

**METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y  
SANITARIAS EN REVIT 2016**

**LUIS CARLOS PEÑA VEGA  
ANDRÉS FELIPE PEÑARANDA MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2016**

**METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y  
SANITARIAS EN REVIT 2016**

**Autores:**

**LUIS CARLOS PEÑA VEGA  
ANDRÉS FELIPE PEÑARANDA MARTÍNEZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director de Proyecto:**

**HERNAN PORRAS DÍAZ  
Ingeniero Civil, M. SC. PhD**

**Codirector**

**SILVIA MILENA PARRA DIETTES  
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2016**

## **DEDICATORIA No. 1**

Quiero agradecer a mis padres Luis Carlos Peña Pico y Gladys Vega Ríos por el apoyo y cariño que me brindaron durante esta etapa, por cada uno de sus esfuerzos y toda la dedicación que tuvieron en ayudarme a lograr a cumplir mi meta de ser profesional.

A mis hermanos Johan Sebastián y Andrés Felipe por sus consejos y compañía en todo momento.

Y a la Universidad Industrial de Santander por el espacio y las herramientas dadas en cada una de las etapas vividas dentro de su alma mater, siempre necesarias para cumplir mis objetivos personales y académicos.

Luis Carlos

## **DEDICATORIA 2.**

Agradezco a mi padre Luis Alfonso Peñaranda Mallungo, a mi tía Gloria Esperanza Peñaranda y a toda mi familia quienes siempre han demostrado interés y me han brindado un gran apoyo incondicional durante mi proceso de formación académica

El logro culminado no es más que el resultado del esfuerzo, sacrificio y apoyo que será eternamente agradecido. Adicionalmente agradezco a la Universidad Industrial de Santander por abrir sus puertas hacia el conocimiento y facilitar las labores de aprendizaje

Andrés Felipe

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 14 |
| 1. PARAMETROS DE CÁLCULO DE REVIT 2016 .....   | 17 |
| 1.1. CÁLCULO DEL FLUJO.....  | 17 |
| 1.2. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CARGA.....  | 17 |
| 1.2.1. Método Ecuación Colebrook.....  | 19 |
| 1.2.2. Método Ecuación Colebrook simplificada.....                                     | 19 |
| 1.2.3. Método Ecuación de Haaland.....   | 20 |
| 2. METODOLOGÍA.....  | 21 |
| 2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....   | 21 |
| 2.2. MANEJO E INTERPRETACIÓN DEL SOFTWARE.....   | 21 |
| 2.3. REVISIÓN DEL DISEÑO ESCOGIDO PARA EL CASO DE ESTUDIO. ...                         | 22 |
| 2.4. PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA.....  | 22 |
| 2.5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....   | 25 |
| 2.5.1. Indicación inicial.....   | 26 |
| 2.5.2. Configuración de tipos de tubería.....  | 26 |
| 2.5.3. Configuración de sistemas de tuberías.....                                      | 26 |
| 2.5.4. Configuración mecánica.....   | 27 |
| 2.5.5. Posicionamiento de elementos sanitarios.....                                    | 27 |
| 2.5.6. Modelado de tuberías.....   | 27 |
| 2.5.7. Cambio de tamaño de tuberías.....   | 27 |
| 2.5.8. Inspección de tuberías.....   | 28 |
| 2.5.9. Visualización tridimensional y multidisciplinar.....                            | 28 |
| 2.5.10. Participación complementada entre elementos del proyecto de<br>fontanería..... | 28 |
| 2.5.11. Presentación de informes de pérdida de presión.....                            | 29 |
| 2.5.12. Generación de cantidades de obra.....  | 29 |
| 2.5.13. Generación de planos.....  | 29 |
| 3. PARÁMETROS A COMPARAR ENTRE REVIT 2016 Y EL MÉTODO<br>TRADICIONAL.....              | 31 |
| 3.1. COMPARACIÓN DE CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE PRESIÓN.....                                | 31 |
| 3.2. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE<br>GASTO A CAUDALES .....     | 33 |
| 3.2. COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE<br>OBRA .....                  | 33 |
| 3.3. COMPARACIÓN DE PLANOS.....  | 33 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....   | 34 |
| 4.1. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE CÁLCULOS EN LA<br>PÉRDIDAS DE PRESIÓN.....        | 34 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.2. | COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE GASTO A CAUDALES..... | 36 |
| 4.3. | COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE OBRA .....             | 37 |
| 4.4. | COMPARACIÓN DE PLANOS.....  | 38 |
| 5.   | CONCLUSIONES. ....  | 40 |
|      | BIBLIOGRAFÍA. ....  | 42 |
|      | ANEXOS .....  | 44 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo “Metodología de cálculo de redes hidráulicas y sanitarias en Revit 2016” .....  | 24 |
| Figura 2. Portada del documento guía “Metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016”. (Ver anexo Texto guía Metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016.pdf)..... | 25 |
| Figura 3. Archivo arquitectónico y estructural .rvt vinculado a Revit 2016.....   | 26 |
| Figura 4. Velocidad y fricción como parámetros simultáneos para dimensionamiento. (Fuente Revit help).....  | 28 |
| Figura 5. Información contenida en informe de pérdida de presión. (Ver archivo adjunto Red módulos.rvt). .....  | 29 |
| Figura 6. Numero de Reynolds Vs factor de fricción [f] en flujo turbulento. ....  | 34 |
| Figura 7. Variación de desviación respecto a ecuación de Colebrook-White.....   | 35 |
| Figura 8. Unidades de gasto para sistemas de descarga tipo tanque Vs caudal. Comparación entre método de Hunter y método de Hunter Modificado. ....   | 36 |
| Figura 9. Unidades de gasto para sistemas de descarga tipo fluxómetro Vs caudal. Comparación entre método de Hunter y método de Hunter Modificado....   | 36 |
| Figura 10. Plano de vista isométrica y alzado de tuberías hidráulicas de baterías de baños, generado en Revit 2016. ....  | 38 |
| Figura 11. Plano de vista isométrica y alzado de tuberías sanitarias de baterías de baños, generado en Revit 2016. ....   | 39 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Desviación porcentual ecuaciones de pérdida de carga. ....   | 35 |
| Tabla 2. Resumen de cantidades y presupuesto de metros lineales de tubería<br>PVC de presión halladas por método tradicional. ....  | 37 |
| Tabla 3. Resumen de cantidades y presupuesto de metros lineales de tubería<br>PVC de presión halladas por medio de Revit 2016. .... | 37 |

## LISTA DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. Ecuación de Pérdida de energía de Dary Weisbach.....                      | 17 |
| Ecuación 2. Ecuación de Poiseuille. ....  | 18 |
| Ecuación 3. Ecuación de Colebrook-White .....   | 19 |
| Ecuación 4. Ecuación de Colebrook simplificada. ....                                  | 19 |
| Ecuación 5. Ecuación de Haaland .....   | 20 |
| Ecuación 6. Ecuación de Flamant.....  | 31 |
| Ecuación 7. Ecuación Darcy-Weisbach en su forma simplificada, despejado valor J. .... | 32 |
| Ecuación 8. Ecuación Darcy-Weisbach.....  | 32 |
| Ecuación 9. Ecuación para el factor de fricción. ....                                 | 32 |
| Ecuación 10. Ecuación del porcentaje de desviación. ....                              | 32 |

## RESUMEN

**TÍTULO:** METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN REVIT 2016\*

**AUTORES:** LUIS CARLOS PEÑA VEGA  
ANDRÉS FELIPE PEÑARANDA MARTÍNEZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Software especializado, BIM (Building Information Modeling), metodología de diseño, diseño de redes hidráulicas, sistemas de redes hidráulicas y sanitarias.

### DESCRIPCIÓN:

Existe variedad de software especializado para las diferentes ramas de la ingeniería civil, sin embargo, es escaso el uso de programas específicos en el diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias que permitan integrar sus fases de diseño, limitando la optimización en el tiempo de ejecución. La investigación consistió en la ejecución autónoma del software Revit debido a la poca existencia de información guía en el cálculo de las redes hidráulicas y sanitarias en dicho programa, para posteriormente, con base al aprendizaje del manejo del software, implementar una metodología que se plasmó en un texto guía.

Se evaluaron las características de los métodos de cálculo con los que cuenta Revit para aplicar estas herramientas a un caso de estudio de un proyecto de ingeniería como es la adecuación de los módulos de talleres y área administrativa del Instituto Técnico Superior Industrial de Barrancabermeja (ITSI) y así comparar los resultados obtenidos en Revit con los diseños originales de fontanería del proyecto del ITSI realizados por medio de CAD y hojas de cálculo tradicionales, permitiendo conocer ventajas como reducción de tiempos de ejecución al prevenir interferencias en fases de modelado, facilidad en el modelado y simplicidad en la corrección de errores, todo esto gracias a las características multidisciplinar, multivista y asociativa bidireccional que tiene la tecnología BIM (Building Information Modeling) con la que trabaja Revit.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil, M. SC. PhD

## ASBTRACT

**TITLE:** METHODOLOGY FOR THE CALCULATION OF HYDRAULIC AND SANITARY NETWORKS IN REVIT 2016\*

**AUTHORS:** LUIS CARLOS PEÑA VEGA  
ANDRÉS FELIPE PEÑARANDA MARTÍNEZ\*\*

**KEY WORDS:** Specializing software, BIM (Building Information Modeling), design methodology, design of hydraulic networks, hydraulic and sanitary network systems.

### DESCRIPTION:

It exists variety of specialized software for the different branches of the civil engineering, nevertheless, is scarce the use of specific programs in the design of hydraulic and sanitary facilities that allow to integrate the design phases, limiting the optimization of the execution time. The investigation consisted in the autonomous execution of the software Revit due to few existence of information that guides in the calculation of the hydraulic and sanitary networks in the above mentioned program, later, based on the learnt by handling the software, to implement a methodology that guide materialized in a text.

There were evaluated the characteristics of the methods of calculation with which Revit is provided to apply this hardware to a case of study of a project of engineering as it is the adequacy of the modules of workshops and administrative area of the Instituto Técnico Superior Industrial de Barrancabermeja (ITSI) and this way to compare the results obtained in Revit with the original designs of plumbing for the project of the ITSI realized by means of CAD and traditional spreadsheets, allowing to know advantages as a reduction of times of execution on having prepared interferences in phases of modeling, facility in the modeling and simplicity in the correction of errors, all this multidisciplinary thanks to the characteristics, multisight and associative bidirectional that has the technology BIM (Building Information Modeling) with which Revit works.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil, M. SC. PhD

## INTRODUCCIÓN

La construcción de obras civiles es llevada a cabo a partir de los diseños planteados por los ingenieros en los planos, cuyo principal objetivo es dar información indicada sobre el procedimiento a seguir por parte de las personas involucradas directamente con la concepción del proyecto, con el fin que la edificación cumpla cada uno de los indicadores que se han plasmado sobre el papel y permitan una perfecta funcionalidad y un máximo aprovechamiento económico. Muchas veces existen errores de interferencias e incongruencias entre elementos pertenecientes a distintas disciplinas que conforman un proyecto ingenieril; informalidad en la construcción, falta de ética profesional, falta de idoneidad y falta de coordinación entre los diferentes diseños son los causantes de que no se satisfaga las necesidades de los usuarios y en la actualidad, muchas obras tanto de vivienda como de infraestructura presentan deficiencias de calidad lo cual repercute en altos costos de construcción y mantenimiento. Por tal motivo, se evidencia que en el sector de la construcción en general, hay necesidad de aplicar un control de calidad en todas las etapas en las que se lleva a cabo la realización global del proyecto.<sup>1</sup>

Uno de los problemas que se presentan son las interferencias de las redes hidráulicas y sanitarias con elementos arquitectónicos y estructurales que no deben ser modificados; la presencia de tuberías que atraviesan los elementos estructurales o que hacen parte de ellos, es una clara demostración del desconocimiento de la mecánica estructural y una inadecuada práctica constructiva generalizada en el país<sup>2</sup>. Estas irregularidades se presentan por la falta de coordinación entre los ingenieros de las disciplinas de arquitectura, estructura y redes en la fase de diseño, ya que cada uno de los planteamientos se realiza de manera aislada sin tener en cuenta las limitaciones, por lo que para realizar un diseño que sea lo más óptimo posible y que esté acorde con las necesidades de los usuarios que van a hacer uso de la obra una vez construida, es necesario una adecuada planeación y una etapa de pre-diseño, donde todos los profesionales que elaborarán algún tipo de trabajo se coloquen de acuerdo con las limitantes y problemas de la parte que le corresponde con respecto a los otros diseños para así realizar un proyecto donde exista armonía entre la parte arquitectónica, estructural, hidráulica, etc.<sup>3</sup>

A lo anterior se debe agregar que la realización de diseños hidráulicos y sanitarios en edificios está conformada por etapas que marcan el procedimiento que realiza

---

<sup>1</sup> Coloquio sobre la Ingeniería y los problemas de la Industria de la Construcción en Colombia; Control de calidad: Una necesidad tecnológica para la industria de la construcción. Jaime Rojas Area

<sup>2</sup> Las malas costumbres en Construcción. Harold Muñoz. Revista Noticreto, Edición No. 53. ASOCRETO.

<sup>3</sup> Análisis de efectos causados a la estructura de una edificación por la distribución de instalaciones hidráulicas y sanitarias. DUMAR OYALA, Oscar David. 2006.

un ingeniero en la creación de sistemas de suministro y evacuación de agua y cuyas respectivas ejecuciones se hacen por medio de programas aislados entre sí, por lo que cada una de las actividades de diseño no se ejecutan de manera simultánea, sino que por el contrario, estas actividades van precedidas de otra ejecutada en su totalidad, lo que conlleva a que en la realización de un diseño de la forma tradicional, es decir, sin un software que reúna y permita ejecutar en conjunto las labores para crear un proyecto de fontanería, no se puedan encontrar vías para optimizar el tiempo de ejecución del planteamiento y cálculo de las redes, objetivo que siempre se ha buscado lograr por parte de los diseñadores en los diferentes procesos involucrados en la conceptualización y el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y su respectiva evacuación.

Como una respuesta a los problemas anteriormente mencionados, se ha optado por implementar la llamada tecnología BIM (Building Information Modeling) que según The American National Institute of Building, es una representación computable de características físicas y funcionales de un proyecto relacionadas con su ciclo de información<sup>4</sup> y que, al implementarse correctamente, facilita un proceso y diseño de construcción más integrado<sup>5</sup>, particularizando información a cada uno de los elementos. Países como Estados Unidos, España, Nueva Zelanda, Australia, Brasil, Alemania, Francia, Japón, Corea del Sur y el Reino Unido viven una renovación hacia la tendencia del uso en BIM como un requisito en el planteamiento de los proyectos constructivos que desde el año 2007 hacia el 2012 tuvo un importante crecimiento del 28% al 71%<sup>6</sup>.

Por consiguiente, se pretende plantear una metodología de diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias que permita relacionar en forma versátil las posibilidades del modelado BIM a través del software Revit 2016, por lo que en el presente proyecto, se evaluó la viabilidad de realizar no solo el modelado de las redes sino en el cálculo de diámetros de tuberías bajo los requisitos de caudales y presiones solicitadas, usando las ecuaciones y herramientas con las que dispone el programa, contemplando ventajas como la de poder realizar de manera simultánea el trazado, cálculo y dibujo de planos, y trabajar en conjunto con modelos arquitectónicos y estructurales eliminando así los problemas de interferencia o de una errada ubicación de las tuberías.

La evaluación de la tecnología de modelado de información de construcción se llevó a cabo implementando una metodología plasmada en una guía anexa a este

---

<sup>4</sup> CAICEDO, Laura; GÓMEZ, Crithian. Análisis de las ventajas y desventajas del uso de tecnología BIM en el diseño, análisis y modelamiento estructural. 2014.

<sup>5</sup> EASTMAN, Chuck. TEICHOLZ, Paul. SACKS, Rafael y LISTON Kathleen. BIM Handbook. A Guide to Building information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.

<sup>6</sup> Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets Smart Market Report. 2014.

proyecto, en la cual se indican los pasos a seguir por parte de un ingeniero civil o estudiante interesado en la concepción de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios por medio de Revit 2016. Se resaltan factores como optimización del tiempo en la ejecución del proyecto y la ventaja de poder editar elementos de manera fácil ya que por ejemplo, si se corrige la dimensión de una tubería, automáticamente el software recalcula todo el proyecto y los cambios se ven reflejados a su vez en todos los planos que hayan sido generados y en las tablas de planificación creadas. La metodología planteada se puso a prueba realizando un caso de estudio en diseños de los talleres industriales del Instituto Técnico Superior Industrial (ITSI) ubicado en la ciudad de Barrancabermeja, cuyo diseño fue realizado utilizando dibujo CAD y hojas de cálculo tradicionales. Al final, se compararon los resultados de cálculos, planos y cantidades de materiales arrojados por el programa Revit 2016 con los obtenidos en el diseño original con el fin de conocer las ventajas y limitaciones.

## 1. PARAMETROS DE CÁLCULO DE REVIT 2016

### 1.1. CÁLCULO DEL FLUJO.

La estimación de los caudales circulantes para el dimensionamiento de tuberías de suministro de agua potable y evacuación de aguas sanitarias en el programa, está basado en el método de conversión de unidades de gasto de aparatos sanitarios a un flujo volumétrico por medio de valores establecidos en la tabla E103.3 del IPC 2012 (International Plumbing code), dando dos opciones de conversión según el mecanismo de descarga predominante (Flúxometro o Tanque de inundación) en los sistemas de abastecimiento y desagüe.

Los valores de la tabla para la estimación de demanda del IPC se fundamentan en el Método de Hunter, desarrollado y publicado en la década de 1940 por la Oficina Nacional de Normalización (National Bureau of Standards) en el informe “NBS 65: Métodos de estimación de cargas en sistemas de fontanería”<sup>7</sup> y está basado en el estudio de un factor probabilístico utilizado para calcular el caudal efectivo de un tramo de red según su uso normal, teniendo en cuenta que no todos los aparatos sanitarios presentes en un sistema funcionan simultáneamente<sup>8</sup>.

### 1.2. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CARGA.

Las pérdidas de energía por fricción son halladas mediante la Ecuación de resistencia fluida más general que existe para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, conocida como Darcy – Weisbach<sup>9</sup> Ecuación 1:

#### Ecuación 1. Ecuación de Pérdida de energía de Dary Weisbach.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

---

<sup>7</sup> Sizing Plumbing Water System, Instructor: A. Bhatia, B.E. 2012.

<sup>8</sup> RODRÍGUEZ DÍAZ, Héctor Alfonso. Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Primera edición. 2005.

<sup>9</sup> Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos. Juan Saldarriaga (2008).

Donde:

$h_f$  = Pérdidas por fricción.

$f$  = Coeficiente de fricción

$L$  = Longitud del tramo  
de tubería.

$D$  = Diámetro del tramo  
de tubería.

$V$  = Velocidad media.

$g$  = Aceleración de la gravedad

Revit utiliza tres métodos de cálculo para determinar el coeficiente  $f$  que establece la proporcionalidad en la ecuación de Darcy – Weisbach, por medio de fórmulas basadas físicamente que no presentan restricciones de fluido y de flujo que imposibiliten el cálculo en redes complejas de suministro de agua como sí lo hacen las ecuaciones empíricas (Ecuación de Hazen – Williams, Ecuación de Flamant) utilizadas por los ingenieros en el diseño tradicional de redes hidrosanitarias, cuyo alcance, depende de condiciones geométricas e hidráulicas, presentando límites claros de aplicación como rangos de velocidad, tipos de material, temperatura del agua y diámetro de la tubería<sup>10</sup>.

Para propósitos de diseño de instalaciones hidráulicas en edificaciones es prácticamente imposible utilizar flujos laminares, lo que significa que las pérdidas de energía se determinan para flujos con número de Reynolds superiores a 2300.<sup>11</sup> Sin embargo, las ecuaciones contenidas en los métodos de cálculo de Revit presentes en la configuración mecánica de cálculo, sirven para cualquier régimen de flujo. En el caso de flujo laminar, se utiliza la Ecuación 2 de Poiseuille para los tres métodos mencionados a continuación:

## **Ecuación 2. Ecuación de Poiseuille.**

$$f = 64/Re_e$$

$Re_e$  = Número de Reynolds

---

<sup>10</sup> SALDARRIAGA, Juan. Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos. 2008.

<sup>11</sup> RODRÍGUEZ DÍAZ, Héctor Alfonso. Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Primera edición. 2005

**1.2.1. Método Ecuación Colebrook.** Presenta la ecuación de Colebrook – White (Ecuación 3) para hallar el factor de fricción, siendo esta la fórmula más completa al ser válida para todo tipo de flujo turbulento en tuberías [9], sin generar el inconveniente que implica su complejo desarrollo al no ser explícita del factor  $f$ , ya que el programa utiliza métodos numéricos iterativos para su solución.

Para flujo transicional y turbulento:

### **Ecuación 3. Ecuación de Colebrook-White**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

$\varepsilon = \text{Aspereza absoluta}$

**1.2.2. Método Ecuación Colebrook simplificada.** Partiendo del caso en el que se presenta flujo turbulento puro cuando se alcanza un valor muy elevado del número de Reynolds, el segundo sumando del lado derecho de la ecuación de Colebrook – White tiende a cero, generando así su forma simplificada presentada en la Ecuación 4.

Para flujo turbulento:

### **Ecuación 4. Ecuación de Colebrook simplificada.**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} \right)$$

Para flujo transicional:

$$f = 0$$

**1.2.3. Método Ecuación de Haaland.** Utiliza otra ecuación desarrollada bajo principios físicos que presenta ventajas sobre las ecuaciones empíricas (Ecuación 5).

Para flujo turbulento y transicional:

**Ecuación 5. Ecuación de Haaland**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left( \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right)$$

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

Se seleccionaron y consultaron textos con información respecto al diseño de redes hidrosanitarias y modelamiento BIM, tanto a nivel nacional como a nivel internacional para dar así una mejor cabida al problema que se abordó. Igualmente se interpretaron las diferencias entre los métodos locales incluidos en la normatividad NTC-1500 para la asignación de caudales a los aparatos sanitarios y las planteadas por el IPC-2012 (International Plumbing Code) cuyos valores están incluidos en el Software, así como también las diferencias reales entre las distintas ecuaciones de flujo existentes para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías a presión.

### **2.2. MANEJO E INTERPRETACIÓN DEL SOFTWARE.**

Son escasas las guías que permitan el aprendizaje del manejo de Revit 2016 en el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, por lo que fue necesaria la consulta de video tutoriales, páginas de foros de usuarios que han manejado la disciplina MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) del software, y el manual de autoayuda que proporciona la página de Autodesk.

Se dividió en tres etapas el aprendizaje e interpretación del programa, siendo la primera el conocimiento de los parámetros multidisciplinarios que permiten trabajar de manera conjunta el proyecto de fontanería con las partes estructurales y arquitectónicas que se pueden contemplar en la fase de construcción de una edificación de altura, con el fin de evaluar la accesibilidad de las tuberías sin que existan interferencias, lo anterior sumado al aprendizaje de las herramientas de colocación de aparatos sanitarios, modelado de tuberías, y configuración mecánica para un proyecto de redes.

La segunda etapa se basó en establecer de manera puntual los parámetros de cálculo que utiliza Revit en la estimación de caudales y pérdidas de carga por fricción, con el fin de conocer las ventajas y limitaciones que puede presentar frente al diseño de redes hidráulicas del método tradicional, donde se emplean ecuaciones empíricas en hojas de cálculo y el apoyo de un software como AutoCAD en la realización de planos.

Finalmente, la tercera etapa se basó en el manejo de generar información final sobre valores de cantidades de materiales, velocidad de flujo, pérdida de energía y demás parámetros tenidos en cuenta en el ámbito de la fontanería, por medio de tablas de planificación fáciles de generar gracias a la herramienta proporcionada por la tecnología BIM en el manejo de datos de manera conjunta con el diseño, permitiendo así presentar un informe final del proyecto de manera automática. Además, se recurrió a la generación de planos, utilizando las características multivista de Revit, que permiten generar múltiples visualizaciones de las redes hidrosanitarias modeladas con un solo trazo o dibujo de estas, para finalmente plasmarlas en formatos de rótulos previamente adecuados.

### **2.3. REVISIÓN DEL DISEÑO ESCOGIDO PARA EL CASO DE ESTUDIO.**

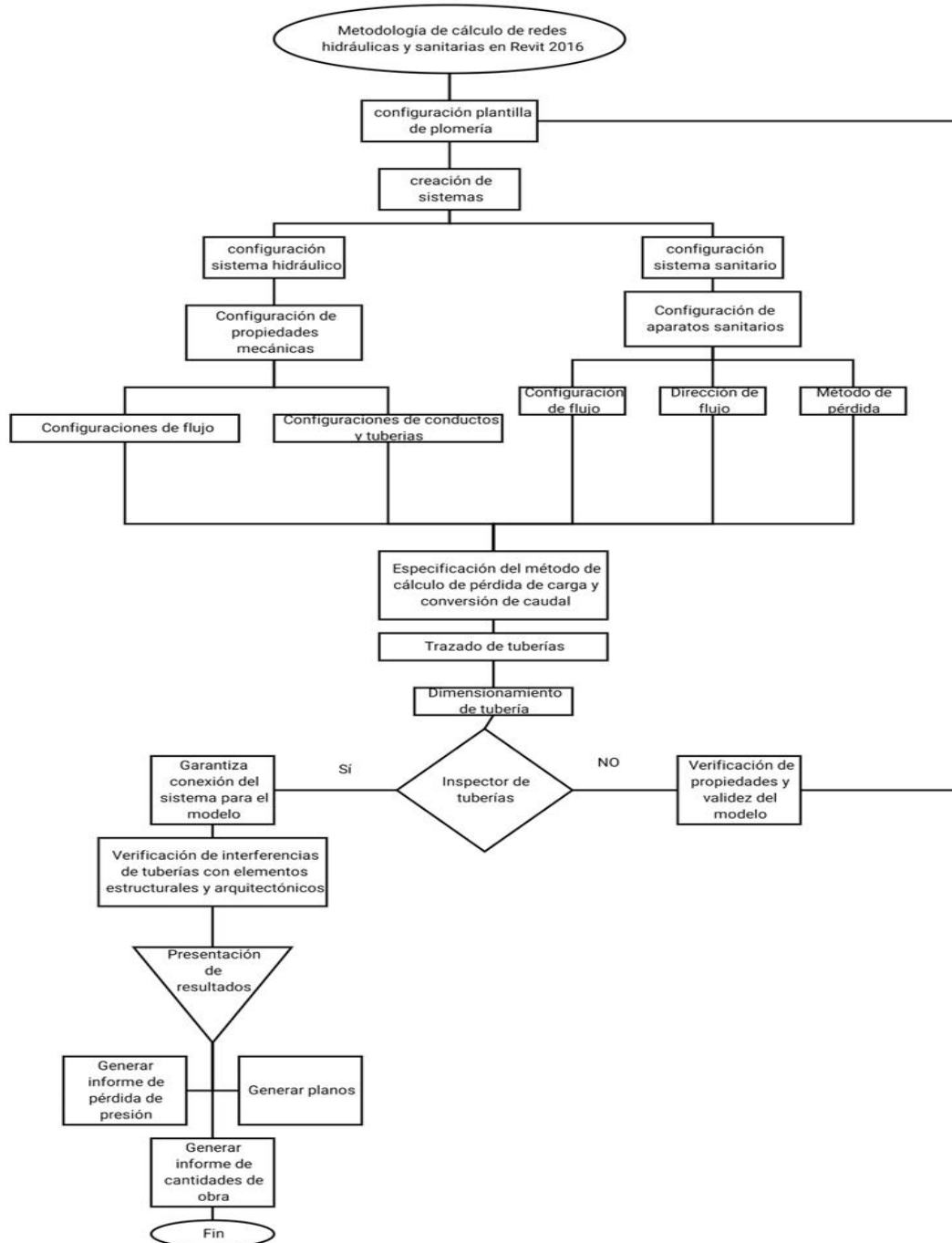
Para el desarrollo del presente proyecto se tomó como caso de estudio el Instituto Técnico Superior Industrial de Barrancabermeja (ITSI) que es un importante complejo educativo de carácter oficial ubicado en la ciudad santandereana y cuyo proyecto de diseño en la actualización y adecuación de la infraestructura de la zona de talleres industriales estuvo a cargo del grupo de investigación “Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas” de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS). La información y documentación de estudios y diseños de redes hidráulicas y sanitarias fueron suministradas por parte del grupo de Geomática para la realización de este proyecto investigativo y fueron utilizados para realizar una revisión a las memorias de cálculo del diseño hidráulico y sanitario original, teniendo en cuenta los aspectos incluidos en el Código colombiano de Fontanería (NTC 1500) y así posteriormente, realizar la comparación de los valores de pérdida de presión, caudales y cantidades de obra con los obtenidos mediante la aplicación de la metodología del cálculo de redes hidráulicas y sanitarias en Revit 2016. La escogencia del caso de estudio se basó en la conveniencia, buscando tener un proyecto que contara con toda la información necesaria que pudiera servir como punto de comparación para evaluar la metodología planteada y que contara con modelos arquitectónicos y estructurales en Revit 2016 para analizar la creación de diseños de fontanería sobre modelos tridimensionales de los edificios de los talleres de ITSI.

### **2.4. PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA.**

En principio se experimentó y ejecutó Revit 2016 en el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias de manera autónoma debido a la poca existencia de guías que explicaran el uso del programa en el tema en cuestión, lo anterior como un proceso de aprendizaje aplicando un método de ensayo y error para conocer las características de las herramientas incluidas en el software y así proponer una

metodología para el diseño de las redes, la cual se estructuró en un orden lógico para abordar el modelamiento y posterior dimensionamiento de tuberías de suministro y evacuación de agua, teniendo en cuenta los criterios físicos del modelo presentado por Revit 2016. Un diagrama de flujo permite la visualización del orden lógico que aborda la metodología usada para la realización de un modelo y posterior dimensionamiento del sistema de redes en una edificación. El diagrama mostrado en la Figura 1 es una herramienta que contiene en general los pasos y criterios necesarios para la adecuada formulación del modelo, análisis y dimensionamiento del sistema.

**Figura 1. Diagrama de flujo “Metodología de cálculo de redes hidráulicas y sanitarias en Revit 2016”**

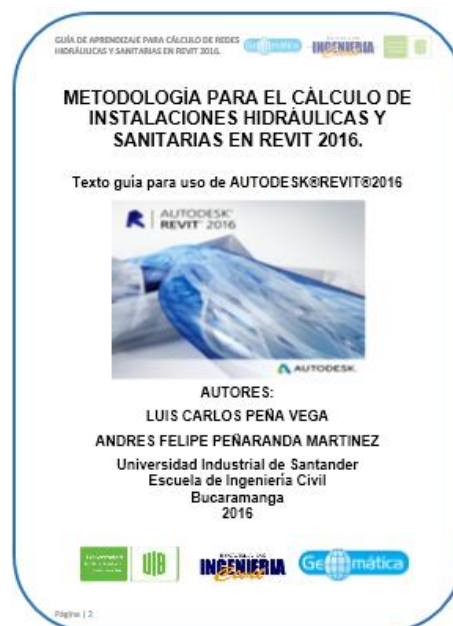


La metodología y el diagrama de flujo buscan plasmar una herramienta útil, que aclare los criterios y consideraciones utilizadas por el software para la realización del modelo y que adicionalmente provea al diseño de los soportes mínimos necesarios para su culminación, como las cantidades de obra, la generación de planos, las memorias de cálculos, etc. Todos ellos en una sola interfaz versátil.

## 2.5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.

A medida de que se aplicaba la metodología planteada al caso de estudio, se tomaron registros de cada uno de los pasos ejecutados en la concepción de las redes hidrosanitarias de los talleres del ITSI para plasmarlos en un documento guía cuya portada se muestra en la Figura 1 y en cuyo contenido se especifica el procedimiento detallado a seguir por parte de profesionales o estudiantes del área en cuestión cuyo interés sea el de hacer el salto del diseño tradicional hidrosanitario al diseño por medio de la tecnología BIM a través de Revit 2016.

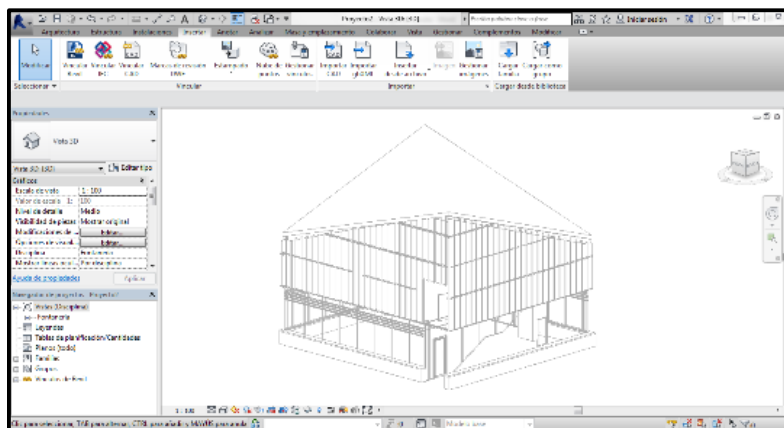
**Figura 2. Portada del documento guía “Metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016”. (Ver anexo Texto guía Metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016.pdf).**



A continuación, se presenta la descripción de los procesos contenidos en la guía de la metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016.

**2.5.1. Indicación inicial.** Se parte de las indicaciones iniciales que brindan los planos o modelos arquitectónicos disponibles sobre los cuales es posible referenciar información espacial de niveles de referencia necesarios para la ejecución del modelo. Se puede trabajar desde un modelo arquitectónico y estructural en formato.rvt de Revit 2016 como se muestra en la Figura 3 o bien desde un plano CAD para la creación de niveles de referencia.

**Figura 3. Archivo arquitectónico y estructural.rvt vinculado a Revit 2016**



**2.5.2. Configuración de tipos de tubería.** Antes de iniciar el dibujo de tramos de tuberías, es necesario establecer criterios en los segmentos y uniones para los diámetros de tubería que se desea usar, así el software realizará el enrutamiento lógico de tuberías, independientemente de un cambio de tamaño, un cambio de nivel, un cambio de dirección o que se pretenda unir más de dos tuberías. El software trae algunos parámetros por defecto configurados para el trazado de rutas, es necesario revisar los criterios por defecto pues, aunque en la interfaz del programa sea posible realizar un tipo de conexión puede que en la realidad del modelo ese tipo de conexión no esté permitida por las normas de diseño.

**2.5.3. Configuración de sistemas de tuberías.** Los sistemas de tuberías o bien sistemas de fontanería, son los sistemas lógicos usados por Revit 2016 (Autodesk,

s.f.) para hacer la diferenciación en el cálculo de flujo y tamaño de equipos en el diseño hidrosanitario de cualquier proyecto. Dentro de los sistemas están: red hidráulica de agua fría doméstica, red hidráulica de agua caliente doméstica, red sanitaria, red de ventilación, red contra incendios, etc.

**2.5.4. Configuración mecánica.** La configuración mecánica se divide en el ajuste de ángulos, dimensiones de tubería, longitudes y demás parámetros que tendrá en cuenta el programa dentro de la configuración general en un proyecto. A lo anterior se suma la configuración de materiales, características del agua y los métodos de cálculo mencionados anteriormente.

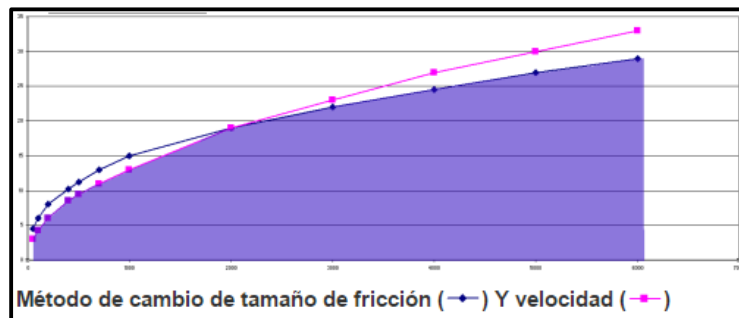
**2.5.5. Posicionamiento de elementos sanitarios.** Una familia es un grupo de elementos con un conjunto de propiedades comunes (llamadas parámetros) y una representación gráfica relacionada. Para la fontanería, existen distintos tipos de familia que representan no solo la parte gráfica sino también el manejo de datos que sirven para el cálculo. Estas familias pueden ser inodoros, lavamanos, duchas, orinales, entre otras y vienen por defecto en el software con el fin de ser cargadas de manera sencilla en el proyecto que se esté ejecutando.

**2.5.6. Modelado de tuberías.** Presenta herramientas y posibilidades que facilitan el diseño y planteamiento de tuberías en las redes de un modelo. La colocación de tuberías puede ser efectuada por el usuario bajo su propio criterio o bien, el software puede ofrecer una solución automática y lógica en función de la distribución de los aparatos sanitarios, la distribución del espacio arquitectónico, estructural y demás modelos involucrados en su realización. El planteamiento de los sistemas de tuberías parte de puntos específicos en los aparatos sanitarios, los cuales traen puntos de entrada de agua fría, caliente o puntos de salida sanitaria (Es posible la creación de dichas conexiones para la disciplina MEP en un aparato que solo existe como aparato arquitectónico) según el aparato que se esté tratando.

**2.5.7. Cambio de tamaño de tuberías.** Revit proporciona una manera automática para ajustar el tamaño o calcular las secciones de tubería, basándose en requisitos de ajustes por fricción o velocidad. Se pueden escoger bien la fricción o la velocidad en forma separada o un cumplimiento de ambos aspectos en forma simultánea. Durante el modelado se acudió a la herramienta de ajustes de tamaño de tubería tomando como criterio un valor máximo de velocidad de 2 m/s estipulado en el numeral 6.1.2 de la NTC 1500 como disposición general en el suministro y distribución de agua.

En la “Figura 4” se muestra para diferentes longitudes de tubería, los diámetros calculados bajo requisitos de fricción y velocidad. La región azul demarca la zona bajo el límite del diámetro escogido según el parámetro que cumple primero con su valor máximo.

**Figura 4. Velocidad y fricción como parámetros simultáneos para dimensionamiento. (Fuente Revit help).**



**2.5.8. Inspección de tuberías.** El inspector de tuberías es una herramienta que permite verificar la conexión de un sistema, el caudal que transporta un segmento de tubería de un sistema, la dirección del flujo y los puntos donde se presentan mayores presiones estáticas. Con el inspector es posible verificar posibles errores en modelo que impiden el cálculo o dimensionamiento de tuberías en los sistemas.

**2.5.9. Visualización tridimensional y multidisciplinar.** Una vez realizado el diseño, la inclusión de modelos de arquitectura y estructura permiten conocer los puntos de interferencias de las tuberías con elementos inalterables tales como muros, ventanas, puertas, etc. El software da un informe de las incongruencias que se puedan presentar en el proyecto y además su visualización tridimensional y multivista permite en forma gráfica poner en evidencia la interferencia y así se podrá replantear el trazado de dicho elemento que presentó la situación.

**2.5.10. Participación complementada entre elementos del proyecto de fontanería.** Al usar Revit la tecnología BIM, permite que a cada elemento presente en el proyecto, se le asigne una base de datos de información que permiten interpretar su comportamiento real en obra, ventaja que sirve para una relación asociativa bidireccional en la que se identifican los cambios que puedan surgir una vez terminado el diseño. Así, si se debe replantear el trazado de un elemento o tramo de tubería, el tiempo de ejecución de dicha tarea se reduce notablemente

pues en cualquier vista en la que se esté trabajando y se haga una modificación, el modelo global será modificado y los cambios serán inmediatos. Además, el trabajo de re calcular por motivo de las modificaciones que se puedan y deban hacer será inmediato al trabajo de trazado, optimizando así importantemente el tiempo de trabajo.

**2.5.11. Presentación de informes de pérdida de presión.** El software brinda un informe tabulado y detallado de los parámetros calculados en el dimensionamiento para el modelo. Esta información provista por el software es importante para la realización de informes de cálculo requeridos para las memorias de cálculo, que son un requisito para la entrega de un diseño. El informe sólo funciona en sistemas de tuberías de presión, como en la Figura 5.

**Figura 5. Información contenida en informe de pérdida de presión. (Ver archivo adjunto Red módulos.rvt).**

| Pérdida de presión total | Pérdida de presión en la sección |
|--------------------------|----------------------------------|
| 18411.2 Pa               |                                  |
| 9633.9 Pa                | 28045.2 Pa                       |
| 0.0 Pa                   |                                  |
| 273.0 Pa                 |                                  |
| 419.9 Pa                 | 693.0 Pa                         |

**2.5.12. Generación de cantidades de obra.** Revit brinda la opción de calcular cantidades de obra de todos los elementos incluidos en un proyecto mientras se van dibujando los tramos de tubería, lo que ahorra tiempo al diseñador, que solo debe preocuparse por generar el diseño mientras el programa va calculando el total de cantidades de obra y tabulándolas.

**2.5.13. Generación de planos.** La generación de planos es algo que se realiza desde el trazado del sistema de tuberías, pues ese trazado es una cualidad geométrica que se modifica en todas las vistas disponibles para el proyecto. Se pueden especificar distintos niveles de detalle en los planos, desde un nivel bajo con simbología, hasta un alto nivel gráfico que simula las características físicas del sistema (Material, color, textura, etc.). En Revit la creación de etiquetas es un paso que permite incluir información importante a los elementos, como propiedades

geométricas (longitud, área, etc.) en forma gráfica, el proceso de etiquetado permite de forma automática asignar a todos los elementos las propiedades deseadas. La exportación de la información en formato DWG, permite un fácil y rápido manejo de la información de manera detallada, adicionalmente hay un formato de salida que permite la creación de un rótulo de forma rápida y eficaz.

### 3. PARÁMETROS A COMPARAR ENTRE REVIT 2016 Y EL MÉTODO TRADICIONAL.

#### 3.1. COMPARACIÓN DE CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE PRESIÓN

Se realizó una comparación entre los resultados para el factor de fricción “f” para las ecuaciones usadas por Revit y las utilizadas en el medio colombiano respecto al número de Reynolds en cada caso (ecuaciones de Flamant y Hazen-Williams) [11]. Estas ecuaciones empíricas arrojan el valor total de la pérdida de carga por fricción Hf, motivo por el cual es necesario hacer una modificación para el valor del factor de fricción. El análisis se realizó únicamente con la ecuación de Flamant (Ecuación 6), pues en los diseños se trabajó con diámetros menores a tres pulgadas (3”) y por eso se disponía únicamente de los valores en pérdida de carga para el caso de esta ecuación (Flamant).

#### Ecuación 6. Ecuación de Flamant.

$$J = \frac{4 * C * V^{1,75}}{D^{1,25}}$$

Donde:

*C = Coeficiente de rugosidad del material de tubería.*

*V = velocidad del flujo en la sección [m/s].*

*D = Diametro de tubería en metros.*

*J = Pendiente de energía por pérdidas por unidad de longitud*

Al comparar la ecuación de Flamant para la pérdida de carga Hf con la de Darcy-Weisbach se puede encontrar el valor de factor de fricción “f” para la ecuación empírica de Flamant. Esta comparación se observa en la Ecuación 7, Ecuación 8 y Ecuación 9.

**Ecuación 7. Ecuación Darcy-Weisbach en su forma simplificada, despejado valor J.**

$$\frac{Hf}{L} = J$$

**Ecuación 8. Ecuación Darcy-Weisbach.**

$$Hf = \left( \frac{4 * C * 2g}{D^{0,25} * V^{0,25}} \right) * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

**Ecuación 9. Ecuación para el factor de fricción.**

$$f = \left( \frac{4 * C * 2g}{D^{0,25} * V^{0,25}} \right) = \frac{78,48 * C}{D^{0,25} * V^{0,25}}$$

Con los diseños existentes de redes a presión del ITSI, se pudo determinar para distintos tramos de tubería el valor de factor de fricción en cada caso y con las velocidades en cada conducto el número de Reynolds, por medios de informes generados por en Revit 2016. Para cada una de las ecuaciones para el factor de fricción, se comparó el número de Reynolds (Re) Vs Factor de fricción (f), con el fin de determinar el comportamiento para cada caso.

Para evaluar matemáticamente la desviación de los resultados de factor de fricción respecto al de Colebrook-White (CW), en cada caso, se calculó la desviación de los valores de fricción respecto al valor promedio de factor de fricción con CW utilizando la Ecuación 10.

**Ecuación 10. Ecuación del porcentaje de desviación.**

$$\% Desv = \left| \left( \frac{f_{prom CW} - f(ecuación)}{f_{prom CW}} \right) \right|$$

Con el valor promedio de factor de fricción para se calculó la desviación para las ecuaciones presentadas en el programa y la ecuación empírica utilizada para el diseño tradicional [10].

### **3.2. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE GASTO A CAUDALES**

La comparación se realizó tomando los valores del método de Hunter presente en el IPC 2012 y el método de Hunter modificado adaptado para Colombia con el fin de evitar el sobredimensionamiento de las redes. Se realizaron gráficas comparativas con el fin de visualizar la diferencia de valores entre los dos métodos de conversión de unidades de aparatos a caudales. Cabe resaltar que en el caso de estudio, las unidades de gasto asignadas a los aparatos fueron tomadas del Código colombiano de fontanería, ya que se pretendió implementar la metodología para ser aplicada en el país, pero la conversión de las dichas unidades a caudales sí fue realizada por el programa tomando el método del IPC 2012 como se explicó anteriormente y sin posibilidad de cambiar dicho método.

### **3.3. COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE OBRA**

Esta comparación se basó fundamentalmente en contrastar los metros lineales de tubería del diseño tradicional con el diseño en Revit 2016, para determinar las diferencias en cantidades de obra. Por parte del presupuesto, se asignó el valor del metro lineal especificado en el análisis de precios unitarios que se hizo en el diseño original, ya que Revit no permite hacer un análisis detallado del precio de cada elemento.

### **3.4. COMPARACIÓN DE PLANOS**

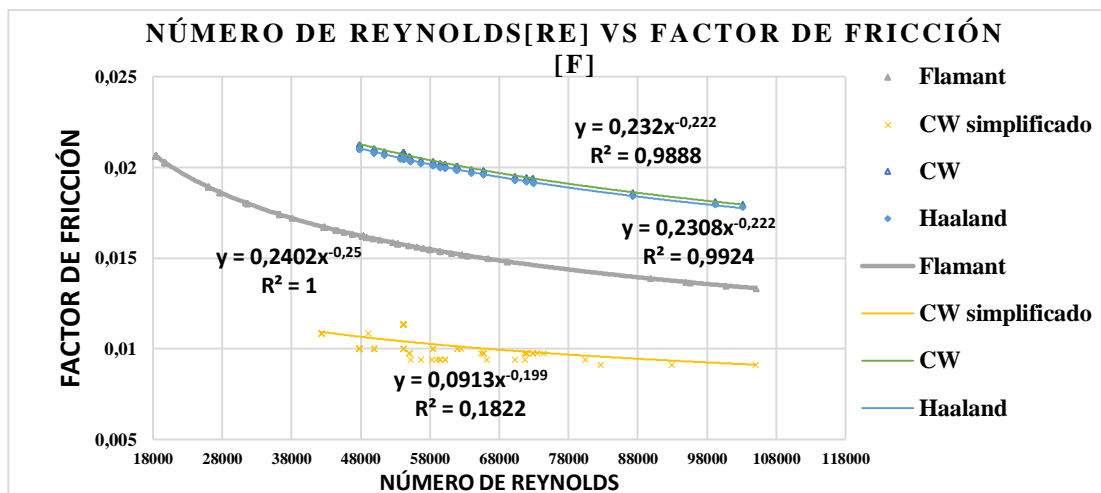
La comparación de planos generados con Revit y los hechos de la forma tradicional en programas como Autocad, además de basarse en la visualización, se tomó en cuenta el tiempo de ejecución de los planos, el nivel de detalles de información, nivel de detalle del dibujo y el esfuerzo hecho por el usuario para generar los planos.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 4.1. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE CÁLCULOS EN LA PÉRDIDAS DE PRESIÓN

Visualmente se aprecia en la Figura 6 que la mejor aproximación a los resultados de la ecuación de Colebrook-White es por la ecuación de Haaland, y la aproximación más lejana la de Colebrook simplificada. El régimen de flujo en el cual se está estimando el flujo para todos los casos es el régimen turbulento, pues para el diseño en ningún caso se obtuvieron números de Reynolds fuera del rango turbulento.

Figura 6. Numero de Reynolds Vs factor de fricción [f] en flujo turbulento.



En la Tabla 1 se muestra la desviación porcentual promedio y máxima de cada una de las ecuaciones de cálculo de pérdidas de carga.

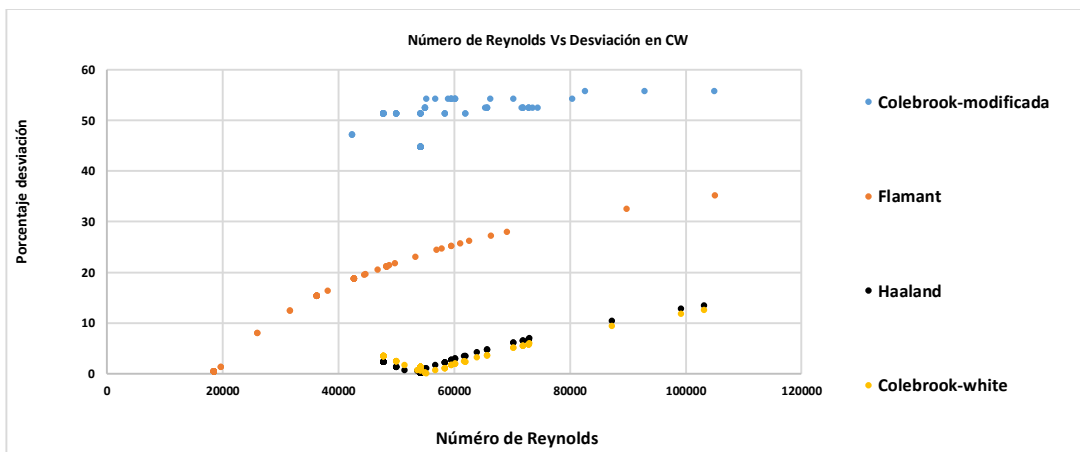
**Tabla 1. Desviación porcentual ecuaciones de pérdida de carga.**

| Desviación Porcentual | Flamant | Haaland | CW-mod. | CW     |
|-----------------------|---------|---------|---------|--------|
| <b>Promedio</b>       | 11.70%  | 2.05%   | 49.98%  | 2.38%  |
| <b>Máxima</b>         | 35.05%  | 13.40%  | 55.62%  | 12.43% |

De la evaluación matemática, se obtiene que la aproximación de Flamant con CW tiene una desviación de hasta el 35,05% respecto al valor promedio de factor de fricción por CW, lo que permite entender que la formulación empírica hace simplificaciones importantes a la naturaleza del fenómeno descrito en la ecuación de CW.

La mejor aproximación porcentual respecto al valor promedio de factor de fricción por CW, es de la ecuación de Haaland con un 2,05% como promedio y un valor máximo de desviación porcentual de 13,40%. Ambos valores bastante cercanos a los que tiene CW en desviación porcentual máxima y promedio respecto a su valor promedio de factor de fricción como se puede observar en la Figura 7.

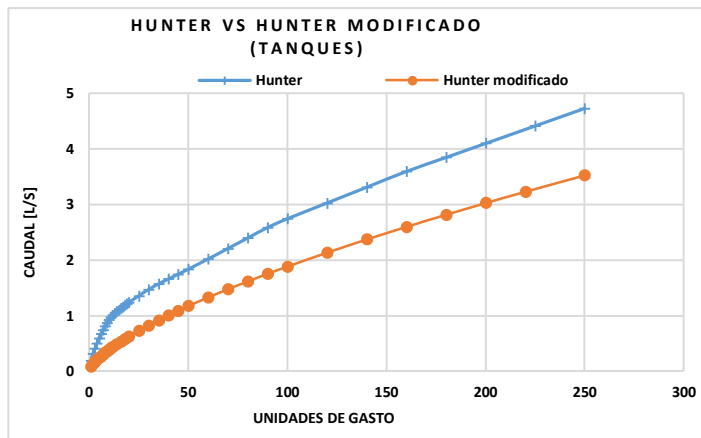
**Figura 7. Variación de desviación respecto a ecuación de Colebrook-White.**



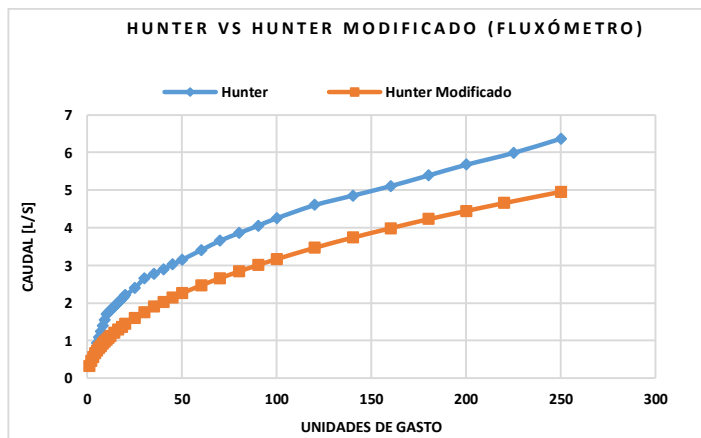
## 4.2. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE GASTO A CAUDALES.

La comparación de los métodos de conversión de unidades de gastos de Hunter del IPC 2012 y el Hunter modificado utilizado para Colombia, se visualiza en la Figura 8 para método de conversión de Tanque y en la Figura 9 para el método de conversión de fluxómetro.

**Figura 8. Unidades de gasto para sistemas de descarga tipo tanque Vs caudal. Comparación entre método de Hunter y método de Hunter Modificado.**



**Figura 9. Unidades de gasto para sistemas de descarga tipo fluxómetro Vs caudal. Comparación entre método de Hunter y método de Hunter Modificado.**



#### 4.3. COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE OBRA

El diseño con Revit representa una disminución en valor del total de tubería a presión de \$ 360.020 y un 1.36 % respecto al valor calculado con el método tradicional con ecuaciones empíricas y hojas de cálculo. Es importante resaltar que para ciertos diámetros el uso de Revit disminuyó el total de metros lineales de tubería, por ejemplo, en el diseño tradicional se requerían 28 metros lineales de tubería PVC-c de 1 (Tabla 2), y en el diseño de Revit se requerían 11,74 metros lineales (Tabla 3).

**Tabla 2. Resumen de cantidades y presupuesto de metros lineales de tubería PVC de presión halladas por método tradicional.**

| Tubería de presión | ML  | Valor Un. | Subtotal            |
|--------------------|-----|-----------|---------------------|
| PVC Ø=2 ½" pl      | 122 | \$22 044  | \$2 689 368         |
| PVC Ø=2            | 437 | \$23 846  | \$10 420 702        |
| PVC Ø=1 ½ "        | 305 | \$16 597  | \$5 062 085         |
| PVC Ø=1 ¼"         | 418 | \$13 637  | \$5 700 266         |
| PVC Ø=1 "          | 28  | \$8 854   | \$247 912           |
| PVC Ø=3/4"         | 37  | \$6 299   | \$233 063           |
| PVC Ø=1/2"         | 342 | \$6 097   | \$2 085 174         |
| <b>Subtotal</b>    |     |           | <b>\$26 438 570</b> |

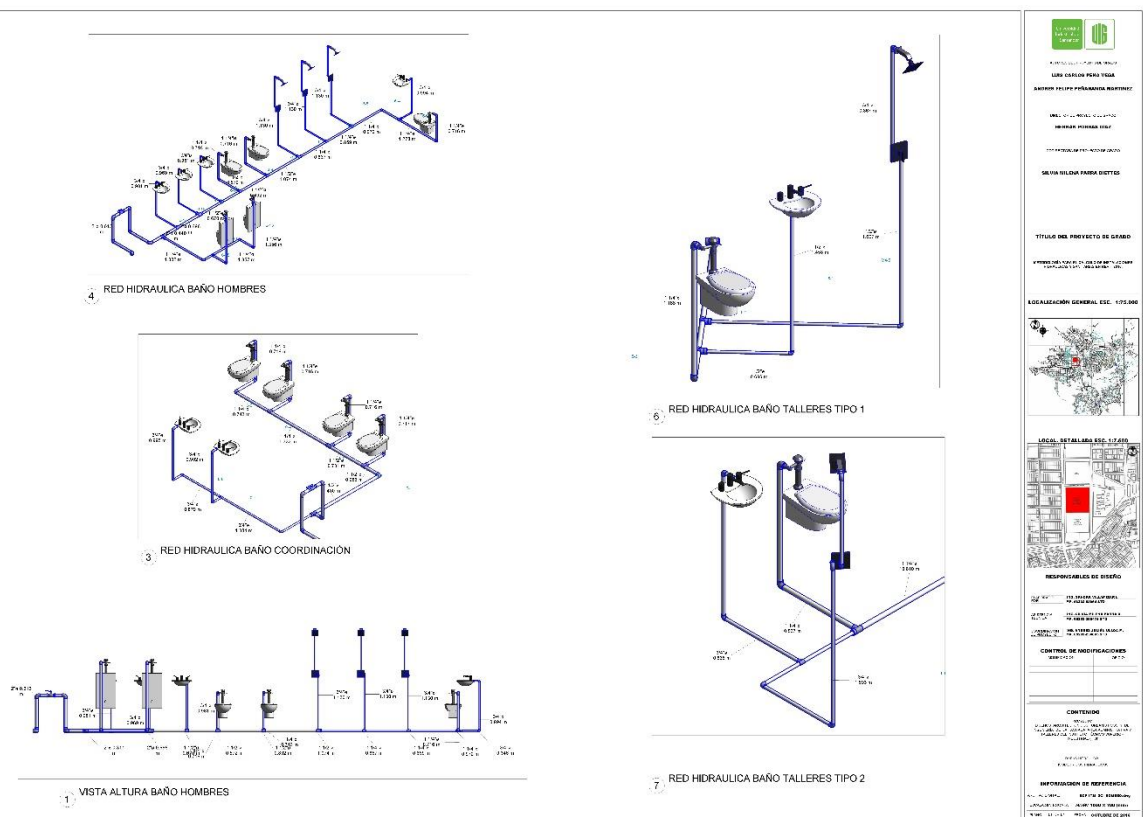
**Tabla 3. Resumen de cantidades y presupuesto de metros lineales de tubería PVC de presión halladas por medio de Revit 2016.**

| Tubería de presión | ML   | Valor Un. | Subtotal            |
|--------------------|------|-----------|---------------------|
| PVC Ø=2 ½" pl      | 326  | \$22 044  | \$7 182 376         |
| PVC Ø=2            | 351  | \$23 846  | \$8 376 074         |
| PVC Ø=1 ½ "        | 155  | \$16 597  | \$2 569 714         |
| PVC Ø=1 ¼"         | 367  | \$13 637  | \$5 001 915         |
| PVC Ø=1 "          | 11.7 | \$8 854   | \$103 893           |
| PVC Ø=3/4"         | 171  | \$6 299   | \$1 074 156         |
| PVC Ø=1/2"         | 290  | \$6 097   | \$1 770 422         |
| <b>Subtotal</b>    |      |           | <b>\$26 078 550</b> |

#### 4.4. COMPARACIÓN DE PLANOS.

El manejo gráfico de la información en los modelos hidráulicos permite que la presentación de dicha información en forma de planos sea manejada con sencillez y a un nivel de detalle alto. Esta facilidad se traduce en una reducción del tiempo empleado en la generación de la información gráfica en planos, pues tras el proceso de trazado de tuberías para su dimensionamiento se puede generar un plano que contenga dicha información al nivel de detalle requerido por el usuario (distancias, diámetros, cotas, pendientes, etc). En la figura 12 se presenta un plano isométrico hecho en Revit 2016.

**Figura 10. Plano de vista isométrica y alzado de tuberías hidráulicas de baterías de baños, generado en Revit 2016.**





## 5. CONCLUSIONES.

Debido a la característica BIM multidisciplinar de trabajar el modelado de las redes hidráulicas y sanitarias junto con las partes estructurales y arquitectónicas de un proyecto de construcción de edificios de altura, Revit resulta ser una herramienta altamente efectiva en la reducción de costos correcciones y ajustes en obra, al advertir anticipadamente las interferencias que puedan ocurrir en la fase construcción y que con la ayuda de la gestión de las distintas disciplinas, permite corregir las incongruencias que se presenten en las instalaciones hidrosanitarias en la fase de planificación del proyecto.

Las ecuaciones contenidas y utilizadas por parte de Revit para el cálculo de caídas de presión, permiten eliminar las restricciones que pueden presentar las ecuaciones empíricas que se utilizan en el diseño tradicional, cuya aplicación están limitadas bajo rangos de velocidad, temperatura del agua, tipo de material y diámetro de la tubería. Estas ecuaciones permiten tener un cálculo más preciso de la pérdida de carga por fricción que se genera en las tuberías, reflejadas en una optimización en el dimensionamiento de las redes principales de tallos distribuidores de un proyecto de fontanería.

Como herramienta útil del programa se encuentra el cambio de tamaño de tuberías, que permite realizar ajustes bajo la fijación de valores máximos de velocidad y fricción por medio de un comando muy simple de ejecutar. Esta herramienta reduce el tiempo de redimensionamiento que se necesita emplear en el cambio de diámetro con referencia al método tradicional, en cuyo caso los ajustes implican realizar varias modificaciones en las hojas de cálculo, incrementando el esfuerzo y tiempo de ejecución.

Aunque Revit cuenta con la opción de importar planos arquitectónicos y estructurales en 2D para usarlos como guía en trazado de las tuberías, para aprovechar al máximo las características del modelado BIM que brinda Revit, es necesario que antes de realizar un proyecto de fontanería, se tengan los modelos tridimensionales de arquitectura y estructura de la edificación para así tener una mejor visualización y hallar las interferencias que puedan existir entre tuberías y elementos no alterables.

Una de las desventajas que presenta el software en el cálculo de los sistemas de abastecimiento de agua fría, radica en que el método de conversión de las unidades de gasto de aparatos no están sujetas a lo que establece la normatividad colombiana por medio del método de Hunter modificado, que ha sido adaptado para

suplir las necesidades de gasto que demandan el uso de los aparatos en el país, sino que esta transformación de unidades se realizan bajo los valores propuestos por el Código internacional de plomería que se aplica en países como Estados Unidos, cuyas demandas y formas de uso son diferentes a las de Colombia. Lo anterior se traduce en el sobredimensionamiento de las tuberías en ramificaciones próximas a los puntos de salida de agua potable que conectan con las entradas de los elementos sanitarios, ya que el método de conversión del IPC propone caudales más grandes que los del Hunter Modificado. Aunque las designaciones de las unidades de gasto para los aparatos sanitarios pueden ser introducidas por el usuario en el programa, la selección del método de conversión de unidades de gasto a caudal no puede ser modificada.

## BIBLIOGRAFÍA.

AUTODESK. Building Design Suite 2015 Premium and Ultimate Editions, What's New in Autodesk® Revit®. 2015.

CAICEDO, Laura; GÓMEZ, Cristhian. Análisis de las ventajas y desventajas del uso de tecnología BIM en el diseño, análisis y modelamiento estructural. 2014. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería civil.

Construction. Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets/ SmartMarket Report. Bedford: Mcgrawhill. 60 p. 2014.

CASTRO, Nelson Yovani. GARZÓN, Jorge Enrique. ORTIZ, Rafael Orlando. Adaptación del método de Hunter para las condiciones locales en Colombia: seminario. En: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO DE ÁGUA (6 : 2006 : João Pessoa). Memorias del VI Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento de agua. João Pessoa : 2006. [En línea]. Disponible en: <[http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20\(1\).pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20(1).pdf)> [Consulta 10-08-2016].

CASTRO, Nelson Yovani. GARZÓN, Jorge Enrique. ORTIZ, Rafael Orlando. Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones de diferente tipo: seminario. En: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO DE ÁGUA (6 : 2006 : João Pessoa). Memorias del VI Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento de agua. João Pessoa: 2006. . [En línea]. Disponible en: <[http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20\(6\).pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20(6).pdf)> [Consulta 15-08-2016].

CEFRIO. The inevitable shift towards building information modelling (BIM) in Canada's construction sector: a three-project summary. Research summary & highlights. (2014). ISBN 978-2-923852-41-6.

CONFERENCIA PARA ARQUITECTOS DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y ELÉCTRICAS. BOTERO, Juan Bernardo. Universidad Nacional de Colombia, 2002. 102 p.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael y LISTON, Kathleen. BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Second edition. (2014). ISBN: 978-0-470-54137-1.

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN (EPM). Normas de diseño de sistemas de acueducto de EPM, Primera edición .2009

GRANADOS, SAVEDRA, RAMIREZ. Optimización del diseño de redes hidráulicas en edificaciones. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junho de 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. código colombiano de fontanería, Norma Técnica Colombiana 1500, ICONTEC, 2004. (NTC 1500).

INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC. International Plumbing Code 2012 (IPC 2012).

MOJICA, Alfonso; VALENCIA, Diego. Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. 2012. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería civil.

PEREZ CARMONA, Rafael. Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. sexta edición, Ecoe ediciones. ISBN 9789586486774.

TRISTANCHO, J. CONTRERAS, L y VARGAS, L. Aplicación del Modelo Integrado de Desarrollo (BIM) en el Diseño de Proyectos para Oficina Abierta, En Ingeniería, Vol. 16 No. 2, pág. 78-93 (2011).

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Modelos de Revit 2016.**

- Red módulos.rvt.
- Red administravita.rvt.

### **Anexo B. Documento de Excel.**

- Análisis de ecuaciones de cálculo y comparación de cantidades de obra.xlsx.

### **Anexo C. Documento PDF.**

- Texto guía Metodología para el cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias en Revit 2016.pdf.