

**APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM, EN LA PLANIFICACIÓN DE  
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, PARA LA DETECCIÓN Y AJUSTE DE  
COLISIONES RELACIONADAS CON REDES DE GAS, HIDRÁULICAS Y  
CONTRAINCENDIO**

**MARÍA CATALINA ARDILA CHACÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2018**

**APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM, EN LA PLANIFICACIÓN DE  
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, PARA LA DETECCIÓN Y AJUSTE DE  
COLISIONES RELACIONADAS CON REDES DE GAS, HIDRÁULICAS Y  
CONTRAINCENDIO**

**MARÍA CATALINA ARDILA CHACÓN**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Civil.**

**Director:**

**OMAR GIOVANNY SÁNCHEZ RIVERA**

**Ms.C. en Ingeniería en Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, agradecerle a Dios por haberme guiado en este camino y hacer posible cumplir un objetivo más lleno de muchas bendiciones y éxitos.

Mis más sinceros agradecimientos a mis familiares que con su infaltable acompañamiento y su amor incondicional son los principales partícipes de este logro.

Agradecimientos al director de proyecto, MSc. Omar Giovanni Sánchez Rivera y codirectora, Ing Karen Milady Castañeda Parra por su buena disposición y orientación en el presente proyecto.

Un agradecimiento muy especial a la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S por permitirme realizar las prácticas empresariales en sus instalaciones y haberme brindado las valiosas herramientas para culminar este camino.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 BIM .....	16
2.2 SOFTWARE BIM .....	16
2.3 RED HIDRÁULICA.....	17
2.4 RED CONTRA INCENDIO.....	18
2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS .....	18
3. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	20
3.1 GENERALIDADES .....	20
4. METODOLOGÍA .....	21
4.1 GESTIÓN Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO PARA SU ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN PRELIMINAR .....	22
4.2 ESTUDIO DE LA NORMATIVA VIGENTE APLICADA EN LAS REDES HIDRÁULICAS, CONTRA INCENDIOS Y GAS .....	23
4.3 ADQUISICIÓN DE MODELOS BIM 3D DE LA ESTRUCTURA, ARQUITECTURA Y URBANISMO.....	24
4.4 APOYO EN EL DISEÑO Y MODELAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	26
4.4.1 Protocolo de trabajo.....	26
4.4.2 Trazado y modelado de la Red Contra incendios .....	27
4.4.3 Diseño de la Red Contra incendios.....	28
4.4.4 Trazado y modelado de la Red de Gas .....	32

4.4.5 Diseño de la Red de Gas .....	34
4.4.6 Trazado y modelado de la Red Hidráulica .....	38
4.4.7 Diseño de la Red Hidráulica.....	40
4.5 CHEQUEO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS .....	44
4.6 CANTIDADES DE OBRA.....	48
4.7 PRESUPUESTO DE OBRA.....	50
4.8 ENTREGABLES FINALES.....	50
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	55
6. CONCLUSIONES .....	57
BIBLIOGRAFIA.....	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Logo Arca Proyectos & Construcciones S.A.S. ....	20
Figura 2. Metodología de trabajo. ....	21
Figura 3. Modelo Estructural en Revit 2018. ....	25
Figura 4. Modelo Arquitectónico en Revit 2018. ....	26
Figura 5. Modelo Extintores Contra Incendios en Autodesk Revit 2018. ....	31
Figura 6. Modelo Red Contra Incendios en Autodesk Revit 2018. ....	31
Figura 7. Modelo Red de Gas en Autodesk Revit 2018. ....	38
Figura 8. Modelo Cuarto de Máquinas Red Hidráulica en Autodesk Revit 2018. ..	43
Figura 9. Modelo Red de Hidráulica en Autodesk Revit 2018. ....	44
Figura 10. Modelo Redes en Autodesk Navisworks 2018. ....	45
Figura 11. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018. ....	46
Figura 12. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018. ....	46
Figura 13. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018. ....	48
Figura 14. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018. ....	48
Figura 15. Cuadro de cantidades en Autodesk Revit 2018. ....	49
Figura 16. Modelo redes Frontino en Autodesk Revit 2018. ....	51
Figura 17. Plano tipo Red Contra incendios en Autodesk Revit 2018. ....	52
Figura 18. Plano tipo Red de Gas en Autodesk Revit 2018. ....	53
Figura 19. Plano tipo Red Hidráulica en Autodesk Revit 2018. ....	53
Figura 20. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018. ....	56

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Área construida del proyecto. ....	22
Tabla 2. Normas técnicas para el diseño. ....	24
Tabla 3. Tabla de interferencias. ....	47

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Cálculo diseño de montante red contra incendio.
- ANEXO B. Cálculo diseño de extintores red contra incendio.
- ANEXO C. Cálculo diseño red de gas de apartamentos.
- ANEXO D. Cálculo diseño de regulación red de gas.
- ANEXO E. Cálculo diseño de ventilación red de gas.
- ANEXO F. Cálculo diseño de red hidráulica de apartamentos.
- ANEXO G. Cálculo diseño de bombeo red hidráulica.
- ANEXO H. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.
- ANEXO I. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.
- ANEXO J. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.
- ANEXO K. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.
- ANEXO L. Cantidades de obra red contraincendios.
- ANEXO M. Cantidades de obra red de gas.
- ANEXO N. Cantidades de obra red hidraulica.
- ANEXO Ñ. Presupuesto redes hidráulica, gas y contra incendios.
- ANEXO O. Presupuesto redes hidrosanitarias, de gas y contraincendios.
- ANEXO P. Plano tipo Red Contraincendios en Autodesk Revit 2018.
- ANEXO Q. Plano tipo Red de Gas en Autodesk Revit 2018.
- ANEXO R. Plano tipo Red Hidráulica en Autodesk Revit 2018.

## RESUMEN

**TITULO:** APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM, EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, PARA LA DETECCIÓN Y AJUSTE DE COLISIONES RELACIONADAS CON REDES DE GAS, HIDRÁULICAS Y CONTRAINCENDIO\*.

**AUTORA:** MARÍA CATALINA ARDILA CHACÓN \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Red hidráulica, Red contraincendios, Red de gas, BIM “Building Information Modeling”, Análisis de interferencias, Corrección de interferencias, Cantidades de obra, Presupuesto.

### DESCRIPCIÓN:

El presente artículo de investigación busca evidenciar el proceso de la práctica realizada en la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S, como auxiliar de ingeniería apoyando el diseño y modelamiento de las redes hidráulicas, de contraincendios y gas bajo metodología BIM “Building Information Modeling” con herramientas que permiten coordinar las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto de construcción y de esta manera evitar interferencias, sobrecostos y retrasos en obra desde la etapa temprana del diseño, generándole a la empresa una relación costo-beneficio altamente favorable. Se presenta la descripción del diseño integral realizado durante el periodo de práctica que consta de un modelo tridimensional de las redes hidráulicas, de contraincendios y gas de Frontino Condominio, un proyecto de vivienda en el software Autodesk Revit 2018, un análisis y corrección de interferencias mediante Autodesk Navisworks 2018, cantidades de obra generadas en el modelo de Autodesk Revit 2018, presupuesto de obra a todo costo de las diferentes redes y como producto final memorias de cálculo en Microsoft Word 2016 explicando el proceso de diseño de acuerdo con la normativa vigente, cálculos realizados en Microsoft Excel 2016 de los respectivos diseños y planos detallados que cumplan con las especificaciones requeridas para aprobar los diseños por las entidades competentes.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Omar Giovanni Sánchez Rivera Ms.C. en Ingeniería en Civil

## ABSTRACT

**TITLE:** SUPPORT ASSISTANCE OF BIM IMPLEMENTATION IN THE PLANNING OF CONSTRUCTION PROJECTS: DETECTION AND COLLISIONS ADJUSTMENTS IN GAS, HYDRAULIC AND FIRE NETWORKS. \*

**AUTHOR:** MARÍA CATALINA ARDILA CHACÓN\*\*

**KEYWORDS:** Design, Hydraulic network, Fire network, Gas network, BIM "Building Information Modeling", Interference analysis, Interference correction, Construction quantities, Budget.

### DESCRIPTION:

The present research article aims to illustrate the process of a work placement undertaken in Proyectos y Construcciones S. A. S, as an engineering assistant, helping the design and the modelling of hydraulic, fire protection and gas networks using BIM (Building Information Modelling) methodology and other tools, which allow coordination of the various disciplines involved in a construction project. Indeed, the main purpose of these tools is to avoid interferences, costs overruns and delays in the completion of the work since its early stage, generating a suitable cost-benefit relationship to the company. This article, describes the integral design carried out during the placement period. The design of Frontino Condominio, a new housing project, consists of a 3D model of hydraulic, fire protection and gas networks, using Autodesk Revit 2018 Software, an analysis and correction of interferences using Autodesk Navisworks 2018, work quantities, also generated by Autodesk Revit 2018, costing and budgeting of the different networks. Lastly, as an end product, calculation logs in Microsoft Word 2016, explaining the design process in compliance with the applicable regulation, calculations made in Microsoft Excel 2016 of the respective designs and plans which also meet the specifications for design approval required by the relevant bodies.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Omar Giovanni Sánchez Rivera Ms.C. en Ingeniería en Civil

## INTRODUCCIÓN

La Industria de la construcción es una actividad fundamental y sumamente importante para el desarrollo cultural, social y económico de un país. Por esta razón, el sector de la construcción ha generado una alta competitividad en cuanto a costo, tiempo y calidad de los proyectos, satisfaciendo las necesidades de infraestructura de una nación. Sin embargo, a pesar de su importancia es común observar constantes incumplimientos, negligencias en el diseño, interferencias y atrasos en obra que representan grandes pérdidas, disminuyendo así la rentabilidad de los proyectos<sup>1 2</sup> . Las deficiencias desde el proceso de diseño son cada vez más notorias y la falencia radica en la falta de integración y coordinación entre las diferentes disciplinas para la detección de conflictos desde la etapa inicial del proyecto<sup>3</sup>.

Las metodologías tradicionales para la elaboración de diseños en un proyecto de construcción se basan en planos 2D con programaciones de obra imprecisas y poco detalladas. Hoy en día el uso de nuevas tecnologías en la industria de la construcción se ha convertido en un elemento clave para optimizar recursos, reducir riesgos y obtener mejores resultados incrementando así la eficiencia y sostenibilidad de una edificación en todo su ciclo de vida<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> SU DEFINICIÓN, CONCEPTO Y SIGNIFICADO ¿Qué es Industria de Construcción? -. [en línea] disponible en: <http://conceptodefinicion.de/industria-de-construccion/>

<sup>2</sup> ARCE MANRIQUE, S. (). Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras Bogotanas y propuesta de mejoras. Pontificia Universidad Javeriana. 2009 -. [en línea] disponible en:<http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis189.pdf>

<sup>3</sup> ASOBIM. ¿Por qué usar BIM? - ASOBIM Colombia. [en línea] disponible en: <http://asociacioncolombianabim.co/por-que-usar-bim/>

<sup>4</sup> MOJICA ARBOLEDA, A., & VALENCIA RIVERA, D. F. Implementación de las metodologías BIM como herramineta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, 53(9), 2012 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

En la actualidad el Building Information Modeling (BIM) ha demostrado ser una metodología eficiente para manejar toda la información de un proyecto de manera coordinada y detallada, permitiendo obtener construcciones sostenibles y eficientes al reducir considerablemente los costos, pérdida de materiales, incertidumbres, interferencias y de más factores que afectan el proceso constructivo <sup>5 6</sup>.

El contenido de este documento está orientado a la aplicación de la metodología BIM “Building Information Modeling” en redes hidráulicas, de contra incendio y gas de un proyecto de ingeniería en la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S. Se imita el proceso real de la construcción con el modelo tridimensional de las respectivas redes, el chequeo, análisis y corrección de interferencias, cantidades de obra y presupuesto de manera coordinada para el control y la correcta ejecución en la obra.

---

<sup>5</sup> MONTILLA, A. Metodología BIM: Modelado de la información para edificación. Revistadigital INESEM. 2017, 8 de mayo [en línea] disponible en: <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/metodologia-bim/>

<sup>6</sup> FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. ¿Qué es BIM? Tecnología y Programas | Entorno BIM. [en línea] disponible en: <http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim>

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Apoyar como auxiliar de ingeniería en la empresa ARCA Proyectos & Construcciones S.A.S la implementación de BIM, en la planificación de proyectos de construcción, para el modelamiento, detección y ajuste de colisiones relacionadas con redes de gas, hidráulicas y contra-incendio.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apoyar la realización del modelamiento BIM para las redes de gas, hidráulicas y contra incendios, durante la planificación de proyectos de construcción.
- Apoyar la realización de detección y ajuste de colisiones relacionadas con redes de gas, hidráulicas y contra-incendio, en proyectos de construcción por medio de herramientas BIM.
- Apoyar la realización del diseño final relacionado con redes de gas, hidráulicas y contra-incendio de manera coordinada con las diferentes disciplinas bajo metodología BIM, durante la planificación de proyectos de ingeniería.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 BIM

Building Information Modeling es una metodología de trabajo colaborativa y coordinada que integra todas las disciplinas presentes en un proyecto de construcción intercambiando información de manera eficiente, y de esta forma evitando errores, interferencias, pérdida de materiales en obra, incertidumbres y reduciendo los costos. Mediante software BIM se genera un modelo tridimensional de información que se mantiene actualizada en tiempo real y donde todos los elementos del proyecto están conectados y relacionados entre sí; en dicho modelo se puede interpretar de manera detallada la geometría del proyecto, las relaciones espaciales, la ubicación geográfica, se especifican las propiedades de cada elemento, es posible sacar cantidades de obra y estimaciones de costos para tener inventarios de materiales y cronograma de obra <sup>7 8 9</sup>.

### 2.2 SOFTWARE BIM

Existen diferentes herramientas BIM que permiten de manera dinámica realizar el modelamiento de las edificaciones en tres dimensiones y coordinar la información de los proyectos en tiempo real como:

---

<sup>7</sup> DENIS, F. Building Information Modelling – Belgian Guide for the construction Industry, 56. 2015 [en línea] disponible en: <http://adeb-vba.be/the-guide-to-bim.pdf>

<sup>8</sup> JUNUNKAR, S. M., ASWAR, P. D. S., & MITTAPALLI, P. D. L. Application of Bim and Construction Process Simulation Using 5D Bim for Residential Building Project. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(7), 2017 1063–1067. [en línea] disponible en: <https://irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V4I7241.pdf>

<sup>9</sup> AZHAR, S., HEIN, M., & SKETO, B. Building Information Modeling ( BIM ): Benefits , Risks and Challenges. BIM-Benefit Measurement, 18(9), 2007 11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

- Autodesk Revit 2018

Es un software de modelado de información de construcción BIM que contiene características de diseño de arquitectura, estructura e instalaciones. Autodesk Revit permite gestionar y coordinar la información de un proyecto de construcción basado en objetos inteligentes y tridimensionales interrelacionados que atienden a cualquier cambio introducido en tiempo real, produciendo referencias automáticas de dibujo, sacando cantidades de obra, estimando costos, entre otras funciones enfocadas a optimizar los recursos y el tiempo de ejecución del proyecto para mejorar la calidad del producto final.

- Autodesk Navisworks 2018

Es un software de revisión de diseño 3D que permite abrir y combinar modelos de diferentes programas BIM para navegar de manera interactiva, generar animaciones, chequear interferencias entre las diferentes disciplinas de un proyecto, realizar análisis en cuatro dimensiones, simular la construcción, realizar análisis 5D de la viabilidad constructiva de los diseños por fases y tiempos estimados, renderización entre otros.

### **2.3 RED HIDRÁULICA**

La red hidráulica es la red que permite el suministro de agua potable desde el tanque de almacenamiento o fuente inagotable hasta la vivienda de cada usuario de una ciudad, pueblo o área rural. Las redes de distribución de agua potable están compuestas por una red matriz que se encarga de transportar el agua desde las plantas de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento, y por las redes de distribución secundarias que por medio de equipos de presión transportan el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la acometida del usuario final. Las redes

cuentan con un sistema de elementos como tuberías, bombas, válvulas y demás accesorios que componen un sistema capaz de proporcionar un servicio seguro atendiendo a las necesidades de consumo <sup>10</sup>.

## **2.4 RED CONTRA INCENDIO**

El sistema contra incendio es una red de suministro y distribución de agua que consta de un conjunto de características como el abastecimiento de la red pública, bombas automáticas capaces de dar el gasto y la presión necesaria, tanques de presión y de gravedad, accesorios e instrumentos de medición para diagnósticos con el fin de extinguir incendios en una edificación de acuerdo con el riesgo y tipo de construcción de la misma. Los sistemas de protección contra incendios especialmente en edificios de gran altura cuentan con una tubería vertical perforada que proporciona el caudal y la presión requerida en los pisos que están fuera del alcance del cuerpo de bomberos, brindando así una protección eficaz para dominar el fuego rápidamente <sup>11</sup>.

## **2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS**

La red de distribución de gas es un sistema de abastecimiento que comprende los equipos del centro de regulación de presión, la acometida y la conexión a la red de distribución. Este sistema suministra gas natural (licuado propano) a uno o varios usuarios de vivienda única, desde la red de distribución hasta el medidor cubriendo las necesidades de calefacción de agua, cocción de alimentos, entre otras. El éxito de una red de distribución de gas se basa en una correcta instalación que brinde

---

<sup>10</sup> PÉREZ, R. Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. (E. Ediciones, Ed.) (Sexta Edición). Bogotá. 2010

<sup>11</sup> *Ibíd.*

funcionalidad y seguridad de acuerdo con los lineamientos expuestos en el reglamento y normas abobados por el Ministerio de Minas y Energía <sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> *Ibíd.*

### 3. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

#### 3.1 GENERALIDADES

Arca Proyectos & Construcciones S.A.S. es una empresa que tiene como objetivo principal la construcción de obras civiles, consultorías, interventorías y diseños integrales de proyectos de ingeniería. Está ubicada en la carrera 25 N° 86-42, barrio diamante II de la ciudad de Bucaramanga y cuenta con más de cinco años de experiencia en las diferentes ramas de la ingeniería civil. En la figura 1 se observa el logo de la empresa.

**Figura 1. Logo Arca Proyectos & Construcciones S.A.S.**

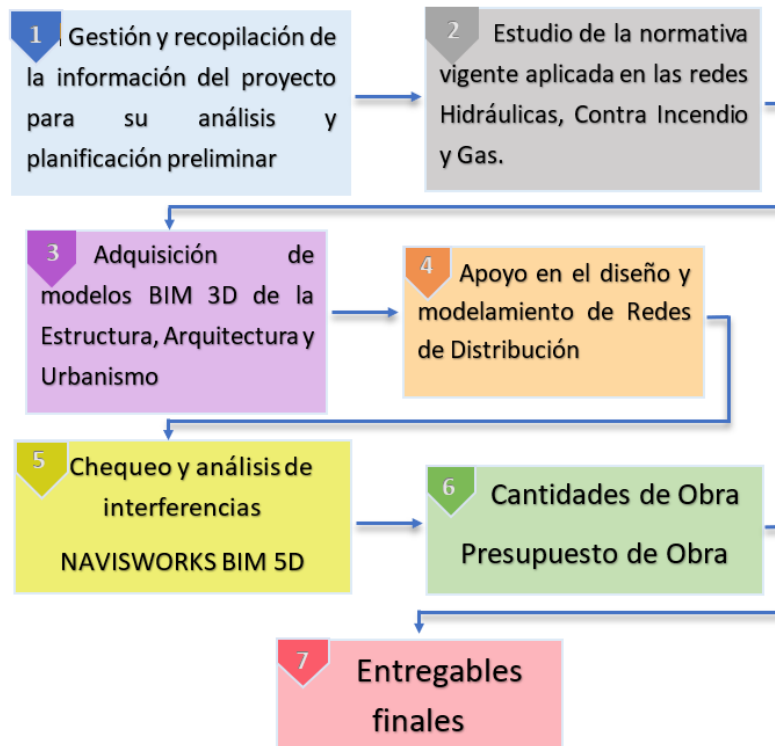


Fuente: Arca Proyectos & Construcciones S.A.S.

## 4. METODOLOGÍA

Este ítem contiene la descripción de las actividades realizadas durante la práctica de acuerdo con los objetivos planteados. En la figura 2 se muestra la metodología llevada a cabo.

**Figura 2. Metodología de trabajo.**



#### 4.1 GESTIÓN Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO PARA SU ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN PRELIMINAR

Como fase inicial, se obtuvo la información general del proyecto suministrada por el propietario (Coinvecol S.A.S) a la empresa (Arca Proyectos & Construcciones S.A.S).

Nombre del proyecto: Frontino Condominio.

Ubicación: Carrera 19 # 23 - 08, San Francisco.

El Proyecto consiste en la construcción de una torre de 10 pisos con 2 niveles de sótanos, distribuidos de la siguiente manera:

- Nivel – 6.12 SOTANO 2: Parqueaderos.
- Nivel – 3.06 SOTANO 1: Parqueaderos.
- Nivel + 0.00 PISO 1: Portería, oficinas y acceso.
- Nivel + 3.75 PISO 2: Oficinas.
- Nivel + 7.15 PISO 3: Primer piso de Vivienda.
- Nivel + 25.00 PISO 9: Último piso de Vivienda.
- Nivel + 27.98 Zona Social.
- Nivel + 28.98 Zona Asoleadoras.
- Nivel + 30.95 Cubiertas.

A continuación, en la tabla 1 se muestra el área del proyecto, distribuida por niveles.

**Tabla 1. Área construida del proyecto.**

<b>NIVEL</b>	<b>AREA CONSTRUIDA</b>
<b>Sótano 2</b>	469.29
<b>Sótano 1</b>	402.05
<b>Piso 1</b>	247.53

<b>NIVEL</b>	<b>AREA CONSTRUIDA</b>
<b>Piso 2</b>	278.72
<b>Piso 3</b>	292.94
<b>Piso tipo (6)</b>	292.94
<b>Zona Social</b>	57.50
<b>TOTAL</b>	<b>3546.024</b>

Cada nivel de vivienda cuenta con 4 apartamentos, para un total de 28 unidades de viviendas, con las siguientes características:

Apartamentos tipo A, B, C

3 alcobas, cocina, cuarto de ropas y 2 baños.

Apartamentos tipo D

Alcoba principal, cocina, cuarto de ropas y 1 baño.

#### **4.2 ESTUDIO DE LA NORMATIVA VIGENTE APLICADA EN LAS REDES HIDRÁULICAS, CONTRAINCENDIOS Y GAS**

Se investigaron y estudiaron las normas que rigen los diseños de las redes hidráulicas, contraincendios y gas como parte esencial del proceso de modelamiento y apoyo al diseño. Es indispensable conocer la normativa vigente y que los diseños cumplan con lo establecido para ser aprobados por las entidades públicas prestadoras de los servicios.

En la tabla 2 se muestran las normas para cada una de las redes involucradas en el alcance de la práctica.

**Tabla 2. Normas técnicas para el diseño.**

RED		NORMATIVA
Hidráulica	Interna	Código Colombiano de Fontanería, NTC 1500.
	Externa	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000.
Contra Incendios		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título J. Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.</li> <li>-Código para el suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. NTC 1669.</li> <li>- Normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego NFPA.</li> </ul>
Gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño de instalaciones para suministro de gas de uso residencial y comercial, NTC 2505.</li> <li>-Dimensionamiento, construcción, montaje y evaluación de los sistemas para la evaluación de los productos de combustión generada por los artefactos que funcionan con gas, NTC 3833.</li> </ul>

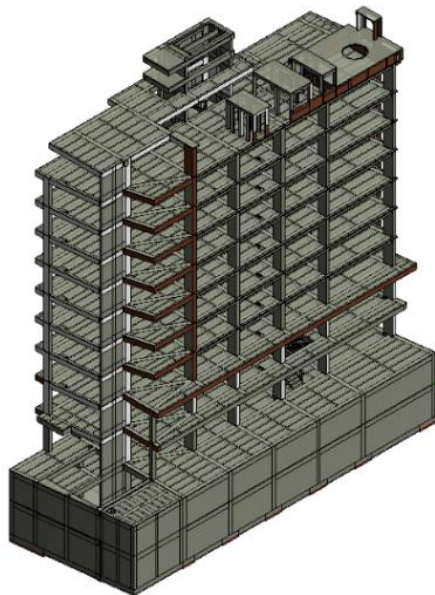
#### **4.3 ADQUISICIÓN DE MODELOS BIM 3D DE LA ESTRUCTURA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Los archivos revit con extensión .rvt de la estructura y arquitectura del proyecto fueron entregados por la empresa encargada de los modelos y diseños de los mismos (36 Diseños Integrados S.A.S). Dicha información fue necesaria

para iniciar con el trazado de las redes en Autodesk Revit 2018 de manera coordinada y teniendo en cuenta los conceptos y normas estudiadas con anterioridad.

A continuación, en la figura 3 y figura 4 se ilustran los modelos entregados por la empresa:

**Figura 3. Modelo Estructural en Revit 2018.**



Fuente: 3Sesenta Diseños Integrados S.A.S.

**Figura 4. Modelo Arquitectónico en Revit 2018.**



Fuente: 3Sesenta Diseños Integrados S.A.S.

#### **4.4 APOYO EN EL DISEÑO Y MODELAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN**

**4.4.1 Protocolo de trabajo** Para comenzar a trabajar, fue necesario definir un protocolo de trabajo que permitió estandarizar los procesos y crear un modelo único para ir actualizando la información de manera simultánea.

La empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S tenía implementado unos estándares de codificación y coordinación de los proyectos y estos mismos parámetros se utilizaron, de manera que se realizó un archivo general del proyecto que contiene archivos independientes del modelamiento de las redes por cada piso tipo con una rejilla única y coordinada; cada archivo cuenta con dos niveles de referencia llamados BOT (nivel bajo) y TOP (nivel alto) con valores que dependen del piso de trabajo, finalmente se creó un archivo llamado “ALL” por cada red donde

se vincularon los modelos de todos los pisos, obteniendo así la visualización completa del modelo.

El flujo de trabajo BIM contó con un equipo central donde se encontraba toda la información del proyecto y los colaboradores o trabajadores se conectaban a este equipo por medio de red cableada permitiendo la actualización de los archivos de manera inmediata en todas las disciplinas.

**4.4.2 Trazado y modelado de la Red Contra incendios** En un proyecto de vivienda es fundamental llevar a cabo un estudio de las redes contra incendios cumpliendo con los requisitos establecidos. A continuación, se describen los parámetros que se tuvieron en cuenta para el modelamiento de la red contra incendios del proyecto Frontino.

Un edificio es considerado de gran altura cuando supera los 15 metros y en ese caso la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1669 exige un sistema contra incendios de clase II, automático. Pero la Circular No. 7200-2-87809 permite en otros casos reemplazar el sistema clase II por un sistema clase I manual. De manera que, no fue necesario el tanque y la bomba para este proyecto; y el sistema funciona exclusivamente de la conexión de bomberos o siamesas para abastecer la demanda.

Las características de los elementos que conforman la red contra incendios se presentan a continuación:

- Tubería: Se empleó tubería de acero negro cumpliendo las especificaciones de la norma American Society for Testing and Materials, ASTM A-53 y siguiendo un trazado horizontal con cambios de sentido a 90 grados.

- Válvulas: Las válvulas que se utilizaron son de cuerpo en hierro y asiento en bronce y es fundamental que sean listadas por UL (Underwriters Laboratories) y aprobadas por FM (Factory Mutual), con una presión mínima de trabajo de 250 PSI.
- Siamesas: El sistema está provisto de una siamesa para conexión de los bomberos, la cual tiene dos conexiones de 2-1/2”.
- Soporte para tuberías: Las tuberías y soportes instalados cumplen con lo establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, NFPA-13. De esta manera, se colocaron soportes sismo resistentes longitudinales en tramos de tubería mayores a 12 metros y soportes longitudinales y transversales en cada cambio de dirección y en longitudes mayores a 24 metros.
- Tomas fijas para bomberos: Se instalaron tomas fijas para bomberos en los puntos fijos de las escaleras de evacuación para la conexión de manguera por parte del cuerpo de Bomberos de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 1669, y con la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, NFPA 14. Estas tomas están equipadas con una válvula de bronce en ángulo tipo globo de 2½” provista de tapa y cadena.
- Extintores: Debe haber una disposición de extintores de acuerdo con la Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios, NFPA 10.

**4.4.3 Diseño de la Red Contra incendios** La red contra incendios fue diseñada con base en los siguientes parámetros:

- El caudal mínimo de la tubería vertical se diseñó para un evento de fuego, de 6.3 l/s en la montante.

- Las pérdidas por accesorio se contabilizaron por la longitud equivalente de cada accesorio.
- Para el diseño se empleó la fórmula de Hazen-Williams Ec. (1), con coeficiente de C=150 para PVC, para tubería de hierro galvanizado (HG) C=100 y para tubería de acero negro (AN) C=120.

$$J = \frac{10,643 * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} ; D > \varnothing 2'' \quad Ec. (1)$$

Donde:

J = Pérdidas por unidad longitudinal de tubería (m/m)

C = Coeficiente de fricción

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

- La velocidad máxima de diseño es de:

V máx.=2.00 m/s y V min=0.6 m/s para D<=3 pul en redes internas.

V máx.=2.00 m/s para D<=4 pul en redes externas.

V máx.=4.00 m/s para acometidas a tanques de almacenamiento.

V máx.=0.90 m/s para tuberías a succión, en bombeo sin carga de agua. Ver ANEXO A.

- Tomas fijas para bomberos: Para diseñar las tomas fijas para bomberos se debe verificar que la presión mínima en la conexión de 2 ½ " debe ser de 45 metros columna de agua y la presión máxima de 122 metros columna de agua.
- Extintores de fuego portátiles: La selección de los extintores se determinó teniendo en cuenta los parámetros expuestos en la Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios, a continuación, se nombran algunas consideraciones:

- En la edificación, tanto en los apartamentos como en las oficinas pueden ocurrir incendios de varios tipos:

Incendios clase A: incendios de materiales combustibles comunes, como la madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.

Incendios clase B: incendios de líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, laca alcohólicas y gases inflamables.

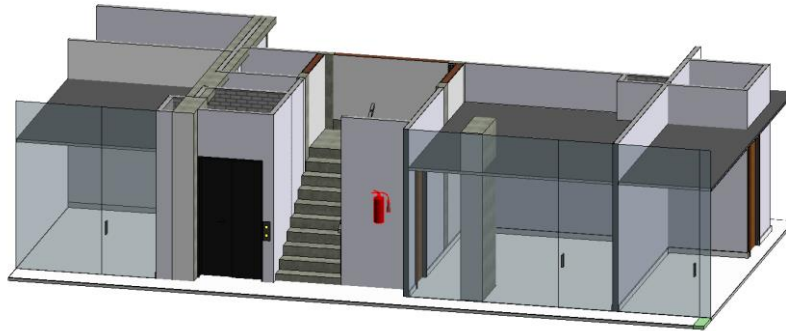
Incendios clase C: incendios que involucran equipos eléctricos energizados.

- La clasificación del riesgo en el área donde es más probable el incendio es de riesgo leve debido a que se esperan incendios con tasas relativamente bajas en liberación de calor.
- La distancia máxima de recorrido hasta los extintores y el área máxima de piso por extintor deberá cumplir con lo establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

Según estos criterios, se escogieron extintores de polvo químico multipropósito 2-A:10-B:C de 10 lb. Distribuidos: un extintor multipropósito en el sótano 2 y del piso 2 al piso 10, y dos extintores multipropósito en el sótano 1 y piso 1. Ver ANEXO B.

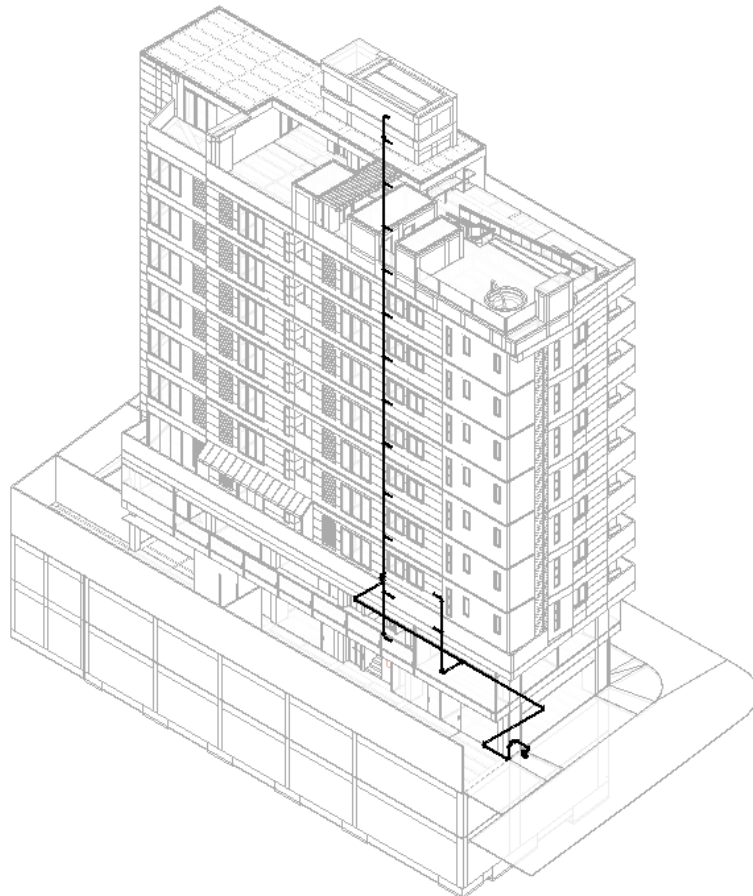
La figura 5 muestra un modelo tipo de los extintores:

**Figura 5. Modelo Extintores Contra Incendios en Autodesk Revit 2018.**



A continuación, en la figura 6 se muestra una imagen del modelamiento completo de la red contra incendios.

**Figura 6. Modelo Red Contra Incendios en Autodesk Revit 2018.**



**4.4.4 Trazado y modelado de la Red de Gas** En el modelamiento realizado la red distribuye gas natural a través de una conexión domiciliaria y medidores siguiendo las especificaciones de la normativa.

Como primera medida, de acuerdo a la distribución arquitectónica del edificio, se analizó dónde podría estar ubicada la regulación de primera y segunda etapa. Teniendo clara la ubicación se procedió a modelar la red que conecta las etapas buscando un buitrón que cumpliera con los requerimientos de ventilación y tomando en cuenta que los recintos por donde pasara la tubería tuviera la ventilación necesaria también.

Después, se modeló la tubería desde los medidores que se encuentran junto a la reguladora de segunda etapa a los apartamentos de acuerdo con los parámetros establecidos que se enuncian a continuación:

- Tuberías: Para las redes internas de gas se usó Pe-Al-Pe (aluminio y polietileno) especialmente en la distribución de los apartamentos y zona social y para la red matriz y oficinas se utilizó la gran mayoría tubería de HG (hierro galvanizado) por afinado de piso, con cambios de dirección horizontal a 90 grados y basado en parámetros importantes de la Norma Técnica Colombiana y la American Society for Testing and Materials, por ejemplo:
- La red de gas dentro del apartamento no puede atravesar ningún recinto cerrado.
- Para el diseño de red de gas desde el medidor hasta el primer nodo del apartamento siempre se maneja el caudal máximo de diseño de 2.5 m<sup>3</sup>/h.
- Uniones: Las uniones tales como: codos, tees, y reducciones, son igualmente en Acero. Según Norma Técnica Colombiana 2635 y 332.

- Tipos de unión: Por especificaciones técnicas, las uniones son roscadas.
- Válvulas: Las válvulas de entrega a cada aparato son de bola, tipo pesado. Según las especificaciones del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares como:
  - Las válvulas de entrega a la estufa deben estar ubicadas mínimo a 30 cm de distancia en planta de la misma.
  - Se debe colocar una válvula de corte por cada gasodomestico.
- Centro de medición: Los centros de medición se colocaron en el punto fijo al exterior de las viviendas, teniendo un medidor cada apartamento junto a la válvula reguladora por etapa en cada piso.
- Sistemas de regulación: Para este proyecto se realizó regulación en dos etapas, la primera ubicada en el paramento del edificio y la segunda en los centros de medición los cuales están ubicados en los puntos fijos de cada piso.

La reducción de la presión es la siguiente:

**Regulación primera etapa**

Presión entrante: 60.00 psi

Presión de salida: 5.00 psi

**Regulación segunda etapa**

Presión entrante: 5.00 psi

Presión de salida: 23 mbar

- Sistema de ventilación: Los equipos a gas al interior de las viviendas requieren de un suministro permanente de aire para dilución de gases de combustión

siguiendo con las especificaciones de la norma. A continuación, se nombran algunas de ellas:

- La tubería vertical de gas debe ir en un ducto cerrado el cual debe estar ventilado en su parte inferior y superior.
- Los espacios donde pasa la red de gas descolgada deben ventilarse de acuerdo a la normativa vigente, Norma Técnica Colombiana 3631.
- Las rejillas de ventilación deben ubicarse de tal forma que no puedan ser obstruidas.
- El área mínima de las rejillas de ventilación se saca de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 3631.
- Los vacíos internos que se deseen utilizar para ventilación deben tener un lado mínimo de 1 metro y un área mínima de 2 metros cuadrados.
- Si los calentadores son de capacidad mayor a 5.5 litros requieren tener un ducto de ventilación al exterior, en este proyecto se diseñaron calentadores de 10 litros los cuales tienen desfogue directo al exterior.

**4.4.5 Diseño de la Red de Gas** Para iniciar con el diseño de la red de gas se analizó la distribución arquitectónica de los apartamentos y el trazado de la red para estimar los consumos para cada unidad servida.

- Diseño red de medidores a apartamentos
- Consumos de diseño: Los caudales máximos de las instalaciones individuales domésticas, se calcularon mediante la Ec. 2:

$$Q_{\text{diseño}} = A + B + \frac{C + D + \dots + N}{2} \text{ Ec. (2)}$$

Donde:

$Q_{\text{diseño}}$  = Caudal simultáneo en m<sup>3</sup>/h

A y B = Caudales de aparatos de mayor consumo en m<sup>3</sup>/h

C, D, N. = Caudales de los demás aparatos en m<sup>3</sup>/h

$Q_{\text{diseño mín.}}$  = 2.5 m<sup>3</sup>/h, para apartamentos

- Tubería a baja presión: La instalación individual trabaja siempre con gas a baja presión y la presión de servicio garantiza en la entrada de cada aparato 17 milibares.

Para el diseño de Tuberías de Baja Presión se utilizó la fórmula de Renouard lineal Ec. (3):

$$H = 23200 * Dr * LE * Q^{1.82} * D^{-4.82} \text{ Ec. (3)}$$

Donde:

H= Diferencia entre la presión inicial y final

Dr = Densidad relativa del gas

LE = Longitud equivalente de un tramo en m

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/h

D = Diámetro interno de la conducción en mm

Se verificó que la velocidad del gas dentro de la conducción fuera inferior a 20 m/s, según la normativa.

Para el cálculo de la velocidad máxima del gas dentro de un tramo de una instalación, se aplicó la Ec. (4):

$$V = 354 * Q * \left( \frac{P_{atm} + P_i}{1000} \right)^{-1} * D^{-2} \quad Ec. (4)$$

Donde:

V = velocidad en m/s

Q = caudal en m<sup>3</sup>/h

P = Presión absoluta al final del tramo en bar

P<sub>i</sub> = Presión en el tramo

D = Diámetro interior de la conducción en mm

Ver ANEXO C.

- Diseño red de primera etapa a segunda etapa

Se realiza el diseño de la red matriz teniendo en cuenta ciertos parámetros como presión atmosférica, gravedad específica y presión de servicio. De esta manera, se calcula el caudal mediante la fórmula de MUELLER Ec. (5) como se indica a continuación:

$$Q_{sc} = No. Usuarios \times Q \times FC \quad Ec. (5)$$

Donde:

Q<sub>sc</sub>= Caudal de diseño m<sup>3</sup>/h

FC= Factor de diseño que depende del número de apartamentos

Q= Caudal por apartamento m<sup>3</sup>/h

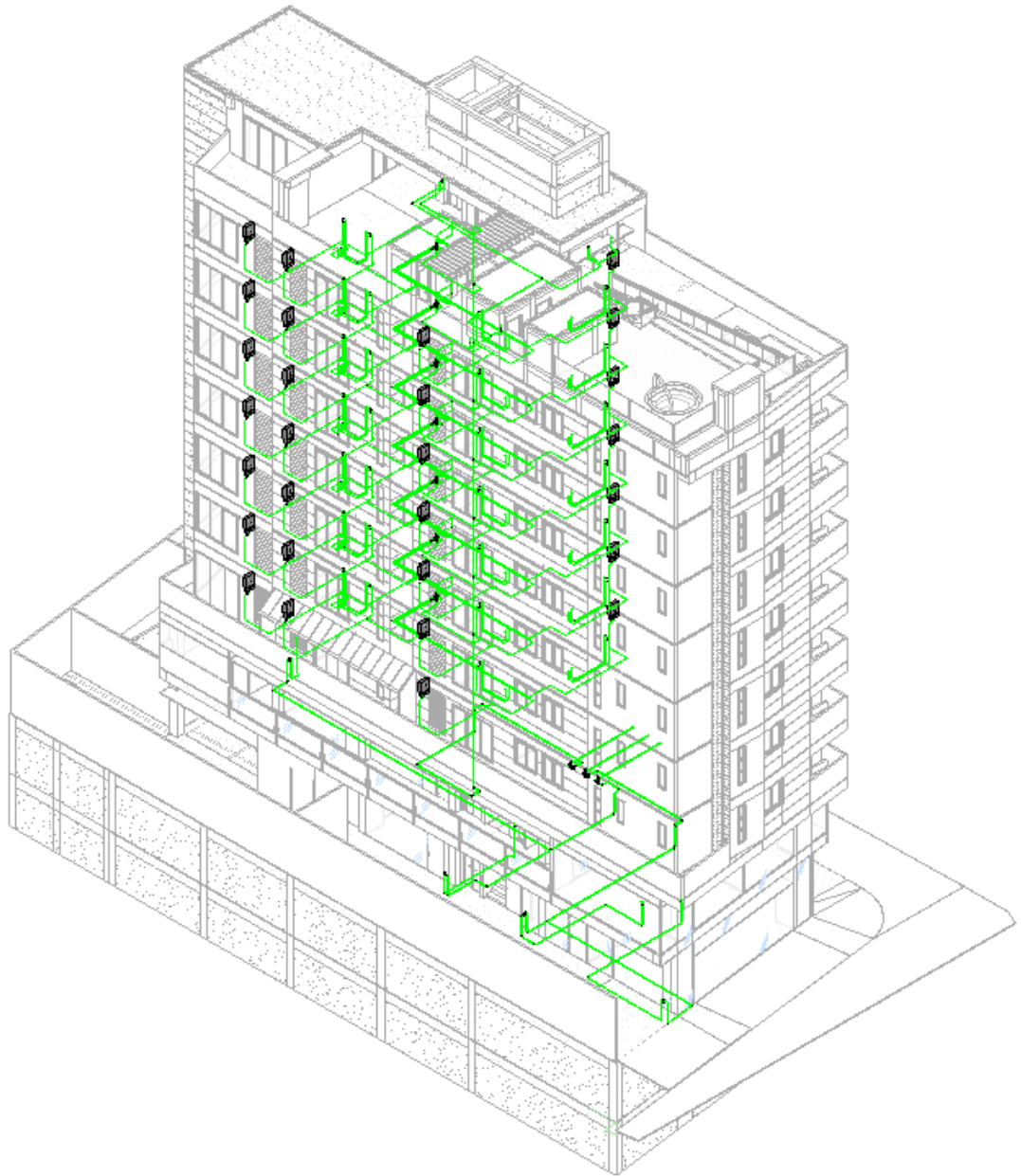
Finalmente, en el diseño se verifica que las pérdidas de presión no sobrepasen la caída admitida de 40% de la presión de servicio y que la velocidad no sea mayor de 20 mts/seg. Ver ANEXO D.

- Diseño de la ventilación

Para realizar el diseño de la ventilación tanto en los apartamentos como en las oficinas se calcula el volumen libre y volumen requerido de ventilación y si el volumen requerido es mayor al volumen libre teniendo en cuenta la potencia instalada se debe para realizar ventilación. Para el proyecto Frontino Condominio fue necesario ventilar todas las oficinas y apartamentos. Ver ANEXO E.

A continuación, en la figura 7 se muestra una imagen del modelamiento completo de la red de gas.

**Figura 7. Modelo Red de Gas en Autodesk Revit 2018.**



**4.4.6 Trazado y modelado de la Red Hidráulica** El trazado y modelamiento de la red hidráulica se realizó teniendo en cuenta la normativa colombiana vigente y los parámetros a tener en cuenta para el trazado de la red se enuncian a continuación:

- Redes internas: Se utilizó tubería PVC Grado I Tipo I con materiales que tienen las siguientes especificaciones:

Para tuberías de agua fría con  $D=1/2"$  se utiliza material PVC presión RDE 9.

Para tuberías de agua fría con  $D=3/4"$  se utiliza material PVC presión RDE 11.

Para tuberías de agua fría con  $D \geq 1$  se utiliza material PVC presión RDE 21.

Para tuberías de agua caliente con  $D \geq 1/2"$  se utiliza material CPVC presión RDE 11.

Siendo RDE la relación del diámetro del tubo y el espesor de la pared.

La red fue modelada y diseñada descolgada con cambios de dirección a 90 grados.

- Redes de acometidas: Los materiales para la red de acometidas cumplen con las siguientes características:

Para tuberías con  $D = 1/2"$  se utiliza PVC presión RDE 9.

Para tuberías con  $D = 3/4"$  se utiliza PVC presión RDE 11.

Para tuberías con  $D \geq 1"$  se utiliza PVC presión RDE 21.

- Redes de externas: Los materiales para las redes externas cumplen con las siguientes características:

Para tuberías con  $1" \leq D \leq 2"$  se utiliza PVC Presión RDE 21.

Para tuberías con  $D \geq 2"$  se utiliza PVC Unión Mecánica RDE 21.

- Accesorios en HG (hierro galvanizado): Los materiales para los accesorios tomaron en cuenta los siguientes parámetros:
- Válvulas de  $D \leq 4"$  se utiliza material bronce tipo pesado, según la Norma Técnica Colombiana, NTC 2079.

- Válvulas de  $D \geq 6''$  en H. Dúctil clase 150, según la Norma Técnica Colombiana 2079.

**4.4.7 Diseño de la Red Hidráulica** Luego de obtener el modelamiento de la red hidráulica se realizó el diseño de la misma tomando en cuenta la normativa que india:

- La velocidad máxima en las tuberías es de 2.0 m/s y la mínima en lo posible de 1 m/s.
- El valor de presión máxima tenida en cuenta para el diseño de redes menores de distribución fue de 56 metros columna de agua.
- Volumen y dimensionamiento del tanque de almacenamiento: Para determinar el consumo se tomaron en cuenta las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana 1500 que depende de factores como tipo de uso de la edificación y el número de habitantes que podrían habitarla.

Teniendo el volumen necesario de abastecimiento se realizan los cálculos para el dimensionamiento del tanque cumpliendo con un borde libre mínimo de 0.20 metros.

- Demanda de suministro: Se utilizó el método de las probabilidades de Roy B. Hunter para determinar la demanda de suministro como indica el Código Colombiano de Fontanería.
- Acometida: La acometida se diseñó para que cumpliera con la presión óptima de llegada al tanque de almacenamiento, teniendo en cuenta pérdidas por medidor general y por fricción. Sabiendo que la presión mínima a la que debe

Llegar el fluido al último aparato es de 2 metros columna de agua y la máxima es 56 metros columna de agua según la NTC 1500.

Para determinar el caudal de la acometida se utilizó el volumen del tanque de reserva y el tiempo de llenado del mismo que no debe exceder las 12 horas según la NTC 1500.

Finalmente se verificó que la velocidad de fluido dentro de la tubería hidráulica fuera menor a 2 m/s como lo indica la NTC 1500.

- Red interna: La red interna es la tubería que se alimenta del tanque de almacenamiento, pasando por los equipos de presión y llegando finalmente a todos los aparatos de consumo del edificio. Esta red está sujeta a verificaciones de caudal, presión y continuidad que garanticen el buen funcionamiento del sistema.

En el proyecto Frontino se diseñó un sistema de red hidráulica que contaba con un equipo de bombeo y un equipo hidroneumático. Se determinaron las unidades de consumo de cada aparato expuestos en el Código Colombiano de Fontanería y con esto se halló el caudal basado en el método Hunter.

Las pérdidas por conexiones y por fricción se realizaron por medio de la Ec. (6) de Hazen Williams para diámetros mayores a 2”

$$Q = 0.28 C * D^{2.63} * j^{0.54} \text{ Ec. (6)}$$

Y por el método de Flamant, Ec. (7) para diámetros menores a 2 “

$$j = \frac{(6.1 C * Q^{1.75})}{D^{1.75}} \text{ Ec. (7)}$$

- La velocidad del fluido se determinó con la Ec. (8) de continuidad:

$$Q = V * A \quad Ec. (8)$$

Donde:

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

V: Velocidad media en m/s

C: Coeficiente de fricción que depende del material

D: Diámetro de la tubería en m

A: Área de tubería

J: Perdida de carga en m/m

Ver ANEXO F.

- Sistema de bombeo: El caudal de bombeo se calculó con las unidades de gasto de agua fría con el método de Hunter y se halló la presión mínima a la salida del equipo hidroneumático cumpliendo con la presión < 2 metros columna de agua en la ducha del último piso.

La altura dinámica de bombeo se determinó mediante la Ec. (9):

$$HDB = P_{impulso} + H_{succ} + H_{fsucc} \quad Ec. (9)$$

Donde:

P impulso = Presión de impulso de la bomba

H succión = Altura de succión

Hf succión = Perdidas en la succión

La potencia de la bomba se calculó por medio de la Ec. (10):

$$P = \frac{\gamma * HDB * QB}{76 * E} \quad Ec. (10)$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del agua (kg/l)

P = Potencia de la bomba en caballos de fuerza

QB = Caudal de bombeo en l/s

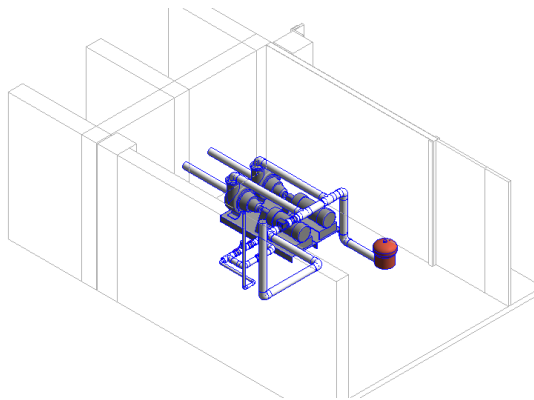
HDB = Altura dinámica de bombeo en m

E = Rendimiento de la bomba, en un 60%

Ver ANEXO G.

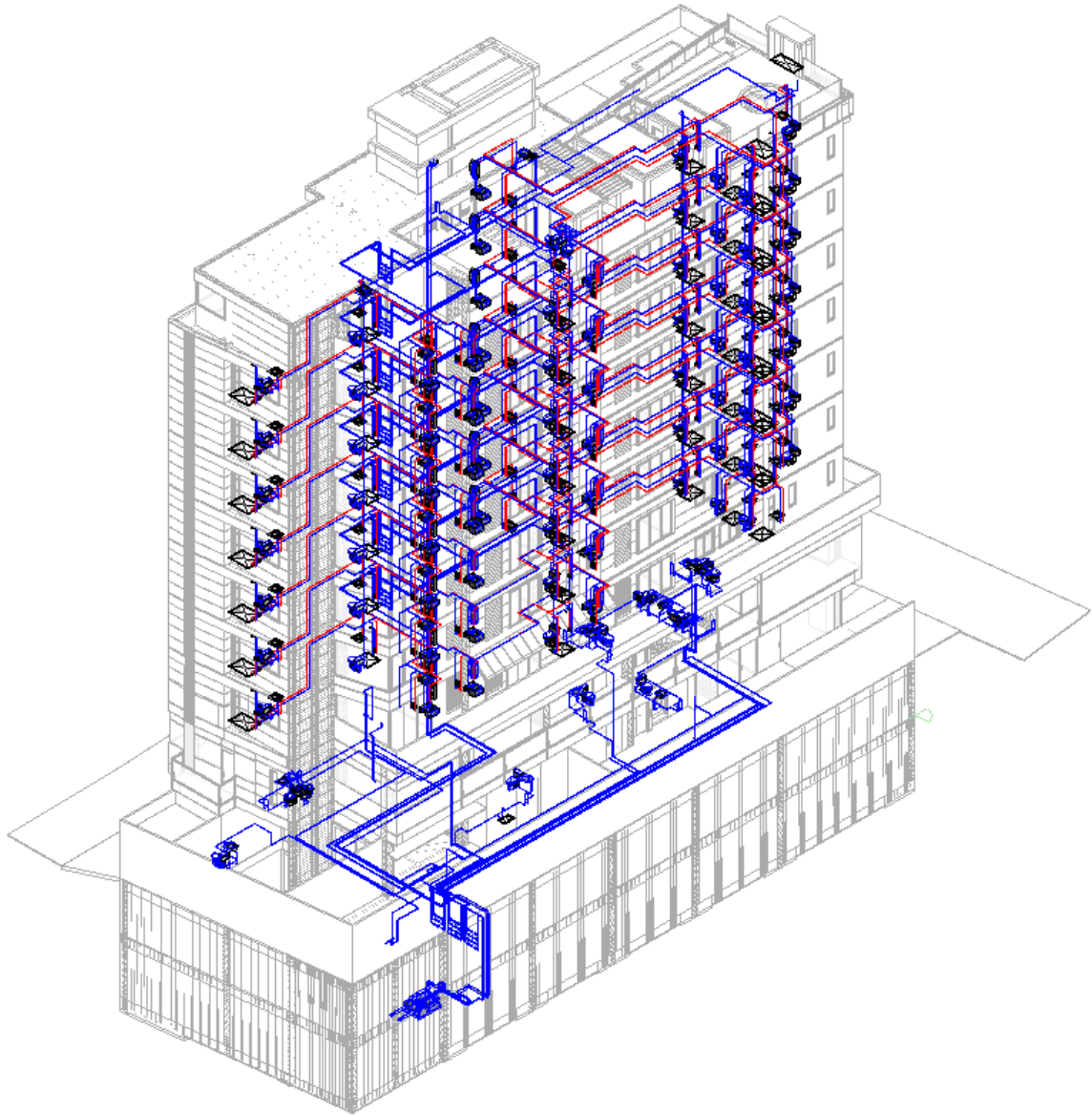
La figura 8 muestra el modelamiento del cuarto de máquinas, con el respectivo sistema de bombeo:

**Figura 8. Modelo Cuarto de Máquinas Red Hidráulica en Autodesk Revit 2018.**



A continuación, en la figura 9 se muestra una imagen del modelamiento completo de la red hidráulica:

**Figura 9. Modelo Red de Hidráulica en Autodesk Revit 2018.**



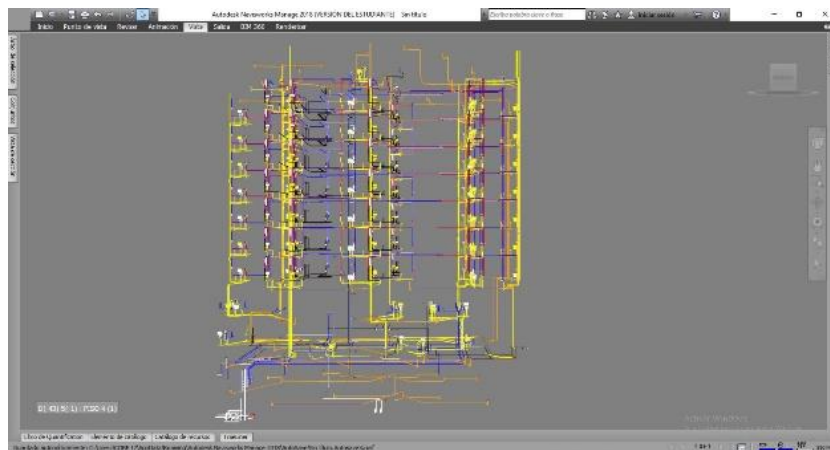
#### **4.5 CHEQUEO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS**

Después de haber realizado el modelamiento y diseño de las redes contraincendios, gas e hidráulica en el software Autodesk Revit se exportaron los modelos ALL (archivo con todas las redes vinculadas) a un archivo de Autodesk Navisworks con

extensión .nwc y se procedió a chequear las interferencias en Autodesk Navisworks Manage, que permite la visualización y revisión del modelamiento multidisciplinario. En el archivo obtenido se puede acceder a la jerarquía del modelo, las propiedades de objeto y los datos de revisión, así como los puntos de vista, las animaciones, las anotaciones y los comentarios.

En la figura 10 se observan los modelos de las diferentes redes exportados en Autodesk Navisworks.

**Figura 10. Modelo Redes en Autodesk Navisworks 2018.**



Utilizando la herramienta Clash detective en Autodesk Navisworks, la cual muestra las colisiones existentes entre las disciplinas importadas, se crearon los sets o conjuntos de búsqueda y se ejecutó el programa para que el mismo arrojará los conflictos entre las redes con una tolerancia de 1 milímetro.

El informe arrojado por el software Autodesk Navisworks muestra por nombre de conjuntos el estado de la prueba, el número de conflictos asociados a esas disciplinas que hacen parte del conjunto y reporta el estado de las mismas, si se encuentran activas las colisiones, si ya se revisaron, si se aprobaron o se resolvieron.



**Tabla 3. Tabla de interferencias.**

<b>CONJUNTO</b>	<b>INTERFERENCIAS</b>
GAS VS SAN	23
GAS VS PLU	3
GAS VS PCI	0
GAS VS HID	44
PCI VS SAN	1
PCI VS PLU	0
PCI VS HID	0
HID VS SAN	990
HID VS PLU	20

Siendo:

GAS = Red de gas

SAN = Red sanitaria

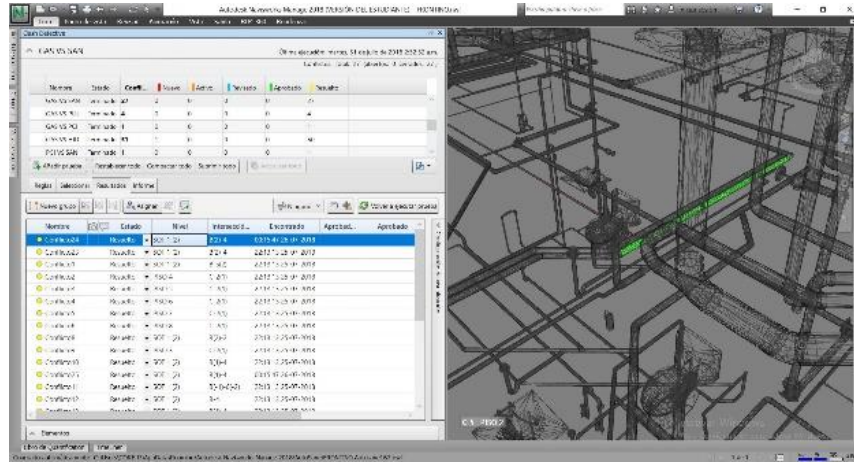
PLU = Red pluvial

PCI = Red contraincendios

HID = Red hidráulica

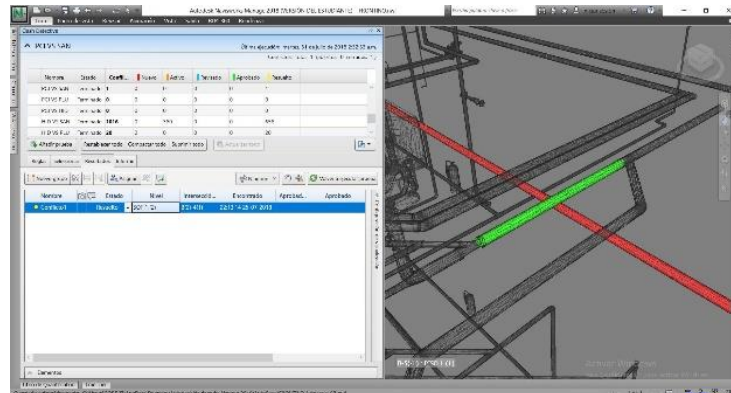
Una vez verificado y revisado el test de conflictos, se procedió a resolver las interferencias directamente desde los modelos en Autodesk Revit y se realizó el mismo procedimiento hasta no tener interferencias como se muestra en las figuras 13 y 14:

**Figura 13. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.**



Ver ANEXO J.

**Figura 14. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.**



Ver ANEXO K.

## 4.6 CANTIDADES DE OBRA

Para realizar las cantidades de obra es importante que las mediciones se rijan a lo estipulado en el diseño, por eso es importante tener bien codificados los accesorios y demás elementos que hacen parte del trazado y modelado de las redes.

Teniendo el diseño de las redes acorde con el modelamiento en Autodesk Revit se realizó una tabla de cuantificación eligiendo en la ventana grafica que aparece en el programa los elementos que se quieren cuantificar y agregando los campos que permiten dar información las cantidades.

El software automáticamente genera la tabla de cuantificación, la cual se ordena de manera conveniente a la información que se necesita.

En la figura 15 se muestra una tabla de cuantificación generada en Autodesk Revit.

**Figura 15. Cuadro de cantidades en Autodesk Revit 2018.**

Modificar tabla de planificación/cantidades				
<LISTADO DE TUBERÍA PAVCO>				
A	B	C	D	E
Diametro nominal	Longitud tramo	Diametro exterior	Tipo de sistema	Tamaño Global
1/2"	0.738	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.280	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.368	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.388	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.650	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.274	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.534	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.070	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	3.560	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	3.311	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.861	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.950	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.718	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.292	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.035	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.203	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.237	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.154	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.731	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	2.259	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	2.361	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.659	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.052	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.036	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.804	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.204	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.579	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.062	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.165	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.240	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.250	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.827	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.079	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.043	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.731	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.964	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.115	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.579	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.062	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.132	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.244	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.294	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	1.827	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.121	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.113	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.284	3/4"	Agua caliente	13 mme
1/2"	0.777	3/4"	Agua caliente	13 mme

#### **4.7 PRESUPUESTO DE OBRA**

Las cantidades de todos los materiales expuestas en la tabla de cuantificación de Autodesk Revit se exportaron a Microsoft Excel con el propósito de realizar el presupuesto de obra siguiendo el procedimiento llevado a cabo por la empresa. Ver ANEXOS: L, M, N.

En Arca Proyectos & Construcciones S.A.S se maneja un software de presupuesto llamado NESS 2000, pero este programa no es compatible con los softwares BIM y por tal motivo, se utilizó Microsoft Excel.

Arca Proyectos & Construcciones S.A.S siendo una empresa especialista en redes hidrosanitarias, de gas y contraincendios contaba con precios actualizados facilitados por proveedores de la empresa los cuales fueron utilizados para obtener el presupuesto de las redes expuestas en el alcance de la práctica y así mismo obtener el presupuesto total del proyecto en cuanto a redes hidráulicas, de gas, contraincendios, sanitarias y pluviales (Ver ANEXOS Ñ, O).

#### **4.8 ENTREGABLES FINALES**

Como producto final se entregaron los modelos de las redes contraincendios, gas e hidráulica en el software Autodesk Revit 2018. A continuación, en la figura 16 se muestra el modelo multidisciplinario junto con la estructura, arquitectura y redes hidro-sanitarias.

**Figura 16. Modelo redes Frontino en Autodesk Revit 2018.**

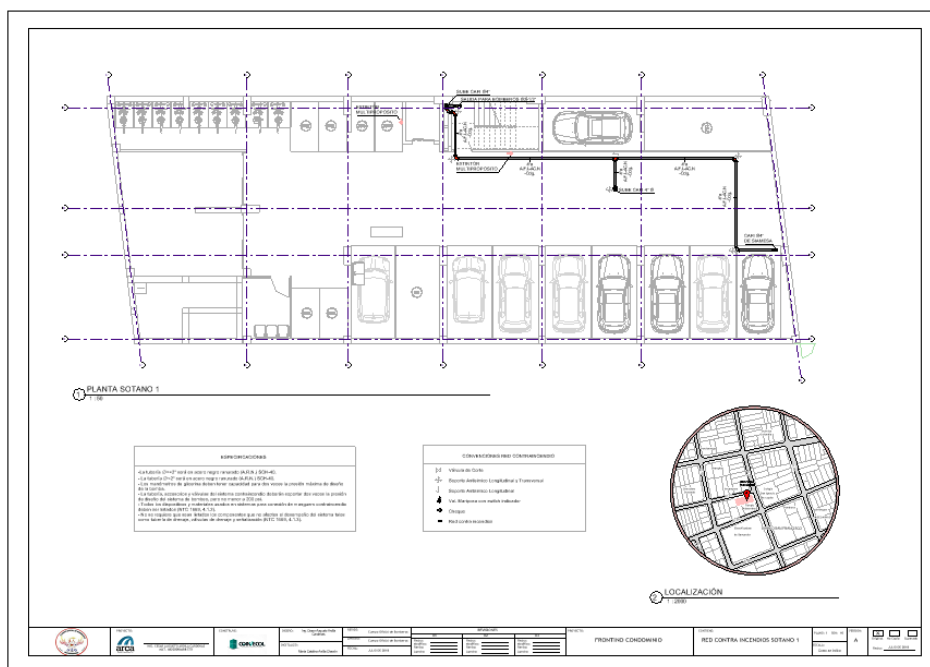


Se realizaron los planos con base en los diseños y modelamiento en Autodesk Revit 2018 tomando en cuenta criterios estipulados por las entidades encargadas de la revisión, aprobación de los diseños y disponibilidad de los servicios públicos.

El software BIM Autodesk Revit 2018 permitió generar planos fácilmente debido a la interacción existente entre las vistas, alzados, plantas y modelo 3d en donde cada una de estas se actualiza de manera constante respondiendo a cambios ejecutados.

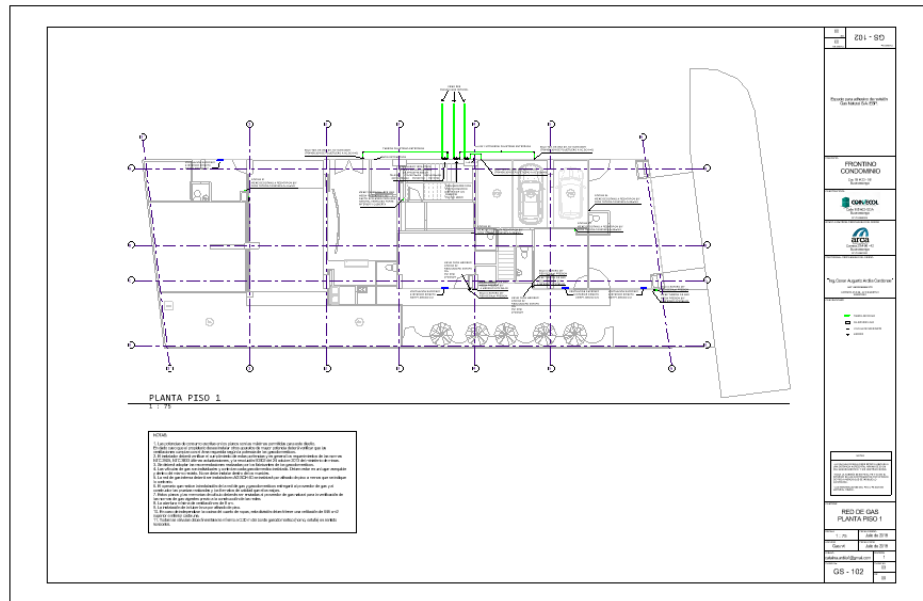
En las figuras 17, 18 y 19 se muestran los planos tipo realizados para cada una de las redes:

**Figura 17. Plano tipo Red Contraincendios en Autodesk Revit 2018.**



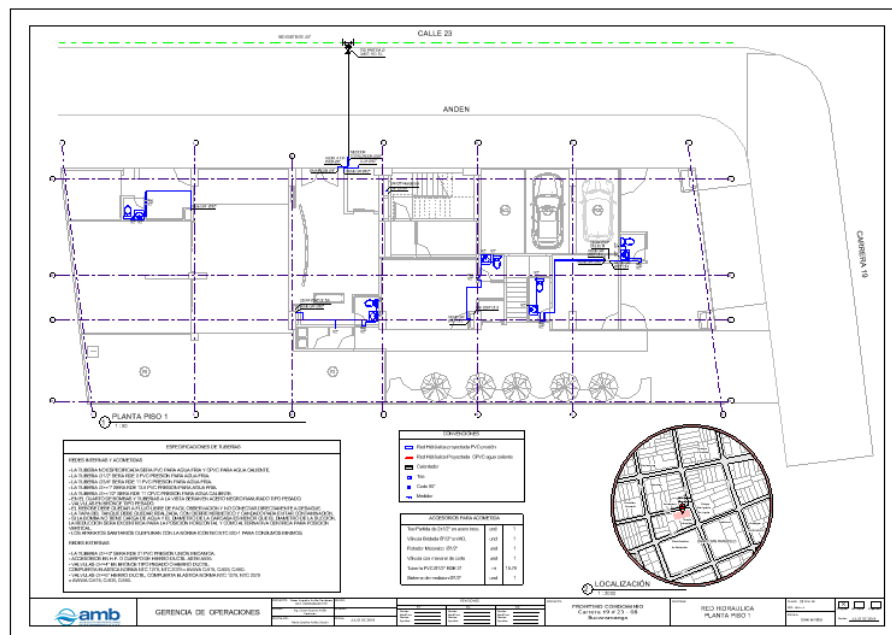
Ver ANEXO P.

Figura 18. Plano tipo Red de Gas en Autodesk Revit 2018.



Ver ANEXO Q.

Figura 19. Plano tipo Red Hidráulica en Autodesk Revit 2018.



Ver ANEXO R.

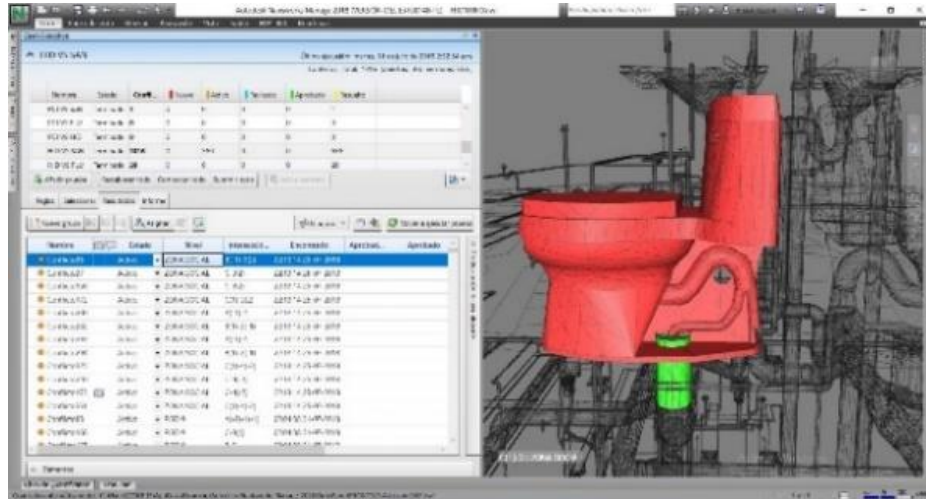
De igual manera junto con los archivos de Microsoft Excel de los cálculos, se generaron las memorias de cálculo en Microsoft Word describiendo el procedimiento de diseño con base en la normativa vigente para cada tipo de sistema.

Se consiguieron los documentos necesarios para la aprobación de los diseños para cada una de las entidades competentes como, tarjeta profesional del ingeniero responsable, licencia de construcción, disponibilidad de servicio, planos arquitectónicos, entre otros. Dejando así un entregable completo y listo para aprobar.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

- Durante el modelamiento de las redes en el software Autodesk Revit 2018 se realizaron jornadas de búsqueda de familias, ya que el proyecto Frontino Condominio era pionero en diseños bajo metodología BIM “Building Information Modeling” en la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S, esto además de ser un gran aporte para la empresa ayudo a afianzar conocimientos acerca de los accesorios, tipo de tubería, válvulas y materiales de los elementos que hacen parte de los sistemas.
- Los resultados de las cantidades de obra y presupuesto evidenciaron las ventajas de la metodología BIM “Building Information Modeling” al tener más exactitud en las cifras y culminar los procesos de diseño de manera coordinada y eficiente.
- En el proceso de chequeo de interferencias se generaron conflictos entre algunos aparatos y su conexión, esto ocurrió debido al protocolo de trabajo implementado en la empresa donde los aparatos sanitarios se dejaban solo en el modelo hidráulico y al conectar la red sanitaria al aparato el software informaba interferencias HID (red hidráulica) VS SAN (red sanitaria), que son permitidas debido a la importancia de la conexión al sacar cantidades de obra. El número de interferencias HID (red hidráulica) VS SAN (red sanitaria) permitidas debido a lo anteriormente mencionado fueron 360, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Informe de interferencias en Autodesk Navisworks 2018.



- El presupuesto de obra se realizó siguiendo el procedimiento implementado por la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S mediante Microsoft Excel, tomando precios manejados y cotizados previamente. El presupuesto a todo costo de las redes de contra incendio, gas e hidráulicas fue de \$156,415,656.54 pesos incluido I.V.A y el presupuesto total incluyendo redes sanitarias y pluviales tuvo un valor de \$264,859,179.41 pesos incluido I.V.A.

## 6. CONCLUSIONES

- La práctica empresarial en Arca Proyectos & Construcciones S.A.S permitió materializar los conceptos y conocimientos adquiridos en el programa de Ingeniería Civil con un acercamiento real a la carrera profesional en el campo de las redes y la gestión de proyectos de ingeniería.
- Fue posible realizar el modelamiento y diseños integrales de las redes hidráulicas, de gas y contraincendios bajo metodología BIM de manera coordinada, resolviendo conflictos desde la etapa temprana del proyecto, obteniendo cantidades de obra exactas y un presupuesto acertado, generándole a la empresa una relación costo-beneficio altamente favorable.
- El estudio y la implementación de la normativa en los diseños fue la base primordial para entregar un producto que cumpliera con los requisitos exigidos y de esta manera ser aprobados por las empresas públicas prestadoras de los servicios.
- Las cantidades de obra generadas por Autodesk Revit del modelamiento de las redes del proyecto Frontino fueron los primeros reportes realizados bajo metodología BIM en la empresa Arca Proyectos & Construcciones S.A.S, lo cual representó un gran aporte en cuanto a la gestión y control futuro de la obra.
- El modelamiento de redes con Autodesk Revit demostró alta calidad en los planos y documentos finales, generando un nivel de detalle superior al sistema tradicional.

## BIBLIOGRAFIA

ARCE MANRIQUE, S. (). Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras Bogotanas y propuesta de mejoras. Pontificia Universidad Javeriana. 2009 -. [en línea] disponible en:<http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis189.pdf>

ASOBIM. ¿Por qué usar BIM? - ASOBIM Colombia. [en línea] disponible en: <http://asociacioncolombianabim.co/por-que-usar-bim/>

AZHAR, S., HEIN, M., & SKETO, B. Building Information Modeling ( BIM ): Benefits , Risks and Challenges. BIM-Benefit Measurement, 18(9), 2007 11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

DENIS, F. Building Information Modelling – Belgian Guide for the construction Industry, 56. 2015 [en línea] disponible en: <http://adeb-vba.be/the-guide-to-bim.pdf>

FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. ¿Qué es BIM? Tecnología y Programas | Entorno BIM. [en línea] disponible en: <http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim>

JUNUNKAR, S. M., ASWAR, P. D. S., & MITTAPALLI, P. D. L. Application of Bim and Construction Process Simulation Using 5D Bim for Residential Building Project. International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET), 4(7), 2017 1063–1067. [en línea] disponible en: <https://irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V4I7241.pdf>

MOJICA ARBOLEDA, A., & VALENCIA RIVERA, D. F. Implementación de las metodologías BIM como herramineta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, 53(9), 2012 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

MONTILLA, A. Metodología BIM: Modelado de la información para edificación. Revistadigital INESEM. 2017, 8 de mayo [en línea] disponible en: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/metodologia-bim/>

PÉREZ, R. Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. (E. Ediciones, Ed.) (Sexta Edición). Bogotá. 2010

SU DEFINICIÓN, CONCEPTO Y SIGNIFICADO ¿Qué es Industria de Construcción? -. [en línea] disponible en: <http://conceptodefinicion.de/industria-de-construccion/>