06"	78°32'06"	3.165	$I = \{44,2595 * T^{0,0973} * [\ln(t+3)]^{4,4013} * (\ln T)^{0,0317}\} / t^{1,6591}$
LA TOLA	0°13'46"	78°22'00"	2.480	$I = \{39,9 * T^{0,09} * [\ln(t+3)]^{5,38} * (\ln T)^{0,11}\} / t^{1,93}$

Según la norma de alcantarillado [22], la duración es 10 min y la frecuencia 5 años para el proyecto, como resultado se obtiene una intensidad de 87.699 mm/h, lo cual es menor al mínimo de 100 mm/h para el diseño de un edificio de acuerdo a [4]. Por lo tanto, se trabaja con la intensidad mínima de diseño 100 mm/h [4].

También, se considera un área crítica de 97.98 m<sup>2</sup> correspondiente a la suma de 79.5 m<sup>2</sup> y 18.48 m<sup>2</sup>.

De lo anterior, se selecciona un diámetro de 4" para todas las bajantes por medio de la **Tabla 2.17.**, garantizando que se forme el cilindro de aire en caso de una intensidad aun mayor de la estimada.

**Tabla 2.17.** Diámetros de bajante de acuerdo a un área horizontal a drenar y una intensidad de lluvia [4]

$\phi$ (")	Intensidad de Lluvia en mm/h					
	50	75	100	125	150	200
2.0	130	85	65	50	40	30
2.5	240	160	120	95	80	60
3.0	400	270	200	160	135	100
4.0	850	570	425	340	285	210
5.0	1570	1050	800	640	535	400
6.0	2450	1650	1200	980	835	625
8.0	5300	3500	2600	2120	1760	1300

Áreas máximas de proyección horizontal drenadas

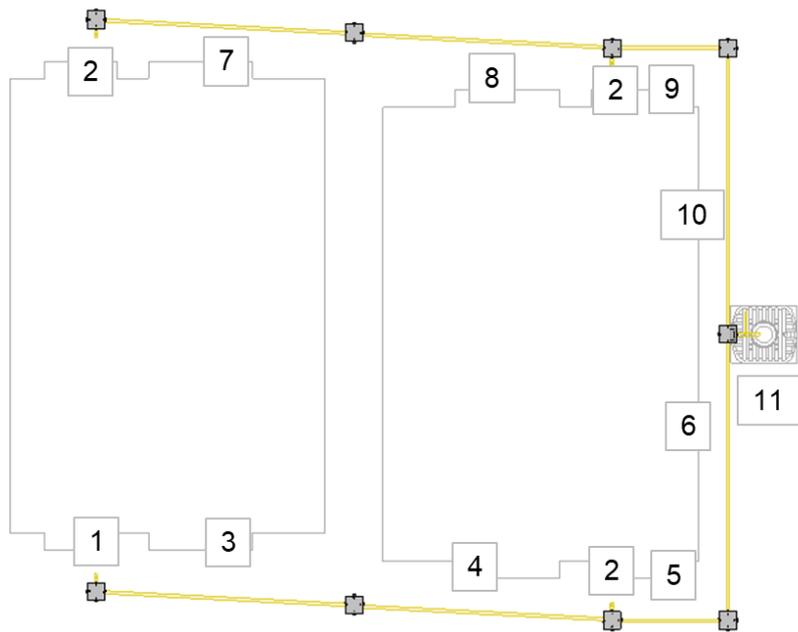
Proyección horizontal en m<sup>2</sup> de área servida

La bajante y la canaleta de la cubierta son de 100 mm y 50 mm de diámetro respectivamente, en base a la **Tabla 2.18**.

**Tabla 2.18.** Diámetros de canaletas y bajantes

Diámetro de canalones y bajantes		
Area del tejado en m <sup>2</sup>	Diámetro de los canalones en mm	Diámetro de los bajantes en mm
hasta 8	80	40
de 9 a 25	100	50
de 26 a 75	100	70
de 76 a 170	125	80
de 171 a 335	150	100
de 336 a 500	200	125
de 501 a 1000	250	150

Se considera la siguiente configuración para la conducción del agua lluvia hacia la cisterna de recolección, ver **Figura 2.25**.



**Figura 2.25.** Colectores y cajas de registro para la recolección de agua lluvia

Se determina el caudal máximo que debería fluir por la bajante de cierto diámetro para que se forme el cilindro de aire usando la **Ecuación 2.12**.

$$Q_{bajante} = 3.1463 * 10^{-4} * r^{\frac{5}{3}} * D^{\frac{8}{3}}$$

**Ecuación 2.12.** Caudal de bajante según Hunter, Dawson

Donde:

$Q_{bajante}$ = caudal en la bajante, [l/s]

$r$ = radio hidráulico menor a 7/24

$D$ = diámetro de la bajante, [mm]

Luego, por medio de la **Ecuación 2.13.**, se calcula el caudal que fluye en los colectores de la red de desagüe pluvial.

$$Q = 2.78 * C * i * A$$

**Ecuación 2.13.** Método racional [4]

Donde:

$Q$ = caudal de agua lluvia, [l/s]

$C$ = coeficiente de escorrentía

$i$  = intensidad de lluvia, [mm/h]

$A$  = área de drenaje, [ha]

$C$  toma el valor de 0.95 para hormigón según [4].

Se selecciona el diámetro del colector en base al diámetro impuesto en la **Ecuación 2.12.**, comparando los caudales obtenidos por el método racional y por Hunter, Dawson.

Después, se designa la pendiente a cada colector y se chequea velocidad y funcionamiento a superficie libre mediante el software H-CANALES 3.1 considerando  $n = 0.009$  para PVC según [4]. Los resultados del proceso se muestran en la **Tabla 2.19.**

**Tabla 2.19.** Cálculo de los colectores de la red de desagüe pluvial

CÁLCULO DE LA RED PLUVIAL DE UN EDIFICIO													
Valores Método Racional:				Valores Fórmula Manning:				Valores Fórmula Bajantes					
$C = 0.95$				$n = 0.009$				$r = 0.26$					
$i \text{ [mm/hr]} = 100$													
Tramo	Área Superior [m <sup>2</sup> ]	Área Propia [m <sup>2</sup> ]	Área Total [m <sup>2</sup> ]	$Q_r$ [l/s]	DN [mm]	D [mm]	S [%]	V [m/s]	Tirante normal y [m]	Porcentaje de llenado [%]	DN [mm]	D [mm]	Q <sub>baj</sub> [l/s]
1	0	97.98	97.98	2.59	125	110	1	0.85	0.0390	35%	125	110	9.26
2	0	79.5	79.5	2.10	125	110	1	0.81	0.0349	32%	175	160	25.14
3	97.98	0	97.98	2.59	125	110	8	1.80	0.0230	21%	220	200	45.59
4	97.98	0	97.98	2.59	125	110	4	1.41	0.0273	25%	280	250	82.65
5	177.48	0	177.48	4.68	125	110	3	1.50	0.0400	36%	335	300	134.40
6	177.48	0	177.48	4.68	125	110	2	1.29	0.0400	36%	400	364	225.09
7	79.5	0	79.5	2.10	125	110	8	1.70	0.0200	18%	540	500	524.82
8	79.5	0	79.5	2.10	125	110	4	1.32	0.0245	22%	650	600	853.41
9	159	0	159	4.20	125	110	3	1.46	0.0370	34%	760	700	1287.31
10	159	0	159	4.20	125	110	2	1.26	0.0420	38%	875	800	1837.93
11	336.48	0	336.48	8.88	125	110	2	1.52	0.0640	58%	975	900	2516.15

De la misma forma que se consideró para el desagüe sanitario, las cajas de registro de llegada para los colectores son de 60 cm x 60 cm.

### 2.3.6 Sistema de ventilación

Se toma en cuenta las siguientes recomendaciones [4]: la columna de ventilación se calculará en función de las unidades de descarga, del diámetro e la columna de aguas servidas y de la longitud de la columna de ventilación; las columnas de ventilación deben tener diámetros constantes; el material de las tuberías de ventilación debe ser de plástico.

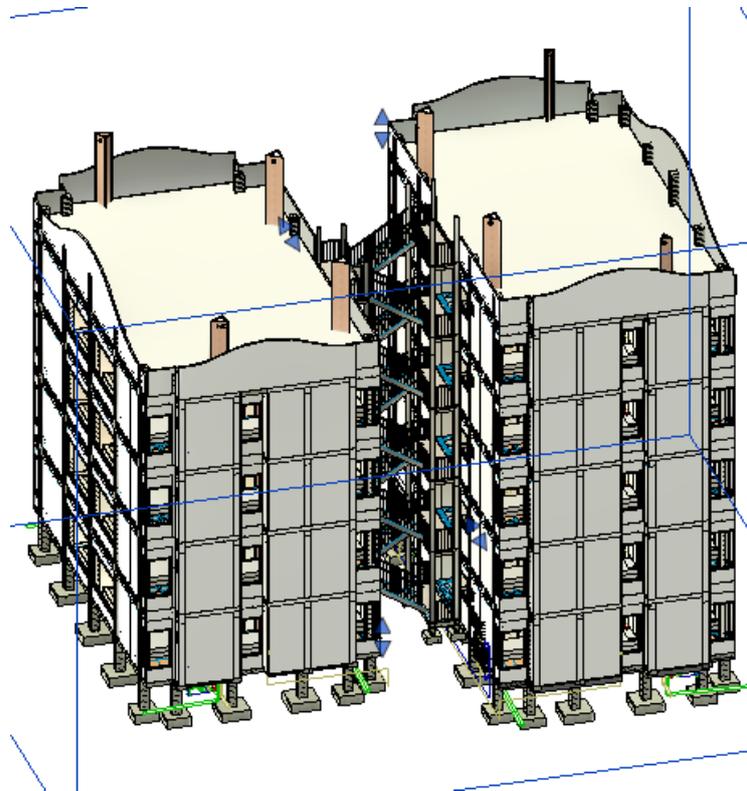
Cada bajante del sistema de desagüe pluvial y sanitario cuenta con tubería primaria de ventilación según la **Tabla 2.20.**

**Tabla 2.20.** Tipo de ventilación

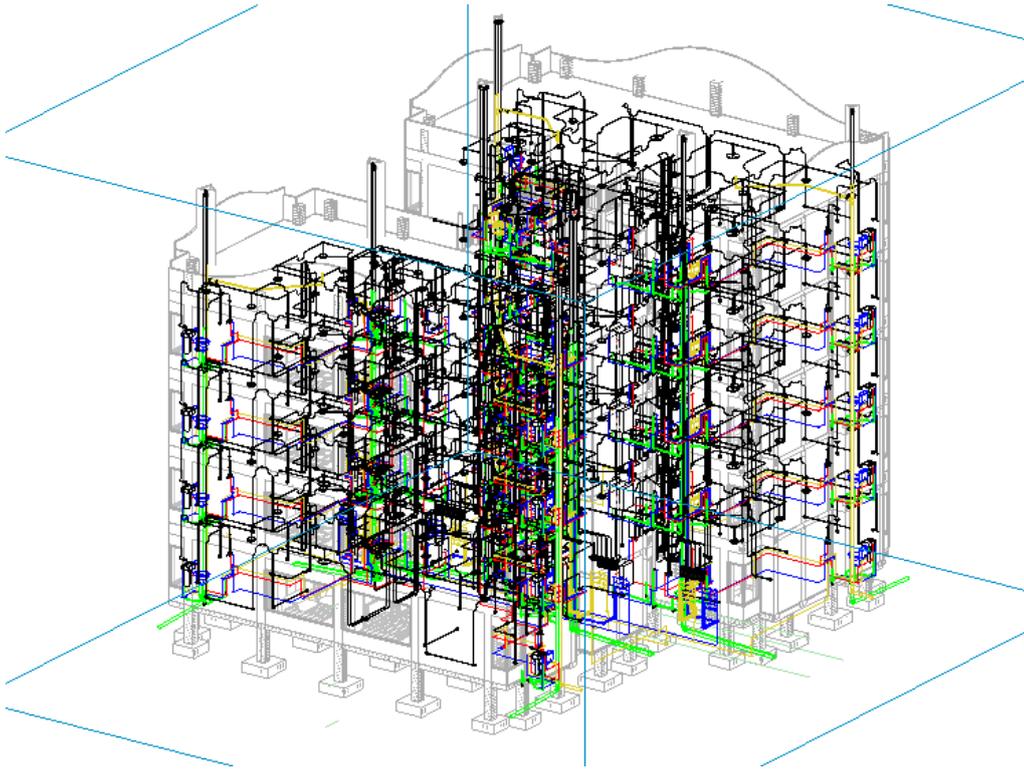
Plantas	Ventilación primaria	Ventilación secundaria	Ventilación terciaria
Hasta 7	Obligatoria	Opcional	Opcional, salvo que los ramales tengan más de 5 m, en cuyo caso es obligatoria
Desde 8 hasta 14	Obligatoria	Obligatoria	
De 15 en adelante	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria

### 3 MODELADO

El modelado de las instalaciones hidrosanitarias del edificio realizadas en el software BIM Revit de Autodesk, se las lleva a cabo en conjunto con el diseño para obtener datos y resultados más precisos y más cercanos a la realidad. Además, se trabaja colaborativamente con el modelado arquitectónico, estructural y eléctrico, en OneDrive de la nube de Microsoft, integrando cada modelo local correspondiente a cada participante BIM en un modelo central con acceso a los cambios en tiempo real durante el avance del diseño y modelado para revisar, detectar y corregir periódicamente conflictos entre las disciplinas del proyecto, ver **Figura 3.1.** y **Figura 3.2.**



**Figura 3.1.** Modelo arquitectónico



**Figura 3.2.** Instalaciones hidrosanitarias en colaboración con el modelo arquitectónico, estructural y eléctrico

## 4 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Resultados

Instalaciones hidrosanitarias		
Sistema de abastecimiento de agua fría	Cisterna de agua potable	Cantidad: 2 Volumen de agua/cisterna: 299.43 m <sup>3</sup> Distribución de agua en la cisterna: 12 m de largo, 12 m de ancho, 2.08 m de alto
	Medidor	Cantidad: 1 Diámetro de conexión: 100 mm Caudal máximo que puede ser medido: 90 m <sup>3</sup> /h Caudal calculado en el medidor: 50 m <sup>3</sup> /h
	Acometida	Tubería conectada a la red municipal Diámetro comercial: 4" Tubería de llegada a la cisterna Diámetro comercial: 3" Material: PVC
	Red de agua fría	Departamento Diámetro comercial: 20 mm Material: polipropileno (PP-R) con unión por termofusión Exterior Diámetros comerciales: ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2", 2 ½", 3" Material: PVC
	Bomba	Cantidad: 4 (2 en operación y 2 de reserva) Potencia máxima: 7.5 HP=5.5 kW
	Tanque hidroneumático	Cantidad: 2 Capacidad 1500 l
Sistema de abastecimiento de agua caliente	Red de agua caliente	Departamento Diámetro comercial: 20 mm Material: polipropileno (PP-R) con unión por termofusión
	Termotanque eléctrico	Capacidad: 20 gal
Sistema de	Recolección vs demanda	Demanda diaria: 2900 l/día Demanda anual: 1058.5 m <sup>3</sup> /año

		Recolección anual: 398.93 m <sup>3</sup> /año Ahorro anual: 37.69 %
	Cisterna de agua lluvia	Cantidad: 18 Capacidad: 4800 l
	Red de agua lluvia	Departamento Diámetro comercial: 20 mm Material: polipropileno (PP-R) con unión por termofusión
	Bomba sumergible	Cantidad: 18 Potencia: 1.1 kW=1.475 HP
Sistema de desagüe sanitario	Red de desagüe sanitario	Ramales Diámetros comerciales: 2" (lavabo, ducha, fregadero, sumidero) 4" (inodoros) Bajantes Diámetro comercial: 4" Colectores Diámetro comercial: 4" Material: PVC Caja de registro: 60 cm x 60 cm
Sistema de desagüe pluvial	Red de desagüe pluvial	Ramales Diámetro comercial: 2" Bajantes Diámetro comercial: 4" Colectores Diámetro comercial: 4" Material: PVC Caja de registro: 60 cm x 60 cm
Sistema de ventilación	Ventilación primaria	Diámetro comercial: 4" Material: PVC

## 4.2 Conclusiones

Entre los dos documentos requeridos para el desarrollo del proyecto, el BEP (Plan de Ejecución BIM) fue el más utilizado en la implementación de la metodología BIM durante el proceso de modelado a diferencia del EIR (Requisitos de Información del Empleador).

La irregularidad y las pendientes pronunciadas del modelo topográfico llevaron a que la ubicación del nivel de la planta baja para cada una de las 18 torres se estableciera en función de un equilibrio entre corte y relleno. Sin embargo, esta decisión resultó en un desfase considerable entre las tuberías de agua potable de los edificios, lo que dificultó su conexión a la tubería principal del sistema diseñado.

La implementación del sistema de recolección de agua lluvia separa aquellos muebles sanitarios que pueden funcionar con esta agua, sin afectar la salud de las personas. Este sistema adiciona una red de abastecimiento de agua lluvia y una red de respaldo para estos muebles específicos en días de baja recolección, en comparación de un sistema normal. Al calcular la red de abastecimiento de agua potable, se debe considerar el caudal necesario para respaldar los muebles sanitarios que funcionarán con agua lluvia. Además, se utilizó la red de desagüe pluvial para abastecer principalmente la cisterna de agua lluvia. Esta cisterna está equipada con una tubería de desagüe por desbordamiento, que se activa en caso de lluvias intensas y desemboca en una caja de registro, uniéndose con la red de desagüe sanitario.

La implementación del sistema de recolección de agua de lluvia diseñado permite un ahorro anual del 37.69% de agua potable, presentando significativos impactos económicos y ambientales. Desde el punto de vista económico, este sistema reduce considerablemente los costos asociados con el consumo de agua potable, lo que representa un alivio financiero para los hogares y comunidades, al igual que disminuye el costo en el tratamiento de potabilización por la alta demanda. En términos ambientales, la recolección de agua de lluvia ayuda a conservar este recurso vital, aliviando la presión sobre las fuentes de agua y reduce la posibilidad de catástrofes por saturación en las redes de desagüe. También, el porcentaje de ahorro indica que la ubicación del proyecto es moderadamente adecuada para la implementación del sistema de recolección de agua lluvia desarrollado.

Llevar el modelado a la par del diseño de las instalaciones hidrosanitarias permite optimizar el proceso de diseño y obtener datos de cálculo más precisos. Esto se logra gracias a la visualización en 3D del modelo, así como a las vistas en planta, elevación y corte, que facilitan una comprensión más clara del proyecto.

Durante el proceso de modelado, se adquirió un mayor entendimiento del programa Revit en su versión MEP, desarrollando habilidades de dibujo 3D y aprendiendo comandos que optimizan el trabajo de modelado.

La enseñanza de buenas prácticas para el uso del agua debe complementarse con la implementación de muebles sanitarios que cuenten con un alto porcentaje de eficiencia hídrica, con el fin de optimizar el consumo de este recurso vital. En este estudio, se mencionaron específicamente los siguientes elementos: grifos con reductores de caudal, inodoros de 4.8 litros con doble descarga y duchas equipadas con cabezales que disminuyen el flujo de agua. Estos dispositivos prometen un ahorro de agua del 50%, 67% y 50%, respectivamente.

La limitante principal durante el proceso BIM fue la capacidad tecnológica de los ordenadores utilizados puesto que se necesita de una memoria gráfica de alta capacidad y un procesador de últimas generaciones para trabajar óptimamente en el proyecto de estudio.

### **4.3 Recomendaciones**

Se sugiere llevar a cabo la elaboración conjunta de los documentos del proyecto con todos los participantes BIM (Modelado de Información para la Construcción). Esta práctica garantiza que el grupo de trabajo esté bien informado sobre sus responsabilidades y alcances. Además, establece de manera clara los objetivos, el alcance y la metodología del proyecto, asegurando que todos los participantes estén de acuerdo. Es fundamental que cada parte involucrada muestre compromiso y disponibilidad para lograr el éxito del proceso.

Por otro lado, se recomienda apoyarse en la documentación elaborada por países que tienen una amplia experiencia en el uso de BIM y que cuentan con normativas y planes específicos al respecto. Esto resulta especialmente útil en caso de enfrentar dificultades en la comprensión e interpretación de la norma ISO 19650.

Se recomienda utilizar plataformas de construcción como referencia temporal para modelar las superficies de parqueaderos y caminos. Esto facilitará la modificación de puntos topográficos, permitiendo así lograr la forma arquitectónica deseada.

Es recomendable revisar el avance de cálculo y diseño junto con los mentores de la institución y plantear dudas para evitar resultados erróneos y explorar posibles mejoras en el diseño inicial. Este proceso no solo facilita la validación del trabajo, sino que también

contribuye al desarrollo de criterios propios y a la adquisición de experiencia en la gestión y diseño de proyectos extensos.

Se recomienda autoeducarse en el manejo óptimo de las herramientas BIM para agilizar el proceso de modelado. Además, es aconsejable establecer de antemano páginas web confiables para el uso de familias en Revit, como BIM Object y Plastigama Wavin, ya que buscar familias que se adapten al presente proyecto puede llevar tiempo. También se sugiere utilizar familias de Plastigama Wavin, ya que ofrecen asistencia inteligente con productos de su portafolio, lo que facilita tanto el modelado como la estimación de costos del proyecto.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Pumasupa Huayana, «Las 5 claves para comprender ¿Qué es BIM?,» KONSTRUEDU, 05 junio 2022. [En línea]. Available: <https://konstruedu.com/es/blog/las-5-claves-para-comprender-que-es-bim#:~:text=%2D%20%C2%BFQu%C3%A9%20significa%20BIM%3F,agentes%20participantes%20en%20dicho%20proyecto.> [Último acceso: 22 febrero 2024].
- [2] A. Dominguez, «BIM en Ecuador: ¿Para cuándo un estándar nacional?,» Alianza BIM, 23 junio 2022. [En línea]. Available: [https://alianzabim.com/blog/bim-en-ecuador-para-cuando-un-estandar-nacional/.](https://alianzabim.com/blog/bim-en-ecuador-para-cuando-un-estandar-nacional/) [Último acceso: 22 febrero 2024].
- [3] P. Echeverri Montes, «Normativas BIM: ¿en qué consiste la ISO 19650?,» echeverrimontes, 17 abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.echeverrimontes.com/blog/normativas-bim-en-que-consiste-la-iso-19650#:~:text=La%20serie%20ISO%2016950%20es,partes%20interesadas%20en%20un%20proyecto.> [Último acceso: 23 febrero 2024].
- [4] "Instalaciones Hidrosanitarias en Edificios", notas de clase para CVLD722, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Invierno 2022.
- [5] A. Soriano Rull, «Instalaciones de agua para el consumo sostenible,» abril 2010. [En línea]. Available: [https://www.grados.com.es/sites/default/files/Instalaciones\\_agua\\_consumo\\_sostenible%5B1%5D.pdf.](https://www.grados.com.es/sites/default/files/Instalaciones_agua_consumo_sostenible%5B1%5D.pdf) [Último acceso: 11 enero 2024].
- [6] M. Hidalgo, «Reductores de caudal de agua para grifos, ¿qué ventajas tienen?,» METEORED, 08 febrero 2024. [En línea]. Available: [https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/reductores-de-caudal-de-agua-para-grifos-que-ventajas-tienen.html.](https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/reductores-de-caudal-de-agua-para-grifos-que-ventajas-tienen.html)
- [7] «Mecanismos para la cisterna del WC,» OCU, 19 junio 2023. [En línea]. Available: [https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/equipamiento-hogar/consejos/mecanismos-cisterna-wc.](https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/equipamiento-hogar/consejos/mecanismos-cisterna-wc)

- [8] Fvandina, «Econsumo,» 2024. [En línea]. Available: <https://fvandina.com/econsumo/>. [Último acceso: 20 marzo 2024].
- [9] L. Martín Martínez, «Las 10 mejores tecnologías para ahorrar agua, a revisión,» iagua, 06 octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/luis-martin-martinez/10-mejores-tecnologias-ahorrar-agua-revision>. [Último acceso: 28 enero 2024].
- [10] GRAF, «¿Cómo funciona la recogida de agua de lluvia en el hogar y el jardín?,» [En línea]. Available: <https://www.graf.info/en/rainwater-harvesting/all-about-rainwater-harvesting/system-design-home-and-garden.html>. [Último acceso: 7 julio 2024].
- [11] GRAF, «Paquete Carat S Profesional apto para carga peatonal,» [En línea]. Available: <https://www.graf.info/en/rainwater-harvesting/tanks-underground/rainwater-tank-carat-s/carat-s-package-house-professional/carat-s-package-professional-suitable-for-pedestrian-loading.html>. [Último acceso: 4 julio 2024].
- [12] Norma Ecuatoriana de la Construcción, «NEC-11 Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua». Ecuador 6 abril 2011.
- [13] Plastigama Wavin, «Tuberías de PVC cédula 40,» 18 junio 2024. [En línea]. Available: [https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/blta54996ccd7c253b1/66748abb61be537813014b13/Cedula\\_40.pdf](https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/blta54996ccd7c253b1/66748abb61be537813014b13/Cedula_40.pdf). [Último acceso: 30 junio 2024].
- [14] Plastigama Wavin, «Tubería Termomax agua fría y caliente,» 24 mayo 2022. [En línea]. Available: [https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/bltde6542aba81d1dbd/646bfa86be5c8112763895ab/Linea\\_temomax\\_2022-06.pdf](https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/bltde6542aba81d1dbd/646bfa86be5c8112763895ab/Linea_temomax_2022-06.pdf). [Último acceso: 5 julio 2024].
- [15] C. A. Cajo Andaluz y J. D. Taco Morales, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE CON UNA CAPACIDAD DE 60 L/DÍA, MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIPERSONAL,» julio 2017. [En línea]. Available:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14546/4/UPS-KT01417.pdf>.  
[Último acceso: 16 junio 2024].

- [16] Pedrollo, «Casa del riego Ecuador,» septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.casadelriegoecuador.com/wp-content/uploads/2020/09/CATALOGO-GENERAL-PEDROLLO-60Hz.pdf>. [Último acceso: 26 junio 2024].
- [17] Pedrollo, «TANQUES HIDRONEUMÁTICOS,» [En línea]. Available: [https://www.pedrollo.com.mx/public/allegati/TANQUE%20MR%20PLUS\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com.mx/public/allegati/TANQUE%20MR%20PLUS_ES_60Hz.pdf). [Último acceso: 3 Julio 2024].
- [18] ASTEP, «Calentadores de agua eléctricos,» [En línea]. Available: <https://www.astep.com.ec/calentadores-de-agua.html>. [Último acceso: 2 julio 2024].
- [19] I. Abd Rahman, «Rainwater Harvesting System Design,» 27 julio 2016. [En línea]. Available: [https://jkt.kpkt.gov.my/jkt/resources/user\\_30/2016\\_OKU/03\\_Rainwater\\_Harvesting\\_System\\_Design.pdf](https://jkt.kpkt.gov.my/jkt/resources/user_30/2016_OKU/03_Rainwater_Harvesting_System_Design.pdf). [Último acceso: 2 julio 2024].
- [20] EPMAPS, «ANUARIO HIDROMETEOROLÓGICO2022,» 25 enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/ANUARIOS%20HIDRL%C3%93GICOS-FONAG/Anuario%202022.pdf>. [Último acceso: 3 julio 2024].
- [21] GRAF, «Sustainable Rainwater Management,» [En línea]. Available: [https://www.graf.info/fileadmin/media/Catalogue\\_Rainwater\\_Management.pdf](https://www.graf.info/fileadmin/media/Catalogue_Rainwater_Management.pdf). [Último acceso: 6 julio 2024].
- [22] EMAAP, «Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q,» 2009. [En línea]. Available: [https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf). [Último acceso: 4 julio 2024].
- [23] INAMHI, «DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSIDADE\\_S\\_V\\_FINAL.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADE_S_V_FINAL.pdf). [Último acceso: 5 julio 2024].

## 6 ANEXOS

### ANEXO I. Cálculo de diámetros y pérdidas de energía en la red de agua fría y agua caliente

#### Pisos 1-5

Tramo	Qinst (l/s)	n	F	Ks	N	Kss	GMP (m3/s)	V (m/s)	D (calculado) (mm)	D (interno)	D (nominal)	V real (m/s)	Le FINAL(m)	m	hf (m)
1	0.1	7	2	0.2	162	0.11104	2.22086E-06	2	1.18905117	12.7	1/2	0.02	2.15	0.00054	0.00033
2	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	1.47	0.00054	0.00053
3	0.3						6.66258E-06	2	2.059497039	12.7	1/2	0.05	5.98	0.00054	0.00438
4	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	2.89	0.00054	0.00104
5	0.3						6.66258E-06	2	2.059497039	12.7	1/2	0.05	1.93	0.00054	0.00142
6	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	1.94	0.00054	0.00070
7	0.4						8.88344E-06	2	2.37810234	12.7	1/2	0.07	3.45	0.00054	0.00417
8	0.6						1.33252E-05	2	2.912568644	12.7	1/2	0.11	1.78	0.00054	0.00437
9	0.9						1.99877E-05	2	3.56715351	12.7	1/2	0.16	2.86	0.00054	0.01432
10	1.2						2.66503E-05	2	4.118994078	12.7	1/2	0.21	7.18	0.00054	0.05943
11	0.2						2.22086E-06	2	1.18905117	12.7	1/2	0.02	3.29	0.00054	0.00035
12	0.3						6.66258E-06	2	2.059497039	12.7	1/2	0.05	8.81	0.00054	0.00644
13	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	3.01	0.00054	0.00108
14	0.1						2.22086E-06	2	1.18905117	12.7	1/2	0.02	0.53	0.00054	0.00006
15	0.3						6.66258E-06	2	2.059497039	12.7	1/2	0.05	0.58	0.00054	0.00043
16	0.6						1.33252E-05	2	2.912568644	12.7	1/2	0.11	1.13	0.00054	0.00279
17	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	1.05	0.00054	0.00038
18	0.8						1.77669E-05	2	3.363144582	12.7	1/2	0.14	2.58	0.00054	0.01051
19	0.2						4.44172E-06	2	1.681572291	12.7	1/2	0.04	1.31	0.00054	0.00047
20	1						2.22086E-05	2	3.760109951	12.7	1/2	0.18	0.58	0.00054	0.00351
21	2.2						4.88589E-05	2	5.577144347	12.7	1/2	0.39	8.86	0.00054	0.21175

0.175892025

#### Exterior

Tramo	Qinst (l/s)	n	F	Ks	N	Kss	GMP (m3/s)	V (m/s)	D (calculado) (mm)	D (interno)	D (nominal)	V real (m/s)	Le FINAL(m)	m	hf (m)
22	11	7	2	0.2	162	0.11104	0.000244294	2	12.47087388	12.7	1/2	1.93	1.84	0.00054	0.73579
23	11						0.000244294	2	12.47087388	12.7	1/2	1.93	14.05	0.00054	5.81560
24	22						0.000488589	2	17.63647897	19.05	3/4	1.71	9.29	0.00054	1.82022
25	8.8						0.000195436	2	11.15428869	12.7	1/2	1.54	1.84	0.00054	0.89792
26	8.8						0.000195436	2	11.15428869	12.7	1/2	1.54	14.05	0.00054	3.80018
27	17.6						0.000390871	2	15.77454635	19.05	3/4	1.37	8.29	0.00054	1.09918
28	4.4						9.77178E-05	2	7.887273174	12.7	1/2	0.77	5.46	0.00054	0.43905
29	4.4						9.77178E-05	2	7.887273174	12.7	1/2	0.77	4.14	0.00054	0.33298
30	8.8						0.000195436	2	11.15428869	12.7	1/2	1.54	5.33	0.00054	1.44203
31	30.8						0.000684025	2	20.86776334	25.4	1	1.35	3.93	0.00054	0.35362
32	48.4						0.001074896	2	26.15912574	31.75	1/4	1.36	1.23	0.00054	0.08446
33	70.4						0.001563485	2	31.5490927	31.75	1/4	1.97	3.93	0.00054	0.52060
34	88						0.001954356	2	35.27295795	38.1	1/2	1.71	34.55	0.00054	2.84612
35	92.4						0.002052074	2	36.14402635	38.1	1/2	1.80	2.20	0.00054	0.19776
36	96.8						0.002148791	2	36.8945904	38.1	1/2	1.89	8.42	0.00054	0.61998
37	118.8						0.00263838	2	40.98347361	50.8	2	1.30	5.50	0.00054	0.19534
38	140.8						0.003128969	2	44.61715477	50.8	2	1.54	3.25	0.00054	0.15533
39	158.4						0.00351784	2	47.32363905	50.8	2	1.74	2.11	0.00054	0.12389
40	176						0.003908712	2	49.88349552	50.8	2	1.93	41.43	0.00054	2.92722
41	180.4						0.004006429	2	50.50319003	50.8	2	1.98	9.53	0.00054	0.70282
42	202.4						0.004495018	2	53.49408933	63.5	2/2	1.42	4.28	0.00054	0.13377
43	220						0.00488589	2	55.77144347	63.5	2/2	1.54	35.72	0.00054	1.29215
44	4.4						9.77178E-05	2	7.887273174	12.7	1/2	0.77	3.29	0.00054	0.26462
45	8.8						0.000195436	2	11.15428869	12.7	1/2	1.54	6.24	0.00054	1.68819
46	30.8						0.000684025	2	20.86776334	25.4	1	1.35	3.56	0.00054	0.32031
47	52.8						0.001172613	2	27.32231574	31.75	1/4	1.48	1.10	0.00054	0.08794
48	70.4						0.001563485	2	31.5490927	31.75	1/4	1.97	3.56	0.00054	0.47155
49	88						0.001954356	2	35.27295795	38.1	1/2	1.71	25.88	0.00054	2.13233
50	308						0.006840245	2	65.98966183	76.2	3	1.50	4.13	0.00054	0.11322
51	312.4						0.006937963	2	66.45934507	76.2	3	1.52	4.43	0.00054	0.12448
52	316.8						0.007035681	2	66.92573216	76.2	3	1.54	7.56	0.00054	0.21773
53	338.8						0.00752427	2	69.21054122	76.2	3	1.65	4.17	0.00054	0.13506
54	360.8						0.008012859	2	71.42229628	76.2	3	1.76	1.89	0.00054	0.06832
55	378.4						0.00840373	2	73.14356239	76.2	3	1.84	4.17	0.00054	0.16389
56	396						0.008794601	2	74.82524328	76.2	3	1.93	134.31	0.00054	5.71728
57	4.4						9.77178E-05	2	7.887273174	12.7	1/2	0.77	8.85	0.00054	0.21177
58	26.4						0.000589307	2	19.31979474	25.4	1	1.16	3.18	0.00054	0.21893
59	48.4						0.001074896	2	26.15912574	31.75	1/4	1.36	1.03	0.00054	0.07103
60	66						0.001465767	2	30.54727765	31.75	1/4	1.85	3.45	0.00054	0.40817
61	83.6						0.001856638	2	34.37982671	38.1	1/2	1.63	28.77	0.00054	2.16647
62	4.4						9.77178E-05	2	7.887273174	12.7	1/2	0.77	4.93	0.00054	0.39651
63	8.8						0.000195436	2	11.15428869	12.7	1/2	1.54	8.83	0.00054	2.38920
64	30.8						0.000684025	2	20.86776334	25.4	1	1.35	3.93	0.00054	0.35362
65	48.4						0.001074896	2	26.15912574	31.75	1/4	1.36	24.44	0.00054	1.68164
66	132						0.002931534	2	43.20037435	50.8	2	1.45	3.53	0.00054	0.15090
67	136.4						0.003029252	2	43.9144785	50.8	2	1.49	6.89	0.00054	0.31159
68	140.8						0.003126969	2	44.61715477	50.8	2	1.54	3.53	0.00054	0.16872
69	162.8						0.003615558	2	47.97640973	50.8	2	1.78	4.28	0.00054	0.26376
70	180.4						0.004006429	2	50.50319003	50.8	2	1.98	3.86	0.00054	0.28468
71	202.4						0.004495018	2	53.49408933	63.5	2/2	1.42	4.28	0.00054	0.13377
72	220						0.00488589	2	55.77144347	63.5	2/2	1.54	48.52	0.00054	1.75225
73	224.4						0.004983607	2	56.32639687	63.5	2/2	1.57	5.10	0.00054	0.19098
74	228.8						0.005081325	2	56.87593571	63.5	2/2	1.60	6.06	0.00054	0.23478
75	250.8						0.005569914	2	59.54760661	63.5	2/2	1.76	4.63	0.00054	0.21063
76	268.4						0.005960785	2	61.60157275	63.5	2/2	1.88	1.91	0.00054	0.09781
77	290.4						0.006449374	2	64.07651018	76.2	3	1.41	4.63	0.00054	0.11451
78	308						0.006840245	2	65.98966183	76.2	3	1.50	32.98	0.00054	0.90443
79	312.4						0.006937963	2	66.45934507	76.2	3	1.52	4.41	0.00054	0.12393
80	316.8						0.007035681	2	66.92573216	76.2	3	1.54	6.89	0.00054	0.19844
81	338.8						0.00752427	2	69.21054122	76.2	3	1.65	4.54	0.00054	0.14705
82	360.8						0.008012859	2	71.42229628	76.2	3	1.76	1.53	0.00054	0.05530
83	378.4						0.00840373	2	73.14356239	76.2	3	1.84	4.54	0.00054	0.17643
84	396						0.008794601	2	74.82524328	76.2	3	1.93	115.31	0.00054	4.90850

Pérdidas totales en el tramo crítico

hf1= 25.34073 m

Tramo	Cantidad	Accesorios	C del material	Factor A	Factor B	D real	D interno (mm)	L tubería V (m)	Le (m)	Le FINAL
1	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.75	0.3969	2.1469
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
2	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.27	0.1985	1.4685
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
3	4	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	4.91	0.7938	5.9816
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0761	
4	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.49	0.3969	2.8869
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
5	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.26	0.3969	1.9347
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0761	
6	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.94	0.0000	1.9400
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
7	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.85	0.3969	3.4487
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
8	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.3	0.1985	1.7763
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0761	
9	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.66	0.0000	2.8618
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
10	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	6.78	0.1985	7.1802
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
11	3	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.69	0.5954	3.2854
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
12	4	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	7.81	0.7938	8.8056
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
13	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.61	0.3969	3.0069
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
14	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.33	0.1985	0.5285
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
15	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.38	0.0000	0.5818
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
16	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.93	0.0000	1.1318
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
17	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.85	0.1985	1.0485
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
18	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.38	0.0000	2.5818
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
19	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.11	0.1985	1.3085
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
20	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.23	0.0000	0.5839
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	2	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.1521	
21	4	Codo 90°	150	0.52	0.04	3/4	19.05	7.51	1.1378	8.8562
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	3/4	19.05		0.0000	
	2	Válvula	150	0.17	0.03	3/4	19.05		0.2084	
22	6	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.65	1.1907	1.8407
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
23	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	13.85	0.1985	14.0485
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
24	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3/4	19.05	9	0.0000	9.2894
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3/4	19.05		0.2894	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3/4	19.05		0.0000	
25	6	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.65	1.1907	1.8407
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
26	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	13.85	0.1985	14.0485
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
27	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3/4	19.05	8	0.0000	8.2894
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3/4	19.05		0.2894	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3/4	19.05		0.0000	
28	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1	25.40	4.95	0.0000	5.4594
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1	25.40		0.3771	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1	25.40		0.1323	
29	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1	25.40	3.77	0.3704	4.1404
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1	25.40		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1	25.40		0.0000	
30	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1 1/2	38.10	4.59	0.0000	5.3309
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1 1/2	38.10		0.5524	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1 1/2	38.10		0.1885	

31	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	3.2	0.0000	3.9277
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
32	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	0.5	0.0000	1.2277
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
33	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	3.2	0.0000	3.9277
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
34	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	32.39	1.4288	34.5465
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
35	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2 1/2	63.50	1	0.0000	2.2039
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2 1/2	63.50		0.9030	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	2 1/2	63.50		0.3010	
36	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2 1/2	63.50	7.22	0.0000	8.4239
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2 1/2	63.50		0.9030	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	2 1/2	63.50		0.3010	
37	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	2 1/2	63.50	3.71	0.8864	5.4994
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2 1/2	63.50		0.9030	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2 1/2	63.50		0.0000	
38	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	2.17	0.0000	3.2483
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
39	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	1.03	0.0000	2.1083
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
40	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	38.23	2.1168	41.4251
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
41	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	8.09	0.0000	9.5255
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.3572	
42	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	3.2	0.0000	4.2783
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
43	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	32.52	2.1168	35.7151
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
44	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1	25.40	2.92	0.3704	3.2904
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1	25.40		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1	25.40		0.0000	
45	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1 1/2	38.10	5.5	0.0000	6.2409
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1 1/2	38.10		0.5524	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1 1/2	38.10		0.1885	
46	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	2.83	0.0000	3.5577
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
47	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	0.37	0.0000	1.0977
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
48		Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	2.83	0.0000	3.5577
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
49	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	24.91	0.0000	25.8824
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.2448	
50	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	2.7	0.0000	4.1288
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
51	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	2.53	0.0000	4.4285
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.4697	
52	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	5.66	0.0000	7.5585
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.4697	
53	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	2.74	0.0000	4.1688
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
54	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	0.46	0.0000	1.8888
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
55	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	2.74	0.0000	4.1688
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
56	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	6	152.40	128	4.1807	134.3107
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	6	152.40		2.1300	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	6	152.40		0.0000	
57	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1	25.40	8.48	0.3704	8.8504
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1	25.40		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1	25.40		0.0000	
58	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1 1/4	31.75	2.72	0.0000	3.1847
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1 1/4	31.75		0.4647	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1 1/4	31.75		0.0000	
59	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1 1/2	38.10	0.48	0.0000	1.0324
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1 1/2	38.10		0.5524	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1 1/2	38.10		0.0000	
60	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	2.72	0.0000	3.4477
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	

61	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	26.61	1.4288	28.7665
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
62	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1	25.40	4.56	0.3704	4.9304
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1	25.40		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1	25.40		0.0000	
63	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1 1/2	38.10	8.28	0.0000	8.8324
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1 1/2	38.10		0.5524	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1 1/2	38.10		0.0000	
64	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	3.2	0.0000	3.9277
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
65	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	2	50.80	23	0.7144	24.4421
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2	50.80		0.7277	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2	50.80		0.0000	
66	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	2 1/2	63.50	2.63	0.0000	3.5330
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	2 1/2	63.50		0.9030	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	2 1/2	63.50		0.0000	
67	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	5.81	0.0000	6.8883
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
68	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	2.45	0.0000	3.5283
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
69	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	3.2	0.0000	4.2783
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
70	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	2.78	0.0000	3.8583
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
71	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	3.2	0.0000	4.2783
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
72	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	3	76.20	45.32	2.1168	48.5151
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	3	76.20		1.0783	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	3	76.20		0.0000	
73	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	3.67	0.0000	5.0988
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
74	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	4.63	0.0000	6.0588
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
75	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	3.2	0.0000	4.6288
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
76	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	0.48	0.0000	1.9088
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
77	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	3.2	0.0000	4.6288
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
78	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	28.75	2.8048	32.9836
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
79	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	2.98	0.0000	4.4088
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
80	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	5.46	0.0000	6.8888
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
81	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	3.11	0.0000	4.5388
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
82	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	0.1	0.0000	1.5288
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
83	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	4	101.60	3.11	0.0000	4.5388
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	4	101.60		1.4288	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	4	101.60		0.0000	
84	2	Codo 90°	150	0.52	0.04	6	152.40	109	4.1807	115.3107
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	6	152.40		2.1300	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	6	152.40		0.0000	

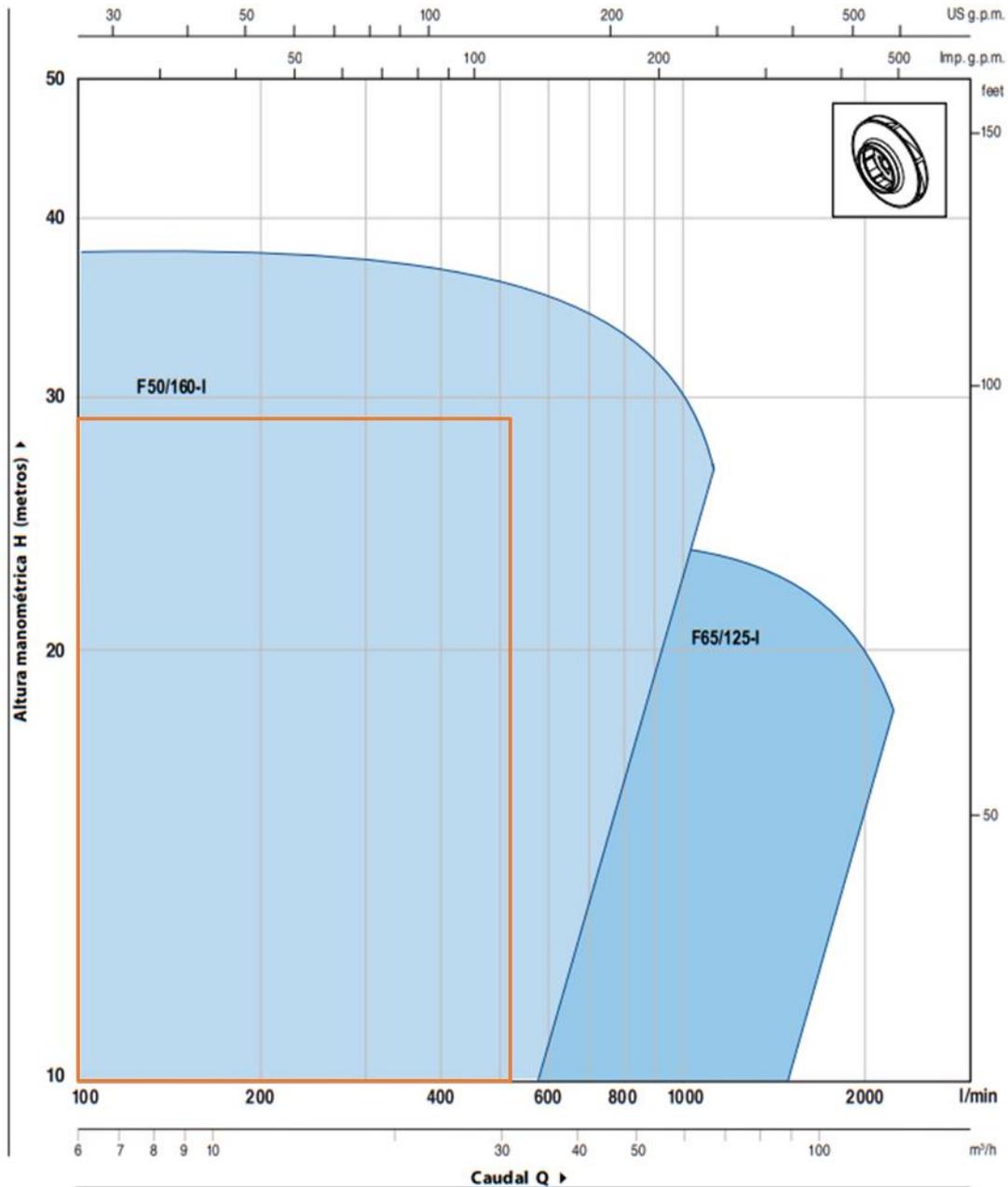
## ANEXO II. Bomba hidráulica y pérdidas en la succión

Tramo	QMP (m3/s)	V (m/s)	D (calculado) (mm)	D (interno)	D (nominal)	V real	Le FINAL(m)	m	hf Total
1	0.008794601	2	74.82524328	76.2	3	1.93	32.46	0.00054	1.38162

Tramo	Accesorios	Cantidad	C del material	Factor A	Factor B	D real	D interno	L tubería V	Le (m)	Le FINAL
1	Valvula de pie	1	150	6.38	0.4	6	152.40	4.74	25.5870	32.4570
	Tee PD	1	150	0.53	0.04	6	152.40		2.1300	

**CAMPO DE PRESTACIONES**

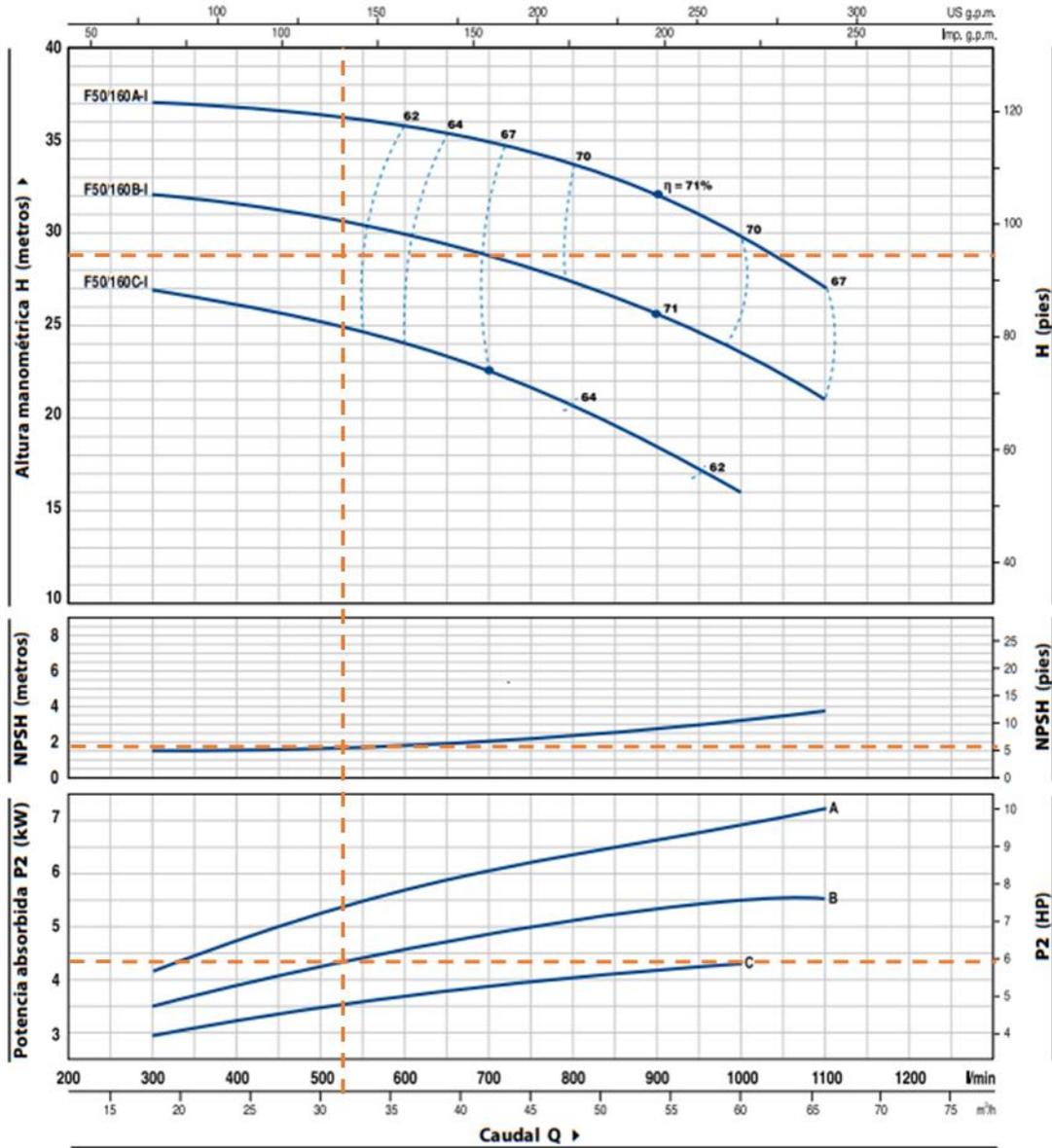
**60 Hz n=3450 1/min HS= 0 m**



# F50/160-I

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m



MODELO	POTENCIA		Q	Caudal											
	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	18	24	30	36	42	48	54	60	66	
Trifásica			l/min	0	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100		
F 50/160C-I	4	5.5	H metros	27	27	26.5	25	24.5	23	20	18.5	16			
F 50/160B-I	5.5	7.5		33	32	31.7	31	30	29	27	26	24	21		
F 50/160A-I	7.5	10		38	37	36.8	36.5	36	34	33	32	30	27		

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grade 3.

## ANEXO III. Cálculo de diámetros y pérdidas de energía en la red de agua lluvia

### PISOS 1-5

Tramo	Qinst (l/s)	n	F	Ks	N	Kss	QMP (m3/s)	V (m/s)	D (calculado) (mm)	D (interno)	D (nominal)	V real	Le FINAL(m)	m	hf
1	0.1	2	2	0.2	18	0.19474	3.89474E-06	2	1.574632174	12.7	1/2	0.03	12.2221	0.00054	<b>0.00349</b>
2	0.2						7.78947E-06	2	2.226866176	12.7	1/2	0.06	17.8024	0.00054	<b>0.01712</b>
3	1						3.89474E-05	2	4.979424145	12.7	1/2	0.31	1.8407	0.00054	<b>0.02960</b>
4	0.2						7.78947E-06	2	2.226866176	12.7	1/2	0.06	8.5645	0.00054	<b>0.00824</b>
5	1.2						4.67368E-05	2	5.454685856	12.7	1/2	0.37	11.6318	0.00054	<b>0.25732</b>
6	2.2						8.56842E-05	2	7.385679563	12.7	1/2	0.68	3.0218	0.00054	<b>0.19309</b>
7	2.4						9.34737E-05	2	7.714090715	12.7	1/2	0.74	1.4918	0.00054	<b>0.11100</b>
8	2						7.78947E-05	2	7.041969159	12.7	1/2	0.61	7.4685	0.00054	<b>0.40391</b>
9	4.4						0.000171368	2	10.4449282	12.7	1/2	1.35	22.2018	0.00054	<b>4.77183</b>

Pérdidas totales

hf= 5.38345 m

Tramo	Cantidad	Accesorios	C del material	Factor A	Factor B	D real	D interno	L tubería V	Le (m)	Le FINAL
1	9	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	10.36	1.7861	<b>12.2221</b>
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0761	
2	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	17.25	0.1985	<b>17.8024</b>
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	2	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.1521	
3	6	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	0.65	1.1907	<b>1.8407</b>
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
4	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	8.29	0.1985	<b>8.5645</b>
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	1	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0761	
5	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	11.43	0.0000	<b>11.6318</b>
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
6	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	2.82	0.0000	<b>3.0218</b>
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
7	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	1.29	0.0000	<b>1.4918</b>
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
8	1	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	7.27	0.1985	<b>7.4685</b>
	0	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.0000	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	
9	0	Codo 90°	150	0.52	0.04	1/2	12.70	22	0.0000	<b>22.2018</b>
	1	Tee PD	150	0.53	0.04	1/2	12.70		0.2018	
	0	Válvula	150	0.17	0.03	1/2	12.70		0.0000	

## ANEXO IV. Cálculo de bomba sumergible

	Caudal de Diseño (QMP) =	0.17	l/s	0.6169263	m <sup>3</sup> /h
	Rendimiento de la bomba =	76%			
		Pérdidas totales			
	$\Sigma H =$	5.38	m		
	hi=	17.85	m		
	s=	0	m		
Altura estática	hs =	17.85	m		
Pérdidas totales	hf =	5.38	m		
Altura remanente	hp =	5	mca		
		Altura Dinámica de la bomba			
	HB =	37.64	m		
		Potencia de la bomba			
	<b>P<sub>HP</sub> =</b>	<b>0.11</b>	<b>HP</b>	0.08	kW
	E =	2.00	kWh		

# ANEXO V. Cálculos de tuberías de desagüe sanitario

## Ramales <sup>1</sup>

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

## Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 2	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 3	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 4	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 5	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
													<b>35</b>

## Bajantes

Ø BAS= 4 in

Q= 16.33 l/s  
 Vt= 4.85 m/s  
 Lt= 3.99 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

## Colectores

### Opción A

Q= 16.33 l/s  
 S= 5 %  
 nPVC= 0.009  
 Ø= 110 mm

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m3/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m2  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo:

Perímetro mojado (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Retorna al Menú principal 14:26 16/6/2024

**Ramales**

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

**Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)**

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 2	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 3	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 4	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 5	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
													<b>35</b>

**Bajantes**

Ø BAS= 4 in

Q= 16.33 l/s

Vt= 4.85 m/s

Lt= 3.99 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

**Colectores**

**Opción A**

Q= 16.33 l/s

S= 5 %

nPVC= 0.009

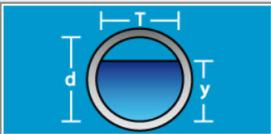
Ø= 110 mm

Calculadora de tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m3/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m      Perímetro mojado (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m2      Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m      Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo: **Supercrítico**      Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Retorna al Menú principal      14:26      16/6/2024

**3**  
**Ramales**

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

**Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)**

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 2	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 3	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 4	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 5	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
													<b>30</b>

**Bajantes**

Ø BAS= 4 in

Q= 14.00 l/s

Vt= 4.56 m/s

Lt= 3.53 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

**Colectores**

**Opción A**

Q= 14.00 l/s

S= 4 %

nPVC= 0.009

Ø= 110 mm

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):  m/m  
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup>  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 14:31 16/6/2024

**Ramales**

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

**Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)**

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 2	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 3	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
PISO 4	0	1	0	3	1	2	0	2	1	2	1	3	7
													<b>28</b>

**Bajantes**

Ø BAS= 4 in

Q= 13.07 l/s  
 Vt= 4.43 m/s  
 Lt= 3.34 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

**Colectores**

**Opción A**

Q= 13.07 l/s  
 S= 3 %  
 nPVC= 0.009  
 Ø= 110 mm

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m3/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m2  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Ingresar el nombre del tramo del canal 19:36 16/6/2024

5

Ramales

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 2	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 3	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
PISO 4	1	1	1	3	0	2	0	2	0	2	1	3	7
													<b>28</b>

Bajantes

Ø BAS= 4 in

Q= 13.07 l/s

Vt= 4.43 m/s

Lt= 3.34 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

Colectores

Opción A

Q= 13.07 l/s

S= 3 %

nPVC= 0.009

Ø= 110 mm

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m3/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m2  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ingresar el nombre del tramo del canal 19:36 16/6/2024

6

Ramales

	LAVABO	INODORO	DUCHA	BAÑERA	LAVADORA	FREGADERO	S(%)
Diámetro (")	2	4	2	2	2	2	1

2"	50 mm
3"	75 mm
4"	110 mm
6"	160 mm
8"	200 mm

Contabilizar muebles sanitarios (unidades de descarga)

PISO	LAVABO	UD	INODORO	UD	DUCHA	UD	BAÑERA	UD	LAVADORA	UD	FREGADERO	UD	TOTAL UD
PISO 1	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 2	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 3	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
PISO 4	1	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	3	6
													24

Bajantes

Ø BAS= 4 in

Q= 11.20 l/s

Vt= 4.17 m/s

Lt= 2.95 m

Comercialmente la bajante mide 3 m. Revisar cuantas unidades se necesitan.

Colectores

Opción A

Q= 11.20 l/s

S= 3 %

nPVC= 0.009

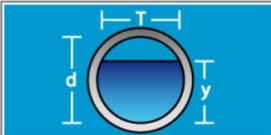
Ø= 110 mm

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup>  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Realiza la impresión de la pantalla 19:45 16/6/2024

**ANEXO VI. EIR (Requisitos de Intercambio de Información) del  
proyecto**

*BIM-EIR Employer's Information Requirements*

## **Requisitos de Información BIM**

***Entidad  
Contratante***

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se establecen los requisitos pertenecientes a la metodología BIM que solicita la organización para la realización del proyecto.

El objetivo de este Plan de Ejecución BIM es establecer las bases y directrices para la correcta implementación de la metodología BIM a lo largo de todas las etapas del proyecto. Mediante el uso de la tecnología BIM, se busca crear un ambiente de colaboración digital, efectiva y coordinada entre los diferentes equipos disciplinares involucrados en el proyecto.

Este documento constituye la base fundamental para la elaboración de la propuesta del Plan de Ejecución BIM, el cual será la guía de la estrategia de intercambio de información, destinado a dar respuesta a los requerimientos e intereses de la organización.

El PEB será confeccionado por el contratista del proyecto y, una vez completado, se someterá a una revisión y verificación por parte de la organización. En caso de ser aprobada, esta propuesta final se convertirá en el Plan de Ejecución BIM definitivo (en adelante PEB) a ser aplicado durante el desarrollo del contrato, siendo un componente esencial del mismo.

## 2 EL PROYECTO

### Información del proyecto.

Nombre del proyecto: Conjunto Habitacional “San Francisco del Norte

Tipo de proyecto: Residencial

Ubicación: Sector Carcelén, entre la Avenida Panamericana Norte y las calles C. del Hierro y Los Cóndores

### Detalles del contacto solicitante.

CONTRATANTE	DETALLES
Nombre de la Empresa:	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)
Dirección de la empresa:	Ladrón de Guevara E11 – 253
Nombre del Contacto Principal:	Ing. Pablo Pinto
Correo electrónico de contacto:	<a href="mailto:pablo.pinto@epn.edu.ec">pablo.pinto@epn.edu.ec</a>
Número de teléfono de Contacto:	0987664184

## Hitos del Proyecto

Entregables en Fase de Redacción del Proyecto.

Nº	Hito	Plazo desde la firma del contrato	Fecha de Inicio	Fecha de Entrega
1	Plan de ejecución BIM (PEB)	15 días	5/11/2023	19/11/2023
2	Modelo BIM 3D de planos arquitectónicos .dxf	5 meses	20/11/2023	19/04/2024
3	Proyecto Constructivo de obra civil e instalaciones (Diseño Conceptual)	7 meses	20/04/2024	15/06/2024
4	Proyecto Constructivo de obra civil e instalaciones (Diseño Definitivo)	7 meses	16/06/2024	26/06/2024
5	Modelo BIM en Realidad Virtual	8 meses	23/07/2024	26/07/2024
6	Presupuesto y memoria técnica	9 meses	15/08/2024	23/08/2024

## Objetivos BIM de la EPN para la redacción del Proyecto.

Los objetivos BIM para este proyecto están destinados a impulsar la estandarización y digitalización de la información. Los principales objetivos en la fase de redacción del proyecto son los siguientes:

- Eficiencia en la redacción del proyecto: Mejorar la visualización de la información para facilitar la toma de decisiones y el estudio de alternativas de diseño. Además, mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas para reducir errores en el proceso constructivo.
- Uso de modelos BIM como fuente principal de documentación: Utilizar los modelos BIM como fuente principal de información para la generación de documentación 2D en los entregables.
- Coordinación 3D para el estudio de fases de obra: Emplear modelos BIM (coordinación 3D) para un mejor estudio de las fases de obra propuestas y para la coordinación integrada del proyecto.
- Fines comerciales y visualizaciones: Utilizar los modelos BIM para fines comerciales, como visualizaciones y recorridos virtuales.
- Repositorio común de información y estándares: Facilitar la transferencia de información entre los profesionales involucrados en el proyecto mediante el uso de

una carpeta compartida de información y la aplicación de estándares y codificación de elementos.

- Centralización de información técnica: Contar con un modelo de información centralizado que recoja todas las técnicas utilizadas en cada fase del proyecto actual y futuros.
- Coherencia, transparencia y factibilidad: Garantizar que el proyecto sea construible y cumpla con los estándares de calidad establecidos.

## **Requerimientos BIM de la EPN**

### **Principio General**

El consultor/contratista será el responsable de designar todos los modelos digitales de información y su correcta coordinación entre los miembros involucrados en el proyecto. Estará en la libertad de gestionar las subcontrataciones necesarias y asegurar que la información generada durante el proyecto cumpla con los estándares de seguridad; por tanto, tiene la obligación de realizar controles y revisiones periódicas a fin de que el proyecto siga el ritmo planteado. El consultor/ contratista adopta el cargo de “coordinador BIM.”

### **Inclusión BIM en el proceso.**

La adopción de la metodología BIM para este proyecto se fundamenta en su capacidad para facilitar la coordinación en tiempo real de las diversas actividades involucradas.

Al contar con una plataforma centralizada y trazable, se promueve una comunicación más fluida y un intercambio de datos eficiente, lo que significa una mayor eficacia en la toma de decisiones y la detección temprana de posibles conflictos. Los modelos se deberán actualizar de manera progresiva cumpliendo el calendario de actividades propuesto.

### **Propiedad del modelo.**

La EPN (Escuela Politécnica Nacional) se declara propietaria de toda la información producida en el proyecto, y permite al consultor el derecho de uso de esta información durante el periodo de redacción del proyecto.

En el desarrollo del proyecto, el director de Obra será el responsable de verificar la autenticidad de los modelos realizados por parte de cada área.

### **Requisitos para los licitadores.**

Los licitadores deberán presentar un pre-Plan de Ejecución BIM (pre-PEB) de acuerdo con la plantilla proporcionada en el Anexo nº 2. Este pre-PEB debe incluir una metodología específica que aborde los objetivos y requerimientos BIM establecidos por la EPN.

La estrategia de respuesta de cada licitador frente a los requerimientos BIM planteados será considerada parte importante de su oferta y será evaluada durante la fase de revisión de ofertas.

### Normativas y estándares por aplicar

Área	Normativa/Estándar
Arquitectura	NTE-INEN
Estructura	ACI-318-19 / NEC 15
Instalaciones	NPC (fontanería) ASTM (Pruebas en materiales)
BIM Management	ISO 19650
Gestión de Información BIM	ISO 19650-1 / ISO 19650-2

### 3 USOS DEL MODELO

#### Usos y Requerimientos BIM para la presente licitación

Seguendo la propuestas de los Usos BIM en la Guía de elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Fomento, los usos fundamentales del modelo BIM vinculados a los objetivos BIM exigidos por el Cliente/Consultor para esta licitación son los mencionados y detallados en la siguiente tabla de Usos BIM:

Nº Uso BIM	Uso BIM	Descripción del objetivo esperado	FASE 1 PROYECTO		FASE 2 OBRA		FASE 3 EXPLOTA CIÓN	Metodología propuesta
			Aplica	Responsable	Aplica	Responsable	Aplica	
1	Información Centralizada	Usar los modelos BIM como fuente única, estandarizada y centralizada de la información producida durante la redacción del proyecto para su almacenamiento en el CDE y para una mayor coherencia y uniformidad en la transferencia de información de la fase de obra a la fase de operación.	SI	Cliente/ Consultor	SI	Cliente/ Consultor	NO	Dotar a los modelos BIM de la estructura que les permita ser un centro de datos uniformados, estandarizados (que faciliten las labores documentales) y de registro de la información producida en el ciclo de vida del activo. Estos modelos y el resto de información de interés para el conjunto de agentes participantes y generada durante el contrato deberán seguir una estrategia de organización centralizada y colaborativa de información y una nomenclatura de archivos alineados con las directrices de las ISO 9001.

2	Diseño y Visualización. Dimensión 3D	Usar los modelos BIM para favorecer la visualización del avance de los trabajos permitiendo una mejor comprensión de los procesos y una más fácil anticipación en la toma de decisiones. Esto permite también favorecer el sistema de producción de información de la obra.	SI	Cliente/ Consultor	SI	Cliente/ Consultor	NO	<p>Consiste en usar los modelos para comunicar información visual entre los agentes durante la duración del contrato.</p> <p>De forma periódica, se entregarán a los técnicos de la Administración actualizaciones de los modelos de avance para vehicular a través de modelos tridimensionales el proceso de diseño de una infraestructura. Se permite, así, al conjunto de los agentes intervinientes desarrollar su labor técnica en mejores condiciones, utilizando la capacidad de visualización de los visores BIM gratuitos.</p>
3	Coordinación y chequeo de interferencias. Dimensión 3D	Mejorar la coordinación y coherencia de los proyectos y obras integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre disciplinas, incluso terceros externos al proyecto y avances de obra. Uso del modelo para	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	<p>Este Uso BIM tiene por objetivo mejorar la coordinación de los proyectos, integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre los agentes intervinientes, permitiendo una pronta y temprana identificación de interferencias y colisiones que puedan tener impactos durante el proceso de construcción. Se denomina interferencia en el entorno digital cuando hay dos elementos que ocupan el mismo espacio físico (digital) o cuando un cierto espacio</p>

		coordinación 3D y resolver colisiones antes.						libre necesario entre dos elementos no es respetado.
4	Diseño 3D del sistema hidrosanitario	Modelación de instalaciones hidrosanitarias de cada edificio y de áreas comunales, con optimización de consumo de agua.	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	<p>El proyecto se centra en el diseño y modelado de instalaciones hidrosanitarias para 18 torres, utilizando la metodología BIM y la norma ISO 19650 debido a la falta de directrices nacionales. Se establece un sistema de trabajo colaborativo en la nube, permitiendo la interacción en tiempo real entre los participantes y asegurando el manejo adecuado de la información mediante los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) y el Plan de Ejecución BIM (BEP).</p> <p>El objetivo es lograr eficiencia tanto en el diseño como en la construcción, así como optimizar el consumo de agua. Se investigan tecnologías avanzadas en muebles sanitarios que consumen menos agua, inspirándose en prácticas de sostenibilidad de otros países. Además, se exploran métodos de reutilización de agua para reducir costos y asegurar la efectividad.</p> <p>El proyecto se desarrolla cumpliendo con la normativa nacional de agua</p>

								potable y desagüe, integrando conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, con el apoyo de mentores institucionales.
5	Simulaciones Constructivas. Dimensión 4D	Uso de los modelos BIM para realizar simulaciones constructivas de la obra previas a la ejecución que permitan un mejor entendimiento y comunicación con el cliente.	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Periódicamente, se podrán generar visualizaciones de planificación de obra, actualizada al avance real de los tajos que permitan comparar de forma ágil y visual las divergencias (si existiesen) entre lo previsto y lo real. Esto permite de la misma forma la monitorización del proceso constructivo y la identificación temprana de fases que puedan ser conflictivas, logrando procesos constructivos más fiables.
6	Estimación del coste y obtención de mediciones. Dimensión 5D.	Usar modelos BIM con información clasificada y estandarizada permite garantizar un mayor grado de trazabilidad para las partidas que componen el presupuesto de los proyectos y las obras	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Los modelos deberán servir para vincular las cuantificaciones de los elementos a las partidas del Presupuesto, no solo obteniendo los precios unitarios del Presupuesto a partir de los modelos, sino estableciendo también un vínculo entre ambas fuentes, garantizando su coherencia. Gracias a esta vinculación, si un elemento cambia en el modelo, lo hará su medición y, por tanto, lo hará también el precio de

								la partida a la que ese elemento esté asociado.
7	Análisis Energético. Dimensión 6D.	Usar modelos BIM para el diseño pasivo para optimización en el consumo energético	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Se determinarán estrategias pasivas según las características climáticas de la región para realizar simulaciones energéticas y evaluar el impacto de decisiones de diseño en el rendimiento energético, considerando factores como la radiación solar y la iluminación natural.

#### **4. ENTREGABLES**

Al finalizar los trabajos el Consultor/Contratación elaborará los documentos entregables exigidos por el cliente para la presente licitación. Estos entregables son requeridos en formato habitual y un nuevo formato de entrega compuesto por los modelos y entregables BIM, y serán entregados al cliente según lo establecido en el apartado 2.2. Hitos del Proyecto y/o Obra del presente anexo.

Los documentos entregables en formato habitual son las ediciones en papel e informáticas (ejemplares resumidos y completos tanto en formato digital pdf como los ficheros originales) de los documentos realizados durante el desarrollo de los trabajos, que incluyen tanto el proyecto como todos los documentos necesarios para su elaboración, tramitación y aprobación.

El Consultor generará total o parcialmente los entregables requeridos en el presente contrato a partir del modelo desarrollado según quede establecido en estos requerimientos. Los entregables habituales deberán de estar vinculados con los modelos y entregables BIM (de tal forma que haya una relación biunívoca y trazable entre la información del formato habitual y los modelos generados).

##### **4.1 Entregables habituales**

A continuación, se establecen los mínimos de la documentación BIM que debe ser incluida en estos entregables en formato habitual o que se debe post-procesar con herramientas de software para generar estos entregables en formato habitual.

###### **4.1.1 Memoria y Anejos**

En el índice de documentación del proyecto deberán estar incluidos todos los entregables BIM requeridos.

En cada uno de los anejos a la Memoria deberá estar descrita la vinculación entre dicho anejo y los modelos de información en los que queda contemplada la información, de tal forma que haya una relación biunívoca entre la información de la memoria descriptiva, los cálculos realizados y los modelos generados.

En particular, los elementos constructivos deben estar nombrados de la misma forma en todos los documentos (memoria, anejos, planos, pliego y modelos) con el fin de garantizar una mayor trazabilidad y coherencia en la información generada.

###### **4.1.2 Planos**

Los modelos BIM han de ser el medio que da coherencia a la información contenida en el documento Planos. Para ello, los planos, en su mayoría, deberán provenir del modelo tridimensional de información. Quedarán detallados como parte del Plan de Ejecución BIM todos aquellos elementos que, por razones justificadas de dedicación requerida, no formen parte de los modelos BIM. Estos serán debidamente justificados por el Consultor y aprobados por la AOPJA.

Todos los planos que no provengan de los modelos tridimensionales de información deberán estar identificados debidamente por medio de una señal a pactar con la AOPJA. En el caso

de que el plano tenga información de distinta procedencia, se discriminará dentro del propio plano.

El Consultor deberá suministrar a la AOPJA los modelos nativos de trabajo que incluyan los planos del proyecto debidamente integrados y vinculados, sin menoscabo de la entrega tradicional del paquete de planos en formato CAD y PDF.

El índice de planos del proyecto deberá contener la siguiente información:

- Diferenciación entre planos provenientes de modelos tridimensionales de información, planos no provenientes de los modelos tridimensionales de información y planos con ambas procedencias.
- Modelo tridimensional nativo de información del que procede o al que queda vinculado.
- Código del plano conforme a codificación del PEB.

Para ello se usará una tabla que para cada uno de los planos realizados indique los siguientes valores:

Número de plano/ título / En BIM (x) / A partir de BIM (x) / Sin BIM (x)/Modelo / Código de plano

Plano en BIM: Plano 2 D que se obtiene directamente del modelo BIM sin post-procesar.  
Plano a partir de BIM: Plano 2D que se obtiene tras post-procesar la documentación obtenida del modelo. Plano sin BIM: Plano 2D que no se obtiene del modelo

Los planos de definición geométrica y replanteo de los elementos básicos de la actuación se obtendrán o directamente del modelo o a partir del modelo con post-procesado.

#### **4.1.3 Presupuestos**

En la definición de las unidades de obra (cuadros de precios) quedará reflejado si la unidad está incluida en los modelos tridimensionales de información, y será obligatorio seguir la misma codificación de unidades en todos los documentos (PPTP y presupuesto). Cada objeto o elemento modelado tendrá asignada una unidad presupuestaria de forma directa y unívoca.

Las mediciones extraídas de los modelos tridimensionales de información deberán representar un % del valor del Presupuesto Ejecución Material que sea representativo del mismo, será ofertado por el licitador y formará parte de su oferta. Además, todas las mediciones volumétricas deberán provenir de los modelos tridimensionales de información.

Las mediciones deberán proceder de los modelos tridimensionales de información y deberán estar justificadas de esta forma. Siempre que quede justificado por el Consultor (y aprobado por el cliente) por alcance y plazo requerido, se aceptará que parte de las mediciones puedan proceder de la documentación de detalle no modelado en BIM.

Para todas las mediciones, el Consultor entregará una justificación de las mediciones incluidas en el presupuesto.

Finalmente, el Consultor presentará en su propuesta de PRE- PEB su estrategia de seguimiento y justificación de las mediciones, tanto de las provenientes de los modelos de información como de los planos de detalles.

#### **4.2 Entregables BIM del Proyecto Constructivo**

Será de carácter obligatorio el cumplimiento enumerar dentro del PEB el listado de documentación BIM que debe ser entregada para la consecución del proyecto mediante tabla de hitos indicados en el apartado 2.2. Estos entregables BIM incluirán al menos:

- Plan de Ejecución BIM
- Modelos e información BIM del proyecto constructivo (en formatos nativos y de intercambio abierto).

Los modelos de información en formato abierto constituirán los entregables contractuales, siendo los modelos editables (nativos) entregables adicionales. El modelo de la solución definitiva del proyecto (modelo integrado) es el resultado de la combinación o integración de los diferentes modelos parciales, desarrollado por el coordinador BIM del contrato. Este modelo se utilizará para la verificación de la coherencia de este con los entregables finales (planos y presupuesto principalmente). Se entregará los modelos integrados en formatos compatibles con visores gratuitos de modo que se pueda comprobar la coherencia.

##### **4.2.1 Plan de Ejecución BIM**

En un plazo inferior a los 30 días de la firma del contrato, el Adjudicatario entregará el PEB para aprobación.

##### **4.2.2 Modelos BIM**

Parte de los entregables BIM son los modelos BIM con toda la información generada durante el desarrollo de los trabajos. A la finalización de los trabajos, y coincidiendo con la entrega de los documentos en formato habitual, se entregarán los modelos BIM en formato abierto y en formato nativo con el nivel de información (geométrica, no gráfica y vinculada) de los elementos según el nivel requerido y los requerimientos mínimos incluidos en el presente anexo. Toda la información vinculada generada durante el proceso de producción estará correctamente asociada.

#### **4.3 Entregables BIM de Obra**

A continuación, se describe la documentación BIM que debe ser incluida durante el seguimiento de las obras y la interrelación entre entregables.

##### **4.3.1 Planos de Obra Ejecutada**

Los modelos BIM han de ser el medio que da coherencia a la información contenida en el documento Planos. Para ello, los planos deberán provenir del modelo tridimensional de información. Quedarán detallados como parte del Plan de Ejecución BIM todos aquellos

elementos que, por razones justificadas de plazos y dedicación requeridos, no formen parte de los modelos BIM. Estos serán debidamente justificados por el contratista y aprobados por el cliente.

Todos los planos que no provengan de los modelos tridimensionales de información deberán estar identificados debidamente por medio de una codificación dada. En el caso de que el plano tenga información de distinta procedencia, se discriminará dentro del propio plano

El contratista deberá suministrar al cliente los modelos nativos de trabajo que incluyan los planos del proyecto debidamente integrados y vinculados, sin menos cabo de la entrega tradicional del paquete de planos en formato CAD.

#### **4.3.2 Certificaciones de Obra**

En la definición de las unidades de obra (cuadros de precios) quedará reflejado si la unidad está incluida en los modelos tridimensionales de información, y será obligatorio seguir la misma codificación de unidades en todos los documentos de certificación de obras y para el presupuesto de liquidación.

#### **4.3.3 Cartografía base y geometría resultante**

Además del formato tradicional (CAD), se entregará modelo nativo y modelo exportado a IFC garantizando el traspaso de información en la exportación entre modelo nativo y archivo IFC.

#### **4.3.4 Modelos de infraestructura existentes**

A partir de las nubes de puntos y contrastado con la información CAD o 2d disponible, se realizará el modelado de la infraestructura existentes.

El modelo deberá contener los sets de propiedades definidos por el cliente para los alcances requeridos, siguiendo lo definido en el apartado Niveles de Información no gráfica.

#### **4.3.5 Caracterización geotécnica del corredor y de las estructuras**

Caracterización geotécnica del corredor y de la estructura con los datos de proyecto y los obtenidos durante el Plan de Calidad de la Obra en formato tradicional (doc, Excel, pdf, CAD), se deberá adjuntar el modelo nativo y su exportación a IFC.

#### **4.3.6 Modelos y biblioteca “as built” vinculadas**

Todas las entregas anteriores se deberán organizar e integrar en una entrega con los modelos y biblioteca “as built” de la obra ejecutada incluyendo la vinculación con los planos y la documentación técnica necesaria para el mantenimiento debidamente integrado en el

modelo federado de la biblioteca as built de la actuación construida, sin menos cabo de la entrega tradicional del proyecto constructivo as built en digital y editable.

#### 4.4 Niveles de Desarrollo de los modelos

##### 4.4.1 Niveles de información Geométrica (LOD)

El Nivel de Desarrollo (LOD) para identificar el detalle al que se va a llegar con los elementos que experimenten cambios debido a la realización de la obra de los diferentes modelos estará conforme a los niveles de desarrollo siguientes incluidos en el último estándar reconocido mundialmente publicado por el BIM Forum en diciembre de 2021, conocido como "Level of Development Specifications".

Dentro del Plan de Ejecución BIM se incluirán de forma explícita los elementos que, debido a plazos y dedicación justificados, no estarán incorporados en los modelos BIM. Las propuestas que excedan el nivel de detalle geométrico exigido por el cliente no serán consideradas como valor añadido.

LOD	Definición
LOD 100	En términos conceptuales: representación en tres dimensiones de forma básica y de colores sencillos del objeto que ocupa el espacio, utilizando solo los detalles esenciales necesarios para su identificación.
LOD 200	De forma genérica: modelo genérico con identificación del tipo de objeto y sus componentes principales, además de dimensiones aproximadas
LOD 300	En términos específicos: modelo detallado y preciso de un objeto en particular, diseñado para identificar los materiales, tipos y componentes utilizados en su construcción. Esta representación incluye las dimensiones exactas del objeto y es adecuada para un diseño completo y finalizado.
LOD 350	El Elemento del Modelo se representa gráficamente dentro del Modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
LOD 400	En el contexto de la fabricación: modelo detallado, preciso y concreto del objeto, creado de acuerdo con los requisitos de construcción específicos. Este modelo asegura que todas las partes y detalles relevantes estén presentes en el modelo, facilitando el proceso de producción y garantizando que se cumplan las especificaciones requeridas para la fabricación exitosa del objeto.
LOD 500	En referencia al "modelo AsBuilt": representación que muestra la forma real y ejecutada de una infraestructura o proyecto, reflejando con precisión cómo ha sido construido en la realidad.

##### 4.4.2 Niveles de Información no gráfica (LOI)

La información no gráfica de los elementos en los modelos seguirá la estructura del set de propiedades establecido por la AOPJA, y estará organizada de manera uniforme y conforme a estándares.

<b>SET DE PROPIEDADES DE AOPJA</b>		
<b>IDENTIFICADOR DEL PARÁMETRO</b>	<b>TIPO CAMPO</b>	<b>VALOR POSIBLE</b>
<b>01_JAND_IDENTIFICACION</b>		
01_01_JAND_PROYECTO	texto	Código de proyecto
01_02_JAND_GUID	texto	Código GUID (IFC) del elemento
01_03_JAND_SCFclass_des_funcion	texto	Descripción del código de Sist. Class SCF-RIH por función del elemento
01_04_JAND_SCFclass_cod_funcion	texto	Numero de código de Sist. Class SCF-RIH por función del elemento
01_05_JAND_DEN_MODELO_DISCIPLINA	texto	Denominación del modelo al que pertenece el elemento
01_06_JAND_DES_MODELO_DISCIPLINA	texto	Descripción del modelo de disciplina según el PEB
01_07_JAND_SUBDISCIPLINA	texto	Denominación de subdisciplina según el PEB
01_08_JAND_TRAMO GEOLOCALIZACION	O texto	Código del tramo o geolocalización del proyecto según PEB
01_09_JAND_SUBDIVISIONES		Código de la subdivisión del modelo al superar los 250 MB
01_0N_JAND_XXXXXXXXXX	texto	Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>02_JAND_CANTIDADES</b>		
02_01_JAND_UDMED	ud	Código que fija la ud de medida de esta unidad presupuestaria
02_02_JAND_N°UDPRES	XX,XX ud	Código que fija la medición de la unidad presupuestaria
02_03_JAND_LONGITUD	XX,XX m	Dato geométrico de longitud elemento
02_03_JAND_ALTURA	XX,XX m	Dato geométrico de altura elemento
02_03_JAND_ANCHO	XX,XX m	Dato geométrico de ancho elemento
02_04_JAND AREA	XX,XX m2	Dato geométrico de área del elemento
02_05_JAND_VOLUMEN	XX,XX m3	Dato geométrico de volumen de elemento
02_0N_JAND_XXXXXXXXXX		Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>03_JAND_PROYECTO</b>		

03_01_JAND_FASE	texto	Código de la fase de obra a la que hace referencia el elemento
03_02_JAND_PLANOS	url*	URL a la ubicación en el CDE de los planos
03_03_JAND_PPTP	url*	URL a la ubicación en el CDE del artículo del PPTP
03_04_JAND_CAP_PRESUP	texto	Código del capítulo del presupuesto en el que se encuentra el elemento
03_05_JAND_SUBCAP_PRESUP	texto	Código del subcapítulo del presupuesto en el que se encuentra el elemento
03_06_JAND_UD_PRESUP_i	texto	Código del coste de la unidad presupuestaria del elemento
03_07_JAND_PRECIO_UD_PRESUP_i	número	Precio de ejecución material de la unidad presupuestaria
03_07_JAND_XXXXXXXX		Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>04_JAND_OBRA</b>		
04_01_JAND_TAREA	texto	Código de la tarea del plan de obra a la que pertenece el elemento
04_02_JAND_MES_EJECUCION_Nº_i	texto	Mes primero (i)/año de ejecución de dicho elemento
04_02_JAND_MES_EJECUCION_Nº_i+1	texto	Mes segundo (i+1)/año de ejecución de dicho elemento
04_02_JAND_MES_CERTIFICACION_Nº_i	texto	Número de certificación en la que se incluye dicho elemento (i)
04_02_JAND_CERTIFICACION_Nº_i+1	texto	Número de certificación en la que se incluye dicho elemento (i+1 en caso de varias certf.)
04_03_JAND_%_EJECUTADO_ACUMULADO	número	Porcentaje del elemento ejecutado en certificación en última certificación
04_04_JAND_ENSAYOS	url*	Ruta para acceder a los documentos del plan de calidad de la obra
04_05_JAND_FICHA_TECNICA	url*	Ruta o nombre para acceder a la ficha técnica en cuestión o su referencia.
04_06_JAND_ASBUILT_PLANO	url*	Ruta o referencia a planos as built, ruta o nombre del documento
04_07_JAND_ASBUILT_DOC	url*	Ruta o referencia a documento as built, ruta o nombre del documento

04_0N_JAND_XXXXXXX		Deberá ser configurado y consensuado entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>SET DE PROPIEDADES DE AOPJA METROS</b>		
<b>IDENTIFICADOR DEL PARÁMETRO</b>	<b>TIPO CAMPO</b>	<b>VALOR POSIBLE</b>
<b>07_AOPJA_EXPLO_T_Y_MANTEN</b>		
07_01_CodigoActivo_COD_GMAO	xxxxxxx	Número de activo único que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de activos.
07_02_DenominaciónActivo_COD_GMAO	texto	Denominación de activo que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de activos.
07_03_ClaseEquipo_TIP_GMAO	XX-XXX	Tipo de activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina como "Clase de equipo"
07_04_DenominaciónEquipo_ACT	texto	Tipo de activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina como "Denominación de equipo"
07_05_MantenedorActivo_MAT_GMAO	XX	Mantenedor que tiene asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina "Unidad de negocio".
07_06_Denom.MANTActivo_MAT_GMAO	XX	Denominación del mantenedor e asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que ha incluido este set propiedades

Considerando lo mencionado anteriormente, se establece el nivel de desarrollo requerido para cada disciplina y elemento de la siguiente manera:

<b>Estructura de los proyectos por modelos y disciplinas</b>	<b>Nivel de desarrollo</b>
<b>Fase de proyecto</b>	<b>Fase I</b>
<b>Estado actual (elementos existentes) - EA</b>	
Topografía	LOD300
Edificios existentes	LOD350
Cimentaciones	LOD350
Estructuras (horizontales y verticales)	LOD350
Aceras	LOD300
Calzada, elementos del vial y señalización	LOD300
Arbolado y jardinería	LOD300
<b>Obras lineales - Trazado de vía - OL</b>	
Movimientos de tierras	LOD300
<b>Reposición de servicios afectados- RS</b>	
Red Eléctrica	LOD300
Red de Agua Potable	LOD300
Red de Saneamiento	LOD300
Red de Riego	LOD300

## **ANEXO VII. BEP (Plan de Ejecución BIM) del proyecto**

**BEP (BIM Execution Plan)**



### **BIM EXECUTION PLAN**

Alex Añilema

Pamela Calo

Belén Galán

Luis Jiménez

Mateo Jiménez

Esteban Sango

**Proyecto:**

***Conjunto Habitacional “San Francisco del Norte”***

**Julio 2023**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

BIM EXECUTION PLAN .....	1
REVISIÓN REGISTRADA .....	1
INFORMACIÓN DEL PROYECTO .....	1
CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....	2
CONTACTOS CLAVE DEL PROYECTO .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO .....	4
REQUISITOS DE COMPETENCIA DE USO BIM .....	5
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SU TRANSFERENCIA .....	7
MEDICIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS (pendiente) .....	8
NORMATIVAS Y ESTÁNDAR POR APLICAR .....	8
MANEJO DE ARCHIVOS .....	9
COMUNICACIONES .....	12
ENTIDADES MÍNIMAS POR CADA TIPO DE MODELO BIM .....	13
NIVEL DE DESARROLLO DE LOS MODELOS .....	14
DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO .....	14
ESTRUCTURA DE CARPETAS .....	18



#### BIM EXECUTION PLAN

PREPARADO POR:	EMPRESA:	FECHA:
Alex Añilema (AA) Pamela Calo (PC) Belén Galán (BG) Luis Jiménez (LJ) Mateo Jiménez (MJ) Esteban Sango (ES) Pablo Pinto (PP)	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	01/08/2023

#### REVISIÓN REGISTRADA

REVISIÓN	FECHA	ENCARGADO	COMENTARIOS
R001	15/09/2023	ES	Se actualizó la información de contacto de BIM Manager
R002	20/11/2023	PP	Revisión
R003	1/07/2023	PC	Actualización de carpetas
R004	16/07/2024	BG	Actualización de fechas
R005	16/7/2024	PP	Revisión

#### INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:	Conjunto Habitacional "San Francisco del Norte"
----------------------	---



Promotor:	Pablo Pinto
Dirección del Proyecto / Ubicación:	Sector Carretas, entre la Avenida Panamericana Norte y las calles C. del Hierro y Los Cóndores
Breve descripción del Proyecto:	Conjunto habitacional con un área de construcción de 13.000 m2 que consta de 18 torres residenciales con 18 departamentos cada una.
Tipo de contrato / Método de entrega:	Contrato llave en mano
Compromiso del contratista	

#### **CRONOGRAMA DEL PROYECTO**

<b>Hito del proyecto</b>	<b>Fecha estimada de inicio</b>	<b>Fecha estimada final</b>
Entrega PEB	5/11/2023	19/11/2023
Entrega modelo Arquitectónico	20/11/2023	19/04/2024
Diseños conceptuales (estructural, hidrosanitario, eléctrico)	20/04/2024	15/06/2024



Diseños definitivos (estructural, hidrosanitario, eléctrico)	15/06/2024	26/06/2024
Construcción en Realidad Virtual	23/07/2024	26/07/2024
Entrega de presupuesto y presentación final	15/08/2024	23/08/2024

#### CONTACTOS CLAVE DEL PROYECTO

Rol	Disciplina	Compañía	Nombre	Detalles del contacto
BIM Manager	Gestión de Procesos BIM	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Pablo Pinto (PP)	Telf.: 0987664184 Email: <a href="mailto:pablo.pinto@epn.edu.ec">pablo.pinto@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Estructuras	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Alex Añilema (AA)	Telf.: 0988355016 Email: <a href="mailto:alex.anilema.a@gmail.com">alex.anilema.a@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Hidrosanitario	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Mateo Jiménez (MJ)	Telf.: 0956841244 Email: <a href="mailto:mateo.jimenez@gmail.com">mateo.jimenez@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Climatización	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Luis Jiménez (LJ)	Telf.: 0986987455 Email: <a href="mailto:luis.jimenez@gmail.com">luis.jimenez@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Coordinador BIM	Arquitectura / Costos	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Esteban Sango (ES)	Telf.: 0979289326 Email: <a href="mailto:esteban.sango@epn.edu.ec">esteban.sango@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador

3



Responsable BIM	Arquitectura / Construcción virtual	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Belén Galán (BG)	Telf.: 0984022892 Email: <a href="mailto:belengalan123@gmail.com">belengalan123@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Programación de Obra	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Pamela Calo (PC)	Telf.: 0984455777 Email: <a href="mailto:deysi.calo@epn.edu.ec">deysi.calo@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Realizar una correcta inspección del sitio de implantación de la obra para asegurar que todas las condiciones del terreno se encuentren cargadas en los modelos BIM.
- Utilizar las herramientas de diseño BIM para modelado y construcción virtual que faciliten la comprensión y ejecución del proyecto.
- Crear modelos y planos arquitectónicos
- Crear planos ingenieriles para todas las disciplinas involucradas (estructural, eléctrica, hidrosanitaria).
- Establecer códigos prácticos para el manejo e identificación de elementos de modelado y documentación mejorando la organización y gestión del proyecto.
- Fomentar la colaboración entre arquitectos, ingenieros, constructores y clientes involucrados en el proyecto mediante el uso de herramientas BIM.
- Emplear Navisworks para realizar análisis de colisiones y detectar posibles errores entre las diferentes especialidades antes de la fase de construcción, evitando retrasos o cambios costosos.
- Crear un modelo 3D central que abarque todas las disciplinas (estructural, eléctrica, hidrosanitaria) y que sirva como referencia de todo el equipo de trabajo para implementar sus modelos.

4



- Utilizar BIM 5D para realizar el cálculo de costos detallados y precisas, analizando oportunidades de ahorro y optimización de recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Utilizar herramientas de realidad aumentada como Enscape para supervisar detalladamente el avance de los modelos en tiempo real, asegurando que el proyecto se desarrolle según lo planificado y cumpla con los estándares de calidad establecidos.

#### REQUISITOS DE COMPETENCIA DE USO BIM

Uso BIM	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Valor para el proyecto	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Responsabilidades pertinentes	Valor para las responsabilidades pertinentes (Alta/Media/Baja)
-Condiciones actuales de modelado	Media	Conocimiento en las herramientas BIM	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Programación de obra -Presupuestos	Alta	Conocimiento de suministros de construcción y entendimiento del manejo de software especializado	Alta	PC/ES	Alta
-Análisis en el sitio de la obra	Media	Entendimiento de las normas del mercado inmobiliario y locales	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta



<b>-Diseño arquitectónico</b>	Alta	Herramientas de modelado	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
<b>-Análisis estructural -Análisis hidrosanitario -Análisis energético</b>	Alta	Herramientas de diseño y modelado	Alta	AA/LJ/MJ	Alta
<b>-Examinar conflictos posibles</b>	Alta	Conocimiento de software en detección de conflictos	Alta	ES	Alta
<b>-Validación de códigos</b>	Media	Entendimiento de la normativa ISO 19650 y la PAS-1192-2013	Alta.	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
<b>-Coordinación 3D</b>	Media	Ser BIM Manager	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
<b>-Diseño del sistema constructivo</b>	Media	Conocimientos en estructuras y arquitectura	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
<b>-Tener el modelo en formato digital</b>	Alta	Ser BIM Manager	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
<b>-Control de la obra en 3D</b>	Alta	Experiencia en control de calidad y control de obras	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta

6



#### GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SU TRANSFERENCIA

Uso BIM	Responsables	Software	Versión	Formato del archivo
<b>Condiciones existentes de modelado</b>	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
<b>Presupuestos</b>	ES	PRIMUS NAVISWORKS	2023	.ifc
<b>Programación de obra</b>	PC	SYNCHRO MS PROJECT	2019 2018	.cyp .xml .ifc
<b>Análisis de sitio</b>	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	N/A		
<b>Diseño arquitectónico</b>	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
<b>Análisis estructural</b>	AA	ROBOT STRUCTURAL AUTOCAD	2023 2022	.ifc .ifc
<b>Análisis hidrosanitario</b>	MJ	H-CANALES 3.1 AUTOCAD	2021 2021	.ifc .ifc
<b>Clash detection</b>	PC	NAVISWORK	2018	.nvw
<b>Validación de códigos</b>	ES	WORD	2016	.docx
<b>Coordinación 3D</b>	PC	NAVISWORK	2018	.ifc
<b>Fabricación digital</b>	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
<b>Control de obra 3D</b>	PC	SYNCHRO	2018	.xml .ifc
<b>Análisis Energético</b>	LJ	INSIGHT	2023	.ifc
<b>Construcción Virtual</b>	BG	REVIT	2023	.rvt

7



#### MEDICIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS

Project datum	-
Heigh datum	-
Project location	-
Model positioning	-

#### NORMATIVAS Y ESTÁNDAR POR APLICAR

Disciplina	Normas por utilizar
Arquitectura	NTE-INEN, NEC-HS-EE: Eficiencia Energética
Estructura	ACI-318-19 / NEC 15
Instalaciones	NEC 11 capitulo 16, Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q, y Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. (fontanería) NEC-SB-IE: Instalaciones Eléctricas (eléctrico)
Facility Management	ISO 18480-1/BUILDING SMART. DOC 12
BIM Management	ISO 19650
Gestión de Información BIM	ISO 19650-1 / ISO 19650-2

8



#### MANEJO DE ARCHIVOS

*Archivos gráficos.*

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción
P01	-	BSD	-	SFN	-	M3D	-	ARQ	-	001	-	MODELO CENTRAL

**Ejemplo:** P01-BSD-SFN-M3D-ARQ-001-MODELO CENTRAL.rvt

Tipo de Archivo	Código
MODELO 3D	M3D
MODELO 2D (PLANOS)	M2D
MODELO DE INFORMACIÓN PROPIETARIO	MIP
MODELO FEDERADO	MFD
NUBE DE PUNTOS	NPU
OBJETO BIM	OBM

Disciplina	Código
ARQUITECTURA	ARQ

9



<b>ESTRUCTURAL</b>	EST
<b>HIDROSANITARIO</b>	HID
<b>ELÉCTRICO</b>	ELE
<b>TOPOGRAFÍA</b>	TOP
<b>GEOLOGÍA</b>	GEO
<b>CORDINACIÓN</b>	COR

*Archivos no gráficos.*

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción
P01	-	BSD	-	SFN	-	PEB	-	COR	-	001	-	PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Ejemplo: P01-BSD-SFN-PEB-COR-001-PLAN DE EJECUCIÓN BIM.docx

Tipo de Archivos	Código
<b>REPORTES HTML</b>	HTM
<b>REPORTE</b>	RP
<b>MEMORIAS TÉCNICAS</b>	MT
<b>ACTAS</b>	AC
<b>PRESENTACIÓN</b>	PR

10



<b>HOJA DE CÁLCULO</b>	HCL
<b>PLAN DE EJECUCIÓN BIM</b>	PEB
<b>REQUISITOS DE INFORMACIÓN BIM</b>	EIR

Disciplina	Código
<b>CORDINACIÓN</b>	COR
<b>ARQUITECTURA</b>	ARQ
<b>ESTRUCTURAL</b>	EST
<b>HIDROSANITARIO</b>	HID
<b>ELÉCTRICO</b>	ELE
<b>PLANIFICACIÓN</b>	PLN
<b>COSTOS</b>	COS

11



<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	EFE
<b>VIRTUALIZACIÓN</b>	VIR

### COMUNICACIONES

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción / Fecha
P01	-	BSD	-	SFN	-	MEM	-	VIR	-	001	-	15/05/2024

Ejemplo: P01- BSD- SFN- MEM- VIR-001-15/05/2024

Tipo de Archivo	Código
<b>MEMORANDO</b>	MEM
<b>OFICIO</b>	OF
<b>COMUNICACIÓN</b>	COM
<b>CIRCULAR</b>	CIR

12



### ENTIDADES MÍNIMAS POR CADA TIPO DE MODELO BIM

Modelos BIM	Entidades (IfcElement)	Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Cimentaciones (IfcFooting)	Zonas/Espacios (IfcSpace-IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)	Losas (IfcSlab)
Modelo Central		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Modelo ARQ		•					•			
Modelo EST		•				•		•	•	•
Modelo HID		•								
Modelo ELE		•								

Modelos BIM	Entidades (IfcElement)	Muros (IfcWall)	Ventanas (IfcWindow)	Puertas (IfcDoor)	Cubiertas (IfcRoof)	Cielos Falsos (IfcCovering)	Escaleras (IfcStair)	Equipos e Instalaciones (IfcFlowTerminal)	Muebles (IfcFurniture)	MEP (IfcMEP)
Modelo Central		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Modelo ARQ		•	•	•	•	•		•	•	
Modelo EST							•			
Modelo HID								•		•
Modelo ELE								•		•

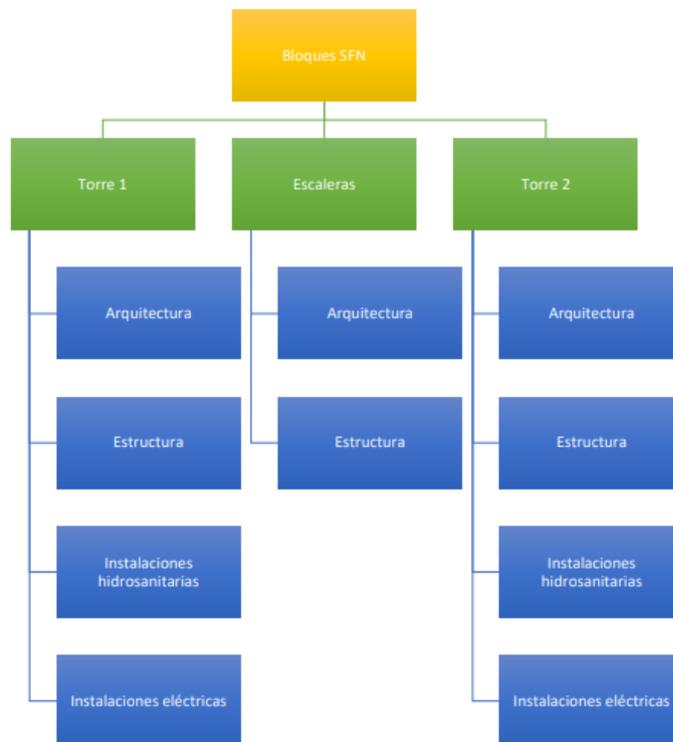
13

## NIVEL DE DESARROLLO DE LOS MODELOS

Estructura de los proyectos por modelos y disciplinas	Nivel de desarrollo
Fase de proyecto	Fase 1
Estado actual (elementos existentes) - EA	
Topografía	LOD300
Edificios existentes	LOD350
Cimentaciones	LOD350
Estructuras (horizontales y verticales)	LOD350
Aceras	LOD300
Calzada, elementos del vial y señalización	LOD300
Arbolado y jardinería	LOD300
Obras lineales - Trazado de vía - OL	
Movimientos de tierras	LOD300
Reposición de servicios afectados- RS	
Red Eléctrica	LOD300
Red de Agua Potable	LOD300
Red de Saneamiento	LOD300
Red de Riego	LOD300

## DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO

Para organizar la estructura del proyecto se utilizará un EDT (Estructura de Descomposición de los Paquetes de Trabajo) con la finalidad de organizar y definir el alcance total del proyecto, su forma jerárquica facilitará la identificación de los elementos y especialidades. Servirá como base para la planificación de los modelos.



16



Arquitectura	Código
ALBALIÑERÍA	ALB
ACABADOS	ACB
CARPINTERÍA	CRP
MOBILIARIO	MBL

Estructura	Código
CIMENTACIÓN	CIM
COLUMNAS	COL
VIGAS	VIG
LOSA	LOS
MURO	MUR

Instalaciones Hidrosanitarias	Código
AGUA POTABLE FRÍA	APF
AGUA POTABLE CALIENTE	APC
AGUAS SANITARIO	ASS
AGUAS LLUVIA	ALL

Instalaciones Eléctricas	Código
TOMACORRIENTES	FRZ
ILUMINACIÓN	ILU

17



## ESTRUCTURA DE CARPETAS

- ▼ 01.MODELOS 3D
  - ▼ 01.ARQUITECTONICO
    - > 01.MODELO CENTRAL
    - > 02.LOCAL ALEX
    - > 03.LOCAL PAMELA
    - > 04.LOCAL BELEN
    - > 05.LOCAL LUIS
    - > 06.LOCAL MATEO
    - > 07.LOCAL ESTEBAN
  - > 02.ESTRUCTURAL
  - > 03.HIDROSANITARIO
  - > 04.ELECTRICO
  - > 05.OBJETOS BIM
- ▼ 02.DOCUMENTOS TECNICOS
  - > 01.DOCUMENTACION TIC
  - ▼ 02.MEMORIAS Y CALCULOS
    - > 2. ESPECTRO NEC
- ▼ 03.ARCHIVOS CAD
  - > 01.ARQUITECTONICO
  - > 02.ESTRUCTURAL
  - > 03.HIDROSANITARIO
  - > 04.ELECTRICO