

Revisión Bibliográfica: Condiciones Técnicas E Hidráulicas Que Justifiquen La Conexión De Los Sistemas De Protección Contra Incendios De Las Edificaciones Del Área Urbana De Tunja Con La Red De Acueducto.

FRESNO B. Carlos Andrés

Universidad Santo Tomas, carlos.fresno@usantoto.edu.co

Artículo para optar al Título de Especialista en Ingeniería Hidroambiental

Resumen:

El presente estudio surge de la discrepancia encontrada entre algunas normas técnicas colombianas que indican la posibilidad de usar el sistema de acueducto como fuente directa y confiable para el suministro de agua de los sistemas de protección contra incendios (SPCI) en edificaciones y otras normas que regulan los sistemas de acueducto, que no permiten dicha conexión.

En Estados Unidos, país del que los profesionales colombianos del sector construcción hemos adoptado la mayoría de buenas prácticas, requisitos de diseño prescriptivo y adquisición de conocimiento a través de las investigaciones realizadas por entes como la National Fire Protection Association (NFPA), la Factory Mutual Global (FM Global), entre otras organizaciones, este tipo de conexión es una práctica viable en su normativa, que facilita la protección de los edificios, sin embargo, en Colombia no solo no se lleva a cabo este tipo de conexión, sino que no se conoce alguna investigación o caso de estudio al respecto, lo que motiva el presente estudio, que tiene como objetivo analizar por medio de una revisión bibliográfica, las condiciones técnicas e hidráulicas que justifiquen la conexión de los sistemas de protección contra incendios de las edificaciones con la red de acueducto y preparar el camino para casos de estudio posteriores, iniciando por Tunja.

Palabras Clave:

Incendio, acueducto, fuente directa, bomba, tanque, rociadores automáticos.

Abstract:

The present study arises from the discrepancy found between some Colombian technical standards that indicate the possibility of using the aqueduct system as a direct and reliable source for the water supply of fire protection systems (SPCI) in buildings and other regulations

governing water systems, which do not allow such connection.

In the United States, where Colombian construction professionals have adopted most good practices, prescriptive design requirements and knowledge acquisition through research conducted by organizations such as the National Fire Protection Association (NFPA), Factory Mutual Global (FM Global) among others, this type of connection is a viable practice in its regulations, which facilitates the protection of buildings, however, in Colombia not only does not carry out this type of connection, but there is no known research or case study on it, the reasons for this study, which aims to analyse by means of a literature review, the technical and hydraulic conditions which justify the connection of fire protection systems in buildings to the aqueduct network and pave the way for further case studies, starting with Tunja.

Keywords:

Fire, aqueduct, direct source, pump, tank, automatic sprinklers.

1. INTRODUCCIÓN

Por medio de una revisión bibliográfica, el presente estudio pretende ser base de discusión para empresas de acueducto, curadurías, profesionales del sector construcción y población en general, para que se viabilice la conexión de los sistemas de protección contra incendios de las edificaciones con la red de acueducto, así como proponer nuevos estudios en referencia al tema.

Algunas de las preguntas que busca responder el estudio son:

- ✓ ¿Cuáles son los requerimientos hidráulicos mínimos para un sistema de protección contra incendios típico en edificaciones?
- ✓ ¿Qué tipo de edificios podrían conectar su sistema de protección contra incendios al acueducto?
- ✓ ¿Qué ventajas y desventajas puede traer al sistema de acueducto la conexión de los SPCI?
- ✓ ¿Qué podría justificar la conexión de los SPCI de la zona urbana con el acueducto de Tunja?
- ✓ ¿Cuál es la metodología que se debería seguir para viabilizar la conexión de un SPCI con el acueducto de Tunja?

Si bien no existen estudios previos que se puedan usar como referencia en la conexión de SPCI a acueductos en Colombia, la metodología inicialmente planteada para el estudio contempló la recolección de información en la normativa nacional e internacional, en la literatura y también la perteneciente a la empresa prestadora del servicio de acueducto de Tunja, información que se seleccionó, analizó y sintetizó, acorde a las características que se consideraron relevantes para

dar cumplimiento a los objetivos de la investigación, tales como el tiempo de publicación, la pertinencia respecto al tema y/o la calidad de su contenido.

2. REGLAMENTOS TÉCNICOS

2.1. Reglamentos Nacionales En Referencia A Los Spci

Reglamento De Construcción Sismo Resistente (NSR)

La **(NSR 2010)** es ley en Colombia y tiene como objetivo principal reducir la pérdida de vidas humanas y proteger el patrimonio, destinando el título J exclusivamente a los requisitos de protección contra incendios en las edificaciones, lo que lo hace relevante para los profesionales civiles e hidráulicos que abordan este desafío de diseño y construcción. Como propósito y alcance de este título J, se resalta que toda edificación debe cumplir sus requisitos, que tienen como premisa la reducción del riesgo de incendios, evitar su propagación, facilitar la evacuación, facilitar el proceso de extinción y disminuir el riesgo de colapso del edificio, convirtiéndolo en el punto de partida a la existencia de los SPCI que se estudiarán posteriormente y una de las razones importantes para analizar la viabilidad de su conexión a las redes de acueducto.

La organización que presenta el código para establecer los requisitos está basada en el uso del edificio o sus espacios, clasificados acorde a los grupos de ocupación que indica el capítulo K de este. A mencionar dicha clasificación de los edificios para los sistemas de extinción de incendios, está representada así:

- ✓ Almacenamiento de riesgo moderado, en los que se encuentran espacios que almacenan papel, vestidos, zapatos, cuero, cartón, cales, muebles, maderas, cigarrillos, granos, cera, pieles, establos, galpones, parqueaderos, talleres mecánicos, productos de fotografía y otros similares, que son combustibles, arden con rapidez moderada, pero no producen gases venenosos, ni explosivos.
- ✓ Almacenamiento de riesgo bajo, en los que se encuentran espacios que almacenan materiales incombustibles o de combustión lenta, como el asbesto, los alimentos, los metales, la porcelana, y otros similares.
- ✓ Comercial de servicios, que son espacios como los consultorios, oficinas administrativas, salas de belleza y otros similares.
- ✓ Comercial de bienes y productos, caracterizados por tener exhibición y venta de bienes, productos y mercancías con acceso al público, como los supermercados, restaurantes, centros comerciales, centros de distribución al detal y al por mayor y otros similares.
- ✓ Fabril o industrial de riesgo moderado, son espacios en donde se presentan actividades de explotación, fabricación y otros procesos que, por la naturaleza de la operación y materiales usados, representan riesgo de incendio moderado, como lo son las plantas de asfalto, lavanderías, industrias de cueros, papel, metalmecánica, automotriz y otras similares.
- ✓ Fabril e industrial de riesgo bajo, son espacios con actividades de explotación, fabricación y otros procesos con un riesgo bajo de incendio, como lo son las industrias alimenticias o artesanales.

- ✓ Institucional de reclusión, que hace referencia a los espacios con personas en condición de libertad restringida, como las prisiones, reformatorios, manicomios y otros similares.
- ✓ Institucional de salud o incapacidad, que son espacios en donde se realiza el cuidado o tratamiento de personas con algún tipo de limitación física por edad avanzada o salud, como los hospitales, centros de salud, centros para discapacitados, ancianatos, guarderías, laboratorios clínicos y otros similares.
- ✓ Institucional de educación, hace referencia a espacios en donde se imparte educación o instrucción, como universidades, colegios, academias, jardines infantiles, entre otras instituciones docentes.
- ✓ Institucional de seguridad pública, espacios indispensables para la seguridad pública, como estaciones de policía, bomberos, defensa civil y otros,
- ✓ Institucional de servicio público, que son necesarios para el buen funcionamiento de las ciudades, como los centros administrativos municipales, juzgados, centros administrativos de servicios públicos, entre otros.
- ✓ Lugares de reunión deportivos, como los estadios, las plazas de toros, gimnasios, boleras, piscinas, polígonos, clubes deportivos, y otros.
- ✓ Lugares de reunión culturales con instalaciones escénicas, iluminación especial, cuartos de proyección, cortinas, dispositivos mecánicos, silletería fija u otros equipos de teatro, como lo son, los auditorios, cines, teatros, planetarios, salones de convención, entre otros.
- ✓ Lugares de reunión sociales y recreativos, que tienen como fin la diversión, consumo de comidas y bebidas, como los clubes sociales, clubes nocturnos, salones de baile, salones de juego, centros de recreación, tabernas y otros similares.
- ✓ Lugares de reunión religioso, como iglesias, capillas, salones de culto, salones de agremiaciones religiosas, entre otros.
- ✓ Lugares de reunión de transporte, que son los espacios en donde las personas esperan la llegada o salida de cualquier medio de transporte de pasajeros o de carga, como terminales de pasajeros, terminales de carga, estaciones, salas de espera de pasajeros y otros.
- ✓ Ocupación mixta, se refiere a edificios con dos o más ocupaciones.
- ✓ Alta peligrosidad, son espacios en donde se encuentran materiales altamente combustibles, con posibilidad de explosión y que arden rápidamente, produciendo gases irritantes, venenosos o explosivos.
- ✓ Residencial como uso de vivienda unifamiliar, bifamiliar o de menos de 20 personas.
- ✓ Residencial como uso de vivienda multifamiliar para más de 3 familias o de 20 personas, incluyendo dormitorios universitarios, monasterio e internados.
- ✓ Residencial hotel, son espacios que sirven para alojar a más de 20 personas en estadias de tiempo corto como los hoteles, apartahoteles, moteles, pensiones y otros.

Si bien el documento contiene una serie de requisitos que incluyen aspectos de la protección contra incendios como la necesidad de hidrantes, las protecciones pasivas, la detección y la disposición arquitectónica para temas de seguridad

humana, este estudio se enfoca únicamente en las exigencias de sistemas de extinción hidráulicos que tienen como agente extintor el agua.

Como resumen de los requisitos, se lista inicialmente los edificios que deben estar protegidos por un sistema de mangueras:

- ✓ Todos los edificios clasificados como grupos de ocupación almacenamiento, comercial, fabril e industrial, mixto, de alta peligrosidad y residencial multifamiliar.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación institucional que superen los 3 pisos o los 9m de altura, que tengan sótanos o que tenga pisos con recorridos superiores a 30m desde el acceso del cuerpo oficial de bomberos.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación lugares de reunión que superen los 4 pisos o los 12m de altura, que contengan 2 o más sótanos o que tenga pisos con recorridos superiores a 30m desde el acceso del cuerpo oficial de bomberos y no cuente con rociadores automáticos.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación residencial hoteles, que superen 9m de altura o que tenga sótanos de parqueo.

Además, se lista los edificios que deben estar protegidos por un sistema de rociadores automáticos:

- ✓ En general, los edificios clasificados como de gran altura.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación almacenamiento de riesgo moderado que superen 3 pisos o 9m de altura, que tenga áreas superiores a 1000m² sin separación con muros cortafuego, que tengan menos de 18m de aislamiento con áreas de uso público, que superen un área construida de 2200m², que sean de acceso público o que almacenen más de 500m³ de llantas.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación comercial C2 que superen los 3 pisos o 9m de altura, que superen un área construida de 1100m² o que tengan sótanos que superen los 200m².
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación fabril e industrial de riesgo moderado que supere los 3 pisos o 9m de altura, que tenga áreas superiores a 1000m² sin separación con muros cortafuego o que tengan menos de 18m de aislamiento con áreas de uso público.
- ✓ Los edificios clasificados como grupo de ocupación fabril e industrial de riesgo bajo que superen los 2200m² de área construida.
- ✓ Los edificios clasificados en el grupo de ocupación institucional de reclusión I1.
- ✓ Los edificios clasificados en el grupo de ocupación institucional de salud o incapacidad I2.
- ✓ Los edificios clasificados en el grupo de ocupación de educación I3 que tengan un área construida superior a 2000m², que supere los 4 pisos o 12m de altura o que tenga sótano.
- ✓ Los edificios clasificados como lugares de reunión que superen una carga ocupacional de 300 personas. (Los estadios y arenas abiertas podrían tener una excepción, bajo un estudio de ingeniería)
- ✓ Los edificios clasificados como lugares de reunión social y recreativo en los que se realicen fiestas y consumo de alcohol.
- ✓ Los escenarios y áreas anexas con áreas superiores a 100m² y 15m de altura.

- ✓ Las instalaciones interiores en edificios con ocupación para diversión y juego de niños y adultos, que excedan 3m de altura y área de proyección horizontal de 15m².
- ✓ Los edificios clasificados en el grupo de ocupación alta peligrosidad.
- ✓ Los hoteles de más de 3 pisos y sus sótanos usados para parqueo.

Los sistemas de mangueras y rociadores mencionados anteriormente deberán estar diseñados acorde a las Normas Técnicas Colombianas (NTC): **NTC 1669 (2009)** y **NTC 2301 (2011)**, teniendo como referencia las normas técnicas de la National Fire Protection Association (NFPA).

Reglamento Técnico De Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS)

Dentro del paquete normativo a revisar, recae gran importancia en el **RAS (2021)**, en donde se puede resaltar lo siguiente:

- ✓ No establece requerimientos o validación de conexión de sistemas privados de protección contra incendios a la red de acueducto, pues parte de la premisa que estos sistemas reciben la presión necesaria de equipos de bombeo o del sistema del cuerpo oficial de bomberos.
- ✓ La red de distribución debe funcionar entre 15mca y 50mca. (Para los sistemas de complejidad baja, la presión mínima en 10mca)
- ✓ La demanda que establece para protección contra incendios en poblaciones con menos de 20.000 habitantes es de 1 hidrante con un caudal de 5 l/s para todas las zonas.
- ✓ La demanda que establece para protección contra incendios en poblaciones entre 20.000 y 60.000 habitantes es de 3 hidrantes simultáneos con un caudal de 5 l/s cada uno para las zonas comerciales, industriales y densamente pobladas, en el caso de zonas residenciales unifamiliares es 1 hidrante con un caudal de 5 l/s por hidrante.
- ✓ La demanda que establece para protección contra incendios en poblaciones entre 60.000 y 100.000 habitantes es de 3 hidrantes simultáneos con un caudal de 5 l/s cada uno para las zonas comerciales, industriales y densamente pobladas, en el caso de zonas residenciales unifamiliares es de 2 hidrantes con un caudal de 5 l/s cada uno.
- ✓ Para municipios con más de 100.000 habitantes, como es el caso de Tunja, la demanda que establece para zonas comerciales, industriales y densamente pobladas es de 4 hidrantes simultáneamente con un caudal de 10 l/s cada uno y en zonas residenciales unifamiliares es de 2 hidrantes simultáneamente de 10 l/s por hidrante.
- ✓ Cuando el nivel de complejidad del sistema es bajo y medio, este garantiza 3 mca en el hidrante.
- ✓ En los sistemas de complejidad medio alto y alto, se provee una presión de 10 mca en los hidrantes en las zonas residenciales y en zonas comerciales, industriales o densamente pobladas 20 mca.
- ✓ El volumen de agua que debe garantizar un acueducto para la protección contra incendio establece una duración de 2 horas para todos los niveles de complejidad, a excepción del nivel de complejidad bajo, que no debe tener

en cuenta la demanda contra incendios, el cual debe ser calculado con la siguiente expresión:

$$Q_{in} = \left(\frac{3.86}{60}\right) * \sqrt{\frac{P}{1000}} * (1 - 0.01 * \sqrt{\frac{P}{1000}}) \quad (1)$$

donde, Q_{in} representa el caudal contra incendios requerido en (m³/s) y P representa la población en (habitantes).

Luego de hallar el caudal se procede a reemplazar su valor en la siguiente expresión:

$$V = Q_{in} * T \quad (2)$$

donde, V representa el volumen de agua para protección contra incendios en (m³), Q_{in} representa el caudal contra incendios requerido en (m³/s) y T representa la duración del incendio en (s).

2.2. Reglamentos Internacionales En Referencia A Los SPCI

Sin duda, los códigos de mayor referencia para Colombia en SPCI son aquellos generados por organizaciones de Estados Unidos, país que históricamente desde la academia y la industria ha demostrado su interés en la protección contra incendios en edificaciones desarrollando investigaciones, programas académicos y una normativa muy fuerte, ejemplo de eso es la implementación de documentos como el Building Construction and Safety Code **NFPA 5000 (2024)**, el Life Safety Code **NFPA 101 (2024)** y el Fire Code **NFPA 1 (2024)**, los cuales dentro de su propósito es establecer un nivel razonable de seguridad contra incendios a la vida, la salud y la propiedad en las edificaciones.

Es tal el desarrollo de estos códigos y normas que incluso países de Latinoamérica usan las normas elaboradas por la NFPA y las referencian de forma mandataria en sus códigos nacionales **LATAM PCI (2025)** como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Uso Mandatorio De NFPA En Latinoamérica

País	Uso mandatorio	Observaciones
Argentina	No	
Brasil	No	
Uruguay	No	
Bolivia	No	
Chile	No	
Colombia	No	
Costa Rica	Si	A nivel nacional
Ecuador	Si	Adopta NFPA 101
México	No	Solo para hidrocarburos
Paraguay	No	
Perú	Si	A nivel nacional
República Dominicana	Si	A nivel nacional

Nota: Esta tabla muestra los países que de forma mandataria aplican normas NFPA para la protección contra incendios, de acuerdo con el estudio del Estado de la Regulación sobre protección contra incendios en Latinoamérica **LATAM PCI (2025)**

Teniendo en cuenta que Costa Rica es uno de los países en donde sus códigos hacen mandatorio el uso de las normas NFPA, se realizó una revisión a estos, validando que el código de instalaciones hidráulicas y sanitarias incluía algunos requerimientos para los SPCI en las edificaciones que se han venido eliminando **CFIA (2017)**, toda vez que adoptó un Reglamento Nacional de Protección Contra incendios del **Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2020)** y del que se puede identificar que al igual que Colombia, establece requerimientos de SPCI en las edificaciones, obligando la instalación de sistemas de mangueras y rociadores automáticos en edificios de gran altura y en aquellos no considerados de gran altura organizando el requerimiento según su área construida, teniendo como requisito la implementación de sistemas de rociadores así:

- ✓ Edificios con área mayor a 1500m² con uso para ocupaciones de reunión pública, industrias de riesgo elevado y almacenamiento de riesgo elevado.
- ✓ Edificios con área mayor a 2500m² para uso mercantil y centros comerciales.
- ✓ Edificios de salud
- ✓ Hoteles con más de 16 habitaciones
- ✓ Asilos y centros de acogida con área superior a 500m²

Otro aspecto importante del código de Costa Rica es que, si bien incluyen los documentos de la NFPA como normas para el diseño de los SPCI, al igual que el **RAS (2021)**, se asume que el edificio debe contar con una bomba y/o tanque que supla el requerimiento de caudal y presión de los sistemas.

Posiblemente, el rey de los códigos internacionales a tener en cuenta en la protección contra incendios y que es la base de estudio para la construcción del Código de Protección Contra Incendios de Colombia que desarrolla actualmente el Comité Técnico de Normalización T-623 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación es el International Fire Code que basa los requisitos en el tipo de ocupación, la altura y el área construida del edificio, teniendo en cuenta que esos factores suelen ser los que más afectan la extinción y el riesgo en caso de incendio en un edificio. **IFC (2021)**

3. NORMAS TÉCNICAS

3.1. Normas Técnicas Nacionales Para Los SPCI Con Uso De Agua Como Agente Extintor

Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación ICONTEC

Se evidencia una recomendación importante, que indica que para conectar SPCI a sistemas de agua potable se debe prever la protección de este respecto al contraflujo, por lo tanto, se deberá instalar un conjunto con doble válvula de retención, un conjunto de retención doble o un conjunto con el principio de retención reducida **NTC 1500 (2023)**

Actualmente Colombia cuenta con dos normas técnicas en referencia a los SPCI con uso de agua como agente extintor, las cuales están referenciadas en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente para la instalación de sistemas de mangueras **NTC 1669 (2009)** y para la instalación de sistemas de sistemas de rociadores **NTC 2301 (2011)**, sin embargo, son adopciones idénticas de las

normas **NFPA 14** y **NFPA 13** en sus ediciones 2007, motivo por el cual el estudio contempló el análisis de las normas **NFPA** en su versión más vigente.

3.2. Normas Técnicas Internacionales De Referencia Para Los SPCI Con Uso De Agua Como Agente Extintor

Normas Para La Instalación De Los Sistemas De Mangueras Y De Rociadores Automáticos

La NFPA es una organización sin ánimo de lucro fundada hace más de 125 años en Estados Unidos, que ha enfocado sus esfuerzos en la seguridad, salvando vidas y reduciendo pérdidas, por medio de la información, el conocimiento, la investigación y la pasión por la protección contra incendios. Esta sociedad cuenta con más de 1500 documentos y en este capítulo se mencionan algunos conceptos importantes extraídos de las normas **NFPA 13 (2024)** y **NFPA 14 (2025)**, toda vez que son estos el tipo de sistemas hidráulicos que se encuentran en los edificios y son requisito establecido por la **NSR (2010)**:

- ✓ El agua proveniente de fuentes públicas, como los sistemas de acueducto se considera adecuado para el suministro de agua de los sistemas de protección contra incendios.
- ✓ La fuente de agua debe estar en capacidad de proveer la demanda máxima calculada para los sistemas de rociadores y la demanda de mangueras.
- ✓ El suministro de agua debería estar disponible hasta por 60 minutos para el caso del riesgo leve y por 90 minutos para el caso del riesgo ordinario.
- ✓ La fuente de agua debe garantizar para el sistema de mangueras de un edificio 250gpm a 100psi en la válvula remota de los sistemas clase I y 100gpm a 65psi en la válvula remota de los sistemas clase II.
- ✓ La fuente de agua debe garantizar para el sistema de rociadores automáticos calculados hidráulicamente la presión mínima en el rociador crítico y el caudal de acuerdo con la densidad establecida en la norma.
- ✓ La fuente de agua para el sistema de rociadores automáticos diseñados por cédula de tubería debe garantizar en la base del montante el siguiente flujo y presión, según el riesgo:
 - Riesgo leve 500-750 gpm a 15 psi
 - Riesgo ordinario 850-1500 gpm a 20 psi
- ✓ Los sistemas nuevos por cedula serán de máximo 465m², a menos que se tenga disponibilidad de presión de 50 psi en la elevación más alta del rociador.
- ✓ Los sistemas diseñados hidráulicamente deben cumplir con las siguientes áreas de diseño y densidades de aplicación, según el riesgo:
 - Riesgo leve – 0.1gpm/ft² en 1500ft²
 - Riesgo ordinario I – 0.15 gpm/ft² en 1500ft²
 - Riesgo ordinario II – 0.20 gpm/ft² en 1500ft²
 - Riesgo Extra I – 0.3 gpm/ft² en 2500ft²
 - Riesgo Extra II – 0.4 gpm/ft² en 2500ft²
- ✓ El área de piso máxima protegida por un montante de un sistema de riesgo leve u ordinario es de 4830m².

- ✓ El área de piso máxima protegida por un montante de un sistema de riesgo extra es de 3720m².

Normas Para Redes Privadas De Protección Contra Incendios

En la revisión bibliográfica, se verifica también la **NFPA 24 (2025)**, que basada en ingeniería, pruebas y experiencia, tiene como objeto de seguridad los requisitos para instalaciones de tuberías para el servicio privado de incendios, que son aquellas que se encuentran entre la fuente de agua y las estaciones de control de los sistemas. De esta norma, se considera importante resaltar que el caudal y suministro de agua del acueducto público es una fuente aceptable y debe ser determinado por pruebas de flujo u otros métodos aprobados, haciendo los ajustes respectivos dados por las fluctuaciones diarias del sistema, las posibles interrupciones, el uso industrial de gran magnitud simultaneo, la demanda futura del sistema y otras condiciones que sean importantes de ajustar, según la red disponible.

Adicionalmente, se deben resguardar los sistemas de acueducto contra una posible contaminación con válvulas de contra flujo listadas para el uso de protección contra incendios y siguiendo la recomendación del código hidráulico local.

Si se requieren medidores, estos también deben ser listados para protección contra incendios.

Confiabilidad De La Fuente De Agua

Cuando el acueducto sea la fuente agua, deberá ser confiable mediante su inspección y mantenimiento **NFPA 25 (2023)**, además de contemplar las siguientes recomendaciones, resultado de las investigaciones de Factory Mutual en su ficha técnica 3-29 **DSFM GLOBAL 3-29 (RevPro 2021)**:

- ✓ Se puede considerar que un suministro de agua confiable es aquel que históricamente no presenta interrupciones recurrentes sin planificación, ni supervisión.
- ✓ El sistema de acueducto público o privado se considera una fuente de agua más confiable que un tanque por gravedad o una bomba.
- ✓ Una fuente de agua considerada confiable está libre de fluctuaciones periódicas que reduzcan la cantidad de agua por debajo de los requisitos para los SPCI.
- ✓ Según el historial de pérdidas de FM Global, las propiedades con una fuente de agua confiable y un sistema de rociadores automáticos correctamente diseñados, instalados, mantenidos y probados, prácticamente no presentaron antecedentes de pérdidas por incendios no controlados.
- ✓ Una red de tuberías en anillo con válvulas divisorias aumenta la confiabilidad del sistema.
- ✓ Una red de tuberías expuesta a impactos en la superficie, congelación o daños por movimientos de tierra subterráneos tiene una menor confiabilidad.

Dentro de los aspectos de confiabilidad, es muy importante la evaluación de la oferta disponible de agua en la red de acueducto, procedimiento que se puede realizar acorde a **NFPA 291 (2025)** y que en términos generales consiste en la elección de un grupo de hidrantes públicos, sobre los cuales se realizarán unas mediciones de presión estática y de medición residual, que permitan el análisis de la información y la generación de la curva de disponibilidad de agua, concluyendo si la fuente cuenta con la disponibilidad necesaria para suplir el requerimiento hidráulico o si el proyecto debe incluir un tanque y bomba.

4. ESTUDIOS PREVIOS

Considerando que al momento de iniciar la revisión bibliográfica no se conoce en Colombia un estudio que busque viabilizar la conexión de sistemas de protección contra incendios con el acueducto, se procedió a revisar publicaciones que ofrecen información relevante, tanto en temas de SPCI a base de agua, como de redes de acueducto.

4.1. Estudios Previos En Referencia SPCI

En **Montoya D, Roa E (2021)**, se evidencia el diseño del SPCI para la Universidad Católica de Colombia, edificio con espacios de aulas, biblioteca, oficinas administrativas, plazoleta y cafetería con un área total construida de 26.865m², distribuida en dos edificios de cinco pisos, uno de tres y uno de seis pisos. Se puede destacar de los gráficos hidráulicos que el requerimiento para el sistema de mangueras es de 1025.37 gpm a 136.6psi, con una capacidad de tanque de 114m³ para satisfacer la demanda del sistema durante 30 minutos y para el sistema de rociadores se requieren 303 gpm a 128.9 psi, con una capacidad de tanque de 125m³ para satisfacer el sistema durante 60 minutos.

López L, Marín E (2019) es un estudio que hace parte de esta revisión bibliográfica, toda vez que considera la modelación hidráulica de una red de rociadores del SPCI a partir de dos software, uno con licencia de pago y otro con licencia libre, validando su posible uso, lo que toma importancia en conceptos como el de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá quienes incentivan el uso de software libres para las validaciones hidráulicas y prefieren la utilización de Epanet para garantizar la compatibilidad **EAAB NS 165**. El estudio contempla el diseño de un edificio usado como teatro, es decir, un grupo de ocupación lugares de reunión L2, que se compone de parqueaderos en sótano y semisótano, más tres pisos correspondientes a silletería y escenario, en un área total construida de 6863m², concluyendo que los requerimientos hidráulicos emitidos por el software Epanet son 363.37gpm a 33.30psi y los emitidos por el software Fire's Elite son 358.03 gpm a 32.13psi.

4.2. Estudios Previos En Referencia A Redes De Acueducto

Posterior a una futura evaluación de la red hidráulica, es posible que se concluya que esta no cuenta con la disponibilidad de caudal o presión requerida por el sistema, por lo que la solución inmediata podría ser aumentar la presión de este,

lo que en términos generales representaría una preocupación para las empresas prestadoras del servicio de acueducto, toda vez que un aumento de presión conllevaría a un incremento en las pérdidas, motivo por el cuál esta revisión bibliográfica consideró importante incluir un estudio, que tiene como objetivo la identificación de buenas prácticas para detectar y controlar perdidas en un sistema de acueducto en una zona urbana. En dicho estudio se resalta que un aumento de presión repercute directamente en las pérdidas reales del sistema asociadas a fugas **Pinilla J. (2024)**, estableciendo los siguientes porcentajes de pérdida adicional:

- ✓ Presión de 60 mca, puede generar un 10%
- ✓ Presión de 70 mca, puede generar un 18%
- ✓ Presión de 80 mca, puede generar un 27%
- ✓ Presión de 90 mca, puede generar un 34%
- ✓ Presión de 100 mca, puede generar un 41%

5. LITERATURA

Se consultan dos manuales muy importantes para la protección contra incendios, el primero de ellos es el Fire Protection Handbook **NFPA (2020)**, que dedica el capítulo 2 de la sección 15 a los requisitos para los sistemas de suministro público y del que se extraen algunos conceptos importantes:

- ✓ El caudal de incendios a proveer para edificios protegidos por rociadores sería el requerido por ese sistema, más la asignación de mangueras establecida en NFPA 13.
- ✓ La red debe garantizar la mayor disponibilidad entre las siguientes opciones: caudal requerido por el SPCI más el caudal máximo diario o el caudal máximo horario.
- ✓ No es razonable que el sistema de acueducto suministre el caudal para riesgos altos de incendio.
- ✓ Es muy posible que, en poblaciones pequeñas, el caudal requerido por el SPCI supere el consumo del acueducto, mientras que en poblaciones grandes, la red domestica puede tener la disponibilidad para el SPCI.
- ✓ Se recomienda mantener presiones mínimas de 20 psi en las redes de acueducto para evitar presiones negativas en la misma que causen daños.

El segundo manual consultado es el Fire Protection Handbook **SFPE (2016)**, obteniendo los siguientes conceptos:

- ✓ Antes de conectar un sistema de protección contra incendios a una red pública, es importante responder:
 - ¿La fuente es o no confiable? Determinar tiempos de interrupción, riesgos asociados a fallas de bombas o suministro eléctrico, riesgos asociados al mantenimiento de la red, entre otros.
 - ¿La red puede suministrar caudal y presión requerida? Evaluar la red en términos de caudal, presión y duración del suministro, por medio de pruebas de flujo o modelaciones, contemplando las fluctuaciones diarias de la red. (El objetivo es conocer condiciones estáticas y residuales)

- El flujo y presión tienen una relación exponencial (potencia a la 1.85), por lo que la escala grafica puede ser log-1.85.
- Mediante la siguiente expresión y con los datos de prueba, es posible conocer la presión P, en función del flujo conocido.

$$P = (Pr - Pe) \left(\frac{Q}{Qr} \right)^{1.85} + Pe \quad (3)$$

Entonces; si se quiere conocer el flujo a una presión determinada, se puede reescribir la ecuación (1) así:

$$Q = \left(\frac{P - Pe}{Pr - Pe} \right)^{0.54} Qr \quad (4)$$

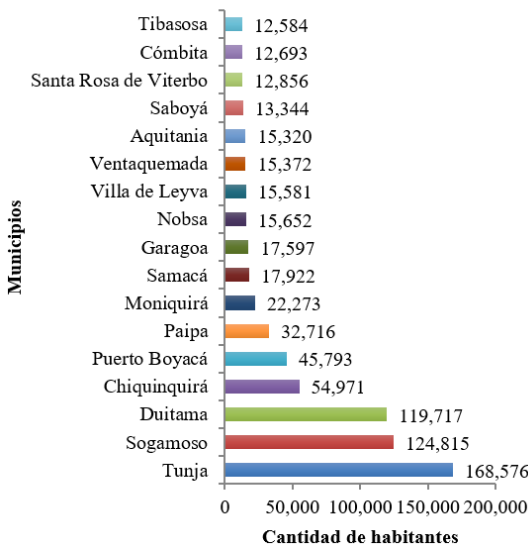
donde, P representa la presión en psi, Q el caudal en gpm, Pr la presión residual en psi, Qr el caudal residual en psi y Pe la presión estática en psi

6. INFORMACIÓN GENERAL DE TUNJA

6.1. Población

Para el cálculo de caudales de la red de acueducto se contempla la cantidad de habitantes, por lo tanto se procede a validar la información de Boyacá, departamento que según **DANE (2021)** cuenta con 1.203.771 habitantes, teniendo a Tunja con 168.576 habitantes como el municipio de mayor población en el departamento al momento del censo con una población proyectada de 180.568 habitantes **Rojas Gamba, N. I., Fonseca Salamanca, L. A., Pérez Rueda, S. L. y Blanco Suarez, M. A. (2022).**

Gráfica 1. Población de municipios de Boyacá con más de 12500 habitantes

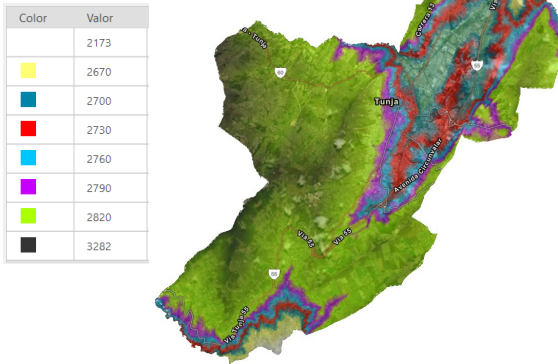


Nota: Fuente propia. Esta grafica muestra la población de los municipios de Boyacá con más de 12500 habitantes, según **DANE (2021)**

6.2. Elevación En La Zona Urbana

Tunja actualmente cuenta con edificaciones construidas en una elevación aproximada entre los 2670 m.s.n.m y los 2820 m.s.n.m , destacando que su fuente principal de agua es el embalse “Teatinos”, ubicado a más de 3250 m.s.n.m.

Imagen 1. Modelo Digital de Elevación de Tunja (m.s.n.m)



Nota: Elaboración propia. Esta imagen muestra el Modelo Digital de elevación, con énfasis en la diferencia de elevación que presenta la zona urbana, según la información de Modelos de Elevación Digital de LANDVIEWER (2025).

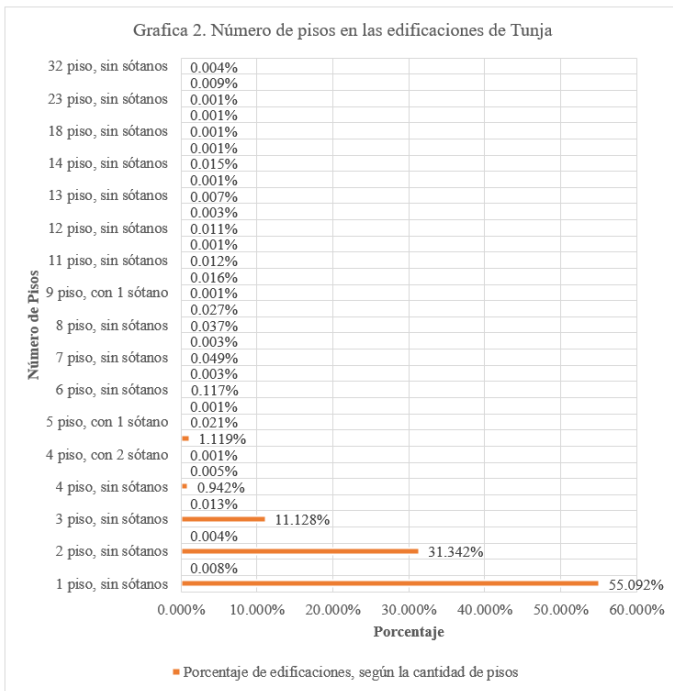
6.3. Tipología De Construcciones

Haciendo el uso de bases de datos del POT Tunja 2023 con información referente a la tipología de las construcciones y por medio de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica, como se evidencia en la **Imagen 2. Información de la tipología de construcciones en la zona urbana de Tunja** se realiza la **Grafica 2. Número de pisos en las edificaciones de Tunja**, con el objetivo de sintetizar información que puede ser valiosa en un futuro caso de estudio.

Imagen 2. Información de la tipología de construcciones en la zona urbana de Tunja



Nota: Elaboración propia. La imagen muestra la base de datos de las edificaciones en el área urbana de Tunja.



Nota: Elaboración propia. La gráfica muestra el porcentaje de edificios, acorde a la cantidad de pisos en Tunja.

6.4. Red De Acueducto De Tunja

El acueducto de Tunja si bien cuenta con una fuente de agua subterránea desde los pozos profundos en el rio Jordán, es un sistema proyectado para funcionar principalmente a gravedad desde el embalse “Teatinos”, ubicado en Samacá, vereda Salamanca, cuenca “Teatinos”.

El embalse se encuentra a 3232 msnm y su volumen es de 6.5 millones de metros cúbicos, cuando alcanza su nivel máximo a la cota 3250msnm, contemplando 500.000m³ no aprovechables. **Veolia Aguas de Tunja S.A. Empresa de Servicios Públicos (Mayo 2025)**

Como parte imprescindible de la revisión bibliográfica se encuentra el Manual de Diseñadores, Constructores y Urbanizadores de **Veolia Aguas de Tunja S.A. Empresa de Servicios Públicos (Abril 2025)**, del cual se rescata la siguiente información:

- ✓ La empresa de acueducto no cuenta con la competencia legal, para revisión y aprobación de sistemas contra incendios.
- ✓ Se recomienda la implementación de sistemas de reúso de aguas lluvias para ser usados en los sistemas de protección contra incendios.
- ✓ Los empalmes a la red de acueducto se deben realizar siguiendo lo que establecen los detalles del anexo 6 del manual.
- ✓ Toda edificación con 5 o más pisos debe proyectar tanque y bomba.

- ✓ Para futuros caso de estudio en la ciudad de Tunja, es posible solicitar información de las redes hidráulicas, con el objetivo de realizar las modelaciones a que dé lugar.

7. DISCUSIÓN

Requerimientos Hidráulicos Mínimos para un SPCI típico en Edificaciones

Acorde a la revisión bibliográfica realizada se puede establecer que los SPCI realmente son necesarios en muchas de las edificaciones que construimos, motivo por el que hacen parte de las exigencias de la NSR 10. Sin mencionar que el permitir la conexión de dichos sistemas directamente a las redes de acueducto, abriría una nueva posibilidad de ampliar su exigencia en proyectos existentes e incluso una implementación voluntaria, en esos edificios que por su tipo de construcción o riesgo requieren una protección activa contra incendios con la que actualmente no cuentan, lo que conllevaría a una disminución del riesgo asociado a las consecuencias de un incendio, como la pérdida de vidas, pérdidas materiales, pérdida en la continuidad en la operación y el impacto ambiental que genera un incendio declarado.

Es importante resaltar que dentro de los requerimientos de la NSR 10 se mencionan dos tipos de sistemas que usan el agua como agente extintor:

- ✓ Los sistemas de manguera, que obligatoriamente requieren la intervención humana y que en resumen son requeridos en los edificios de los diferentes grupos de ocupación, asociado a la altura de la edificación y muy importantes en aquellos proyectos en donde por su extensión el Cuerpo Oficial de Bomberos debe realizar recorridos superiores a 30m desde el acceso a cualquier punto del edificio. Estos sistemas, requieren caudales de 100gpm para el caso de los sistemas clase II operados por personal entrenado y desde 250gpm por cada válvula abierta en los sistemas clase I, caudal que aumentará según las condiciones arquitectónicas de los proyectos y la necesidad de apertura que evidencie el Cuerpo Oficial de Bomberos en el ataque del fuego, pero que en el caso más favorable y de acuerdo a la recomendación normativa se deben cumplir 500gpm, lo anterior, garantizando una presión residual mínima de 65psi en las mangueras clase II y de 100psi en las mangueras clase I, requerimiento que según las condiciones de los acueductos nacionales podría ser difícil de alcanzar y que si se analiza desde el punto de vista operativo, podría no ser necesario, toda vez que las redes de acueducto ya contemplan un caudal para la atención de incendios por parte del Cuerpo Oficial de Bomberos, quienes son los responsables de hacer la intervención humana y cuentan con la maquinaria y equipo suficiente para suplir la presión y caudal requerida por el SPCI de mangueras de la edificación.
- ✓ Los sistemas de rociadores automáticos, que a diferencia de las mangueras no requieren la intervención humana en el momento de atacar el fuego y que en resumen son requeridos en los diferentes grupos de ocupación, asociado a la altura del edificio, el área construida y la dificultad de evacuación de este,

bien sea por sus características constructivas o por las características de sus ocupantes.

El requerimiento de presión en estos sistemas, según la información de la revisión bibliográfica la puede rondar entre 15 psi y 35 psi, y su caudal dependerá del riesgo que este protegiendo, calculado teóricamente así:

Tabla 2. Caudales teóricos para sistemas de protección contra incendios

Riesgo	Densidad de aplicación (gpm/ft ²)	Área de diseño (ft ²)	Caudal rociadores (gpm)	Caudal mangueras int + ext (gpm)	Caudal total (gpm)	Tiempo (min)	Volumen (m ³)
RL	0.10	1500	150	100	250	30	28.4
RO I	0.15	1500	225	250	475	90	161.8
RO II	0.20	1500	300	250	550	90	187.4
RE I	0.30	2500	750	500	1250	120	567.8
RE II	0.40	2500	1000	500	1500	120	681.4

Nota: Elaboración propia. Esta tabla muestra los requerimientos hidráulicos teóricos que puede tener un sistema de rociadores, incluyendo las mangueras interiores y exteriores según la clasificación del riesgo (RL: Riesgo Leve, RO I: Riesgo Ordinario I, RO II: Riesgo Ordinario II, RE I: Riesgo Extra I o RE II: Riesgo Extra II)(No se contemplan riesgos de almacenamiento por ser más exigentes en cuanto a sus requerimientos hidráulicos de caudal y presión)

Acorde a lo anterior, sería mucho mejor para la seguridad contra incendios de las edificaciones, estudiar la posibilidad de conectar los sistemas de rociadores y se aumenta la probabilidad que la red de acueducto este en capacidad de suplir las condiciones hidráulicas requeridas.

Tipos De Edificios Que Se Propone Conecten Su SPCI Con El Acueducto

Según el análisis a partir de la bibliografía, los edificios que se propone puedan conectar su SPCI con el sistema de acueducto, deberían ser aquellos que:

- ✓ Sean suplidos por acueductos considerados como confiables, es decir, que históricamente no tengan alta probabilidad de falla en el suministro de agua por causas no programadas.
- ✓ Que estén dentro de la altura máxima de edificios que establezca la empresa prestadora del servicio de acueducto para no tener tanque y bomba.
- ✓ No sean considerados de gran altura. (Para el caso de Colombia es 28m, según NSR10)
- ✓ Cumplan con las condiciones mínimas para la conexión.
- ✓ Soliciten la conexión para suplir exclusivamente el sistema de rociadores automáticos, garantizando por cuenta propia o por medio del Cuerpo Oficial de Bomberos que cumplen los requerimientos para el sistema de mangueras.

- ✓ Demuestren mediante pruebas o modelaciones, que la red de acueducto puede suplir el requerimiento de caudal y presión del sistema de rociadores automáticos más el caudal para mangueras requerido por el cuerpo oficial de bomberos. (Sin requerir la presión directa del acueducto para las mangueras)
- ✓ Realicen la conexión al sistema de acuerdo con el prototipo de conexión que establezca la empresa prestadora del servicio público de acueducto.
- ✓ Garanticen la conexión exclusivamente para el uso contra incendios y sus respectivas pruebas.

Ventajas y desventajas de conectar un SPCI a la red de acueducto.

Dentro de las ventajas que se pueden mencionar están:

- ✓ Se incrementarían los ingresos de la empresa de acueducto por vía cobro de cargo fijo mensual por el servicio de agua para la protección contra incendios y por costos de la instalación inicial de conexión.
- ✓ El incremento de ingresos permitiría una mayor inversión en el mejoramiento y mantenimiento del sistema de acueducto.
- ✓ Se disminuiría el costo asociado a la construcción y mantenimiento de los SPCI en los edificios, facilitando su implementación en más proyectos e incentivando el sector construcción.
- ✓ Se disminuiría el riesgo asociado a incendios declarados en edificios, puesto que se controlarían más rápido.
- ✓ Se disminuiría la contaminación ambiental asociada a los daños causados por el incendio declarado.
- ✓ Se gastaría menos agua en un incendio estructural, toda vez que sería controlado de manera temprana por el sistema de rociadores automáticos, disminuyendo la intervención de bomberos con los chorros de agua.
- ✓ Se facilitaría la implementación de SPCI en edificaciones existentes, importantes para el crecimiento y desempeño de la ciudad o con alto impacto de seguridad para sus habitantes.

Dentro de las desventajas que se pueden mencionar encontramos:

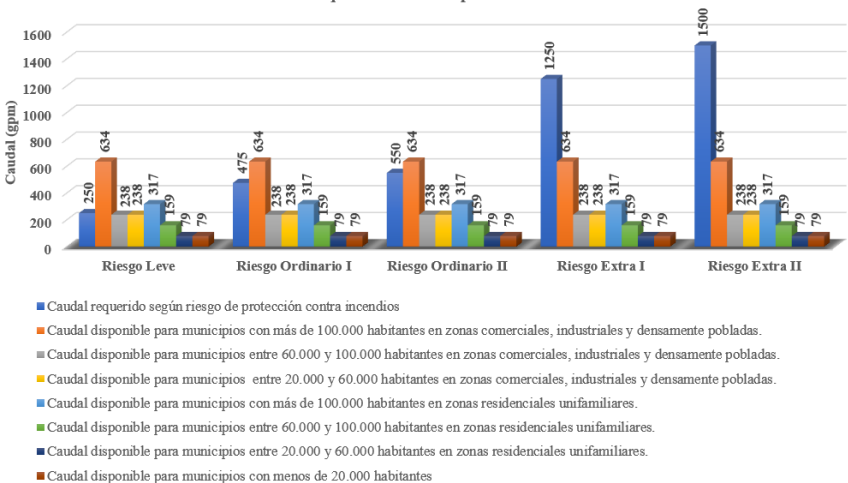
- ✓ En algunos casos se puede requerir el aumento de presión en el sistema.
- ✓ Si se aumenta la presión, se aumenta el porcentaje de pérdidas reales.
- ✓ Se incrementa la gestión ante la empresa de servicios públicos para aprobación de la conexión.
- ✓ Se incrementa la gestión de la empresa de servicios públicos para aprobar la conexión.
- ✓ Se incrementa el riesgo de contaminación por una inadecuada conexión, a menos que se restrinja dicha actividad para ser realizada exclusivamente por la empresa de acueducto.
- ✓ En algunos casos se requerirá robustecer el sistema de acueducto.

Porque elegir la zona urbana de Tunja para viabilizar la conexión de los SPCI a su acueducto

Algunas de las razones para realizar el presente estudio y un futuro estudio de caso en la ciudad de Tunja se listan a continuación:

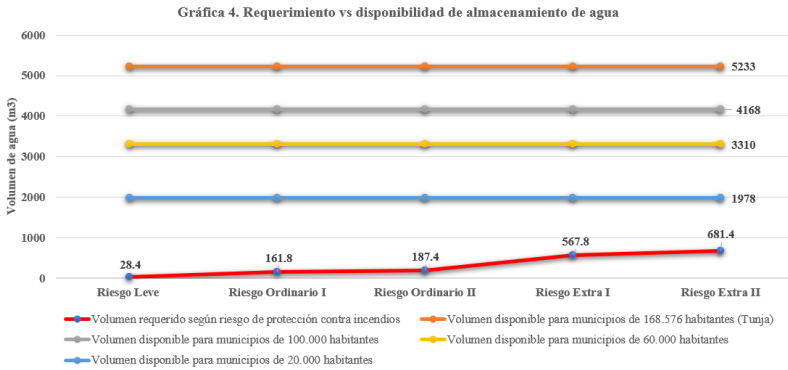
- ✓ El estudio busca aportar conocimiento para el fortalecimiento de la región boyacense, siendo Tunja su capital.
- ✓ Tunja cuenta con un acueducto que se puede considerar confiable y con información disponible para realizar un estudio de caso.
- ✓ La población de Tunja es la más alta de los municipios del departamento.
- ✓ La diferencia de elevación que presenta Tunja y la ubicación de su fuente primaria de agua, representan una ventaja hidráulica en caso de requerir aumentos de presión.
- ✓ El estudio demuestra que un 97.5% de las construcciones de Tunja no son considerados de gran altura, que incluso no superan los 3 pisos de altura, lo que hidráulicamente puede ser beneficioso en cuanto al requerimiento hidráulico de sus SPCI.
- ✓ Se evidencia teóricamente que la presión del acueducto de Tunja debería ser suficiente para los sistemas de rociadores automáticos y en caso de requerir un incremento de esta, no debería ser una diferencia importante, toda vez que los sistemas de rociadores pueden requerir entre 15psi y 35psi más la altura estática. Actualmente la red de acueducto de Tunja debería estar funcionando entre 21.33psi (15mca) a 71.11 psi (50mca), en cumplimiento a la normativa nacional para sistemas de acueducto.
- ✓ Se evidencia teóricamente que el caudal del acueducto de Tunja debería ser suficiente para suplir los sistemas de rociadores automáticos de riesgo leve en las zonas residenciales unifamiliares y los sistemas de riesgo leve, ordinario I y II en las zonas comerciales, industriales y de alta densidad poblacional. Ver **Gráfica 3. Requerimiento vs disponibilidad de caudal.**

Gráfica 3. Requerimiento vs disponibilidad de caudal



Nota: Elaboración propia. La gráfica 3 muestra un comparativo entre el caudal requerido por los sistemas de protección contra incendios según el riesgo y el caudal disponible para la protección contra incendios en la red de acueducto, según la cantidad de población.

- ✓ Se evidencia que teóricamente el volumen almacenado para la protección contra incendios en el acueducto de Tunja debería ser suficiente para suplir los sistemas de rociadores automáticos de riesgo leve, ordinario I y II y extra I y II. **Ver Gráfica 4. Requerimiento vs disponibilidad de almacenamiento de agua**

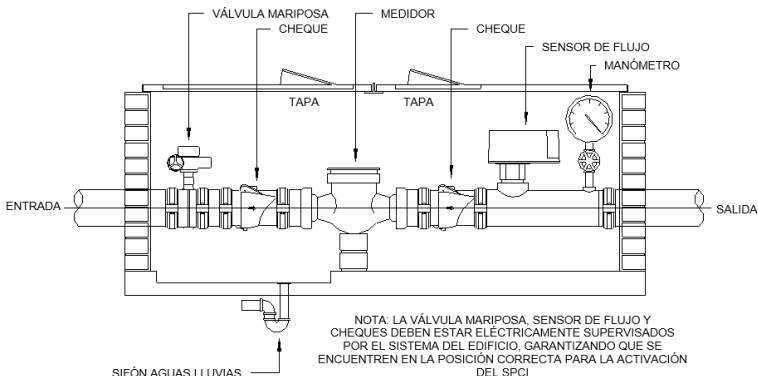


Nota: Elaboración propia. La gráfica 4 muestra un comparativo entre el volumen de agua requerido por los sistemas de protección contra incendios según el riesgo y el volumen de agua disponible para la protección contra incendios en la red de acueducto, según la cantidad de población. La segmentación se realiza según los límites que establece el RAS para la demanda según población y se adiciona el cálculo para Tunja, de acuerdo con el dato encontrado en la revisión bibliográfica.

Metodología propuesta para aprobar la conexión de un SPCI con el acueducto de Tunja.

Lo primero es definir un prototipo de conexión, para lo que se propone el siguiente esquema:

Imagen 3. Prototipo De Conexión Spci Con El Sistema De Acueducto



8. CONCLUSIONES

- ✓ En la metodología debería ser compromiso del constructor realizar una prueba de flujo en los hidrantes, sin embargo, atendiendo el uso racional de agua, se considera que la prueba de flujo puede ser parte de las actividades de inspección de la empresa de acueducto, con la regularidad que esta establezca y como exigencia para dar viabilidad a la conexión, cada constructor debería realizar la modelación de la prueba de flujo que permita validar la oferta disponible en la red de acueducto, siguiendo el procedimiento de la **NFPA 291 (2025)**.
- ✓ Las modelaciones o pruebas que se realicen para dar viabilidad a la conexión de un sistema de protección contra incendios a una red de acueducto deben contemplar validaciones hidráulicas tanto en redes principales de gran tamaño, como en aquellas con el diámetro mínimo que permite la norma.
- ✓ En municipios con poblaciones superiores a 100.000 habitantes (como es el caso de Tunja), con acueductos confiables, el caudal, presión y almacenamiento de agua asignado para la protección contra incendios en la red de acueducto permite la conexión de sistemas de rociadores automáticos de riesgos leve, ordinario I y ordinario II.
- ✓ Se puede concluir que la presión para los sistemas de protección contra incendios de mangueras es superior a la presión actual de los sistemas, lo que requeriría un incremento en la presión del sistema de acueducto, conllevando a mayores pérdidas de este, por lo que la conexión de los sistemas de protección contra incendios se podría limitar a sistemas de rociadores automáticos que no superen el requerimiento de caudal que establecen las redes de acueducto, según su nivel de complejidad.
- ✓ El área construida de los edificios que conecten su sistema de protección contra incendios con la red de acueducto se podría limitar a las áreas máximas para un montante del sistema de rociadores, según lo indicado en **NFPA 13** para riesgos leve y ordinario son 4830m².
- ✓ Con este estudio se puede concluir que existe basta información de orden internacional, sin embargo, se evidencia que a nivel académico no existe oferta de programas de pregrado, especialización o maestría en protección contra incendios que nutran fuertemente los procesos investigativos.
- ✓ Se deben resguardar los sistemas de acueducto contra una posible contaminación con válvulas de contra flujo, acorde a la recomendación del código hidráulico local. En estudios de caso posteriores, las pruebas de campo o simulaciones hidráulicas en la red de acueducto se pueden hacer bajo las condiciones de prueba que establece **NFPA 291(2025)** y deberían contemplar los ajustes respectivos dados por las fluctuaciones diarias del sistema, las posibles interrupciones, el uso industrial de gran magnitud simultaneo, la demanda futura del sistema y otras condiciones que sean importantes de ajustar, teniendo en cuenta que el sistema de protección contra incendio pueda operar al menos por 2 horas, seguido de una operación por parte del Cuerpo oficial de Bomberos, quienes conectan su carro bomba a los hidrantes públicos.

- ✓ Estudios posteriores basados en la gestión del riesgo de incendios en las ciudades, podrían validar la cantidad de incendios estructurales simultáneos que se presentan en los edificios y comparar su requerimiento hidráulico contra la disponibilidad del acueducto.
- ✓ La NSR10 expresa los requerimientos de sistemas de protección contra incendios basada en la seguridad humana y el riesgo que representa las características constructivas y de uso de la edificación, si bien no es retroactiva, estas condiciones de riesgo son similares en edificios nuevos y existentes, por lo que un estudio de caso podría validar una proyección de posibles edificios nuevos y un inventario de edificios existentes, acorde a su clasificación de riesgo que se podrían beneficiar y aumentar su seguridad, incluyendo un sistema de protección contra incendios conectado al acueducto.
- ✓ Acorde a la información normativa las redes de acueducto para municipios de más de 100.000 habitantes (como es el caso de Tunja) deberían tener la presión suficiente para la conexión de sistemas de rociadores automáticos, por lo que estudios posteriores podrían validar hasta que altura de edificio pueden suplir el requerimiento.
- ✓ Estudios posteriores, podrían estar basados en experiencias internacionales que permitan validar las buenas prácticas y la conveniencia de viabilizar la conexión de sistemas de protección contra incendios a las redes de acueducto.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, mi Señor Jesús que me ha regalado la vida, la salvación y un propósito.

Agradezco a mi esposa e hijos, que me han acompañado y apoyado en los sacrificios que requirió este proceso educativo.

A mi familia extendida que me apoyó para alcanzar esta meta.

A la ingeniera Diana Beltrán, directora de este trabajo de grado, quien me guio de manera oportuna.

A los docentes, colegas y compañeros que hicieron parte de este proceso.

AUTOR

CARLOS ANDRÉS FRESNO BARÓN

Aspirante al título de Especialista en ingeniería hidroambiental, ingeniero civil graduado en el año 2011, con diplomado en protección contra incendios y cursos especializados en diseño de sistemas de protección contra incendios, instalaciones hidrosanitarias y redes de gas en edificaciones, área en la cual se ha desempeñado como constructor, auditor y consultor a nivel nacional, siendo parte de proyectos de uso residencial, institucional, comercial, industrial y de grandes superficies durante el desarrollo de su profesión.

REFERENCIAS

- **NSR (2010)**, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento de Construcción Sismo Resistente.
- **RAS (2021)**, Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Viceministerio de agua y saneamiento básico. Reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico.
- **CFIA (2017)**, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. Código Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones
- **Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2020)**, Reglamento Nacional de Protección Contra incendios
- **NTC 1669 (2009)**, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación ICONTEC, Norma para la instalación de conexiones de mangueras contra incendio.
- **NTC 2301 (2011)**, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación ICONTEC, Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- **NFPA 1 (2024)**, National Fire Protection Association NFPA. Fire Code
- **NFPA 5000 (2024)**, National Fire Protection Association NFPA. Building Construction and Safety Code.
- **NFPA 101 (2024)**, National Fire Protection Association NFPA. Life Safety Code
- **IFC (2021)**, International Code Council, International Fire Code
- **LATAM PCI (2025)**, Red Latinoamericana de Protección Contra Incendios. Estado de la Regulación Sobre Protección Contra Incendios en Latinoamérica. Disponible en: <https://anraci.org/blog/estado-de-la-regulacion-de-proteccion-contra-incendios-en-latinoamerica/>
- **NTC 1500 (2023)**, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación ICONTEC, Norma para instalaciones hidráulicas y sanitarias
- **NFPA 13 (2025)**, National Fire Protection Association NFPA. Standard for the Installation of Sprinkler System
- **NFPA 14 (2024)**, National Fire Protection Association NFPA. Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems
- **NFPA 24 (2025)**, National Fire Protection Association NFPA. Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
- **NFPA 25 (2023)**, National Fire Protection Association NFPA. Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection System
- **DSFM GLOBAL 3-29 (RevPro 2021)**, Property Loss Prevention Data Sheet 3-29. Reliability of fire protection water supplies
- **Montoya D, Roa E (2021)**, Diseño detallado de sistema de protección contra incendios a base de agua para universidad católica de Colombia sede Carrera 13. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/d3bf0b7f-e5d3-4299-b1b5-ef278173b1cb>
- **López L, Marín E (2019)**, Revisión del comportamiento hidráulico de una red de rociadores en un sistema de protección contra incendios a partir de dos

herramientas computacionales. Disponible en: <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/71c9e939-e8a9-407e-b908-9e63f72bdae4/content>

- **EAAB NS 165**, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. NS 165 Requisitos para el desarrollo y calibración de modelos hidráulicos de los sistemas de acueducto.
- **NFPA 291 (2025)**, National Fire Protection Association NFPA. Recommended practice for water flow testing and marking of hydrants
- **Pinilla J. (2024)**, Evaluación de buenas prácticas para la detección y control de pérdidas en redes de acueducto en zonas urbanas. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/8df9b90e-5148-4e7c-8064-0d976aa9d4a8>
- **NFPA (2020)**, National Fire Protection Association. Fire Protection Handbook – Twentieth Edition
- **SFPE (2016)**, Society of Fire Protection Engineers. Handbook of Fire Protection Engineering Fifth Edition
- **DANE (2021)**. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Certificación de población en cumplimiento a lo establecido en el Artículo 1.2.1.28.2.15 del decreto 1652 de 202. Retroproyecciones y proyecciones de población total municipal a 31 de diciembre. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- **LANDVIEWER (2025)**. Imágenes satelitales. Recuperado 06 marzo de 2025. https://eos.com/landviewer/?utm_source=google&utm_content=&utm_term=landviewer&gad_source=1&gclid=Cj0KCOiAz6q-BhCfARIsAOezPxm9PXdNSS2qfEBhzXfK-nwZ2MmfY7_fkEMuKl_Dzu-0opPMwcOIMssaAneVEALw_wcB
- **Rojas Gamba, N. I., Fonseca Salamanca, L. A., Pérez Rueda, S. L. y Blanco Suarez, M. A. (2022)**. Modelación de Crecimiento Urbano: Tunja 2017 – 2035. Bitácora Urbano Territorial, 32(I): 177-190. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v32n1.87758>
- **Veolia Aguas de Tunja S.A. Empresa de Servicios Públicos (Mayo 2025)**. Pagina WEB <https://www.tunja.veolia.co/nosotros/quienes-somos/historia-tunja>
- **Veolia Aguas de Tunja S.A. Empresa de Servicios Públicos (Abril 2025)** Manual de Diseñadores, Constructores y Urbanizadores. Disponible en <https://www.tunja.veolia.co/servicio-cliente/manual-urbanizadores>