

## RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO MECATRÓNICO.
2. **TÍTULO:** Estudio de factibilidad y diseño un sistema de detección y extinción de incendios para el edificio Guillermo de Ockham y Duns Scotto de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá.
3. **AUTOR:** María Alejandra Urueña Moncada.
4. **LUGAR:** Bogotá, D.C.
5. **FECHA:** Septiembre de 2018.
6. **PALABRAS CLAVE:** Ingeniería, Sistemas contra incendios, Sistemas Detección, Sistema de Extinción, Diseños, Rociadores automáticos, Detectores, Alarma Sonora.
7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El objetivo principal de este proyecto es el estudio de factibilidad por medio de una matriz programada teniendo en cuenta la normativa sismo resistente colombiana y el diseño de un sistema de extinción y/o detección como sea requerido para los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scotto teniendo en cuenta sus ocupaciones y usos en la institución.

En el siguiente documento se encontrarán documentados cada uno de las programaciones utilizadas para generar la matriz de clasificación, la selección de cada uno de los sistemas con los cuales deberá contar las edificaciones, su clasificación de riesgos, los cálculos hidráulicos para el sistema de extinción, ubicación y elementos que le conforman y la ubicación de los nuevos elementos de detección con los que deberán contar las edificaciones.

8. **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea de investigación de la USB: Tecnologías actuales y Sociedad. Sub línea de Facultad de Ingeniería es: Instrumentación y Control de Procesos. Campo Temático del Programa: Automatización de Procesos.
9. **METODOLOGÍA:** Es de carácter diseño básico, con tres fases de planeación, ejecución y verificación.
10. **CONCLUSIONES:** Puede observarse que en cumplimiento de las normas indicadas a nivel nacional e internacional para la protección y extinción de incendios los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scotto de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá actualmente están incumpliendo con dichas normativas vigentes. Por lo cual es necesario implementar un sistema de extinción de incendios en el edificio Duns Scotto, teniendo como criterio principal los rociadores automáticos de incendios y para el edificio Guillermo de Ockham es necesario completar los elementos faltantes para que el sistema de detección de incendios sea competente.

El uso de la matriz de análisis de incendios para realizar el estudio de factibilidad para ambos edificios facilitó la comprensión de requisitos con los cuales debían cumplir en materia de protección de incendios, ahorrando tiempo y evidenciando una mayor claridad de los elementos que deben estar presentes para cumplir con cada una de las normativas. Además, es un elemento que a futuro podrá implementarse en las edificaciones faltantes o en las posibles nuevas edificaciones de la universidad.

La bomba contra incendios seleccionada tiene la capacidad de suplir los diferentes caudales y presiones para cada piso del edificio Duns Scotto, evidenciando que para el caso de extinción de incendios la bomba debe seleccionar teniendo en cuenta los diferentes puntos de trabajo, y que pueda suplir cada uno de los diferentes consumos calculados.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN  
DE INCENDIOS PARA EL EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM Y DUNS SCOTO DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA, SEDE BOGOTÁ.

MARÍA ALEJANDRA URUEÑA MONCADA

PROYECTO DE GRADO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ  
2018

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN  
DE INCENDIOS PARA EL EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM Y DUNS SCOTO DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA, SEDE BOGOTÁ.

MARÍA ALEJANDRA URUEÑA MONCADA

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO  
DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA.

ASESOR: ALFONSO DUQUE JARAMILLO.

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ  
2018

## INTRODUCCIÓN

El fuego es una reacción química la cual involucra la oxidación o combustión rápida de un material y cuando es difícil su control se genera el incendio. Para la existencia del fuego son necesarios tres elementos: **combustible, oxígeno y calor**. De ellos el factor de mayor control es el calor.

Durante un incendio pueden presentarse distintos productos tales como llamas, las cuales actúan como una fuente de ignición por contacto o por convección y radiación; el calor, que permite la propagación del incendio pues por él otros materiales pueden incendiarse; los gases y humos, los cuales pueden causar la muerte al ser inhalados y afectar la visión. El fuego se alimenta de oxígeno y como consecuencia durante un incendio se puede carecer de él, caso que aumenta en recintos cerrados.

Son muchas las fuentes de combustión que ignoramos y están presentes en la vida cotidiana tales como lo son los productos de oficina, los distintos desechos, el polvo, las telas, la vegetación, líquidos inflamables, las conexiones eléctricas y demás. Para extinguir un incendio es necesario recordar la teoría principal del fuego donde los tres elementos anteriormente nombrados deben coexistir para que se genere y se mantenga el fuego, por lo cual debe actuarse sobre alguno de esos factores para su extinción. Igualmente, el factor controlable con mayor facilidad es el calor, el cual procede a extinguirse por el principio de enfriamiento, donde se actúa sobre él eliminándolo y rompiendo así la reacción química, suele lograrse al hacer uso de sustancias que absorban dicha energía como lo es el agua, por ejemplo.

La detección de incendios presenta como principal prioridad el salvaguardar vidas humanas mientras que los sistemas de extinción están destinados para salvaguardar bienes pues suelen

activarse después de superarse los 60°C, son implementados para hacer frente a los posibles incidentes que puedan presentarse en distintos grupos de ocupación donde pueda verse afectada la seguridad humana e igualmente distintos organismos de control (en el caso específico de Bogotá, Bomberos) se encuentran exigiendo su implementación siguiendo los requisitos especificados en la normativa para construcción de edificios sismo resistentes en Colombia (Acuerdo 20 de 1995 y NSR-98 para edificios construidos antes del 2010 y NSR-10 para edificios construidos posteriormente al 2010 )

En pro de dar cumplimiento con dicha normativa y en búsqueda de otorgar una mayor seguridad a la integridad humana de los miembros pertenecientes al plantel educativo superior de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, se presentará una matriz donde se especifique los requisitos que deben cumplirse según la norma en cuanto a detección y extinción de incendios junto con un diseño del sistema de detección y extinción de incendios para los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1 ANTECEDENTES (ESTADO DEL ARTE).....	12
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	23
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
<b>1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>26</b>
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO .....	26
<b>CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>30</b>
3.1 ¿QUÉ ES EL FUEGO?.....	30
<b>3.1.1 COMPORTAMIENTO FÍSICOQUÍMICO DEL FUEGO. ....</b>	<b>30</b>
3.2 NORMATIVA CONTRA INCENDIO. ....	31
<b>3.2.1 NFPA 72 Y NFPA 13. ....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.2 NSR-98 Y EL ACUERDO 20 DE 1995 .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.3 NSR-10 .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.4 SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4.1 AGENTES EXTINTORES. ....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4.2 ROCIADORES AUTOMÁTICOS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4.3 VÁLVULA DE ALARMA. ....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.4.4 VÁLVULA DE CHEQUE.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.4.5 VÁLVULA COMPUERTA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.5 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.5.1 DETECTORES IÓNICOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.5.2 DETECTORES FOTOELÉCTRICO.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.5.3 DETECTORES TÉRMICOS.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.5.4 ESTACIÓN MANUAL.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ....</b>	<b>40</b>
4.1 GRUPO DE OCUPACIÓN .....	40

4.2 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN.....	42
<b>4.2.1 SUBGRUPOS DE OCUPACIÓN EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.2 SUB GRUPOS DE OCUPACIÓN EDIFICIO DUNS SCOTO.....</b>	<b>42</b>
4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA MATRIZ DE ANÁLISIS.....	43
<b>4.3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DETECCIÓN DE INCENDIOS (ACUERDO 20 DE 1995)</b> .....	<b>43</b>
<b>4.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO EXTINCIÓN DE INCENDIOS (ACUERDO 20 DE 1995)</b> .....	<b>44</b>
<b>4.3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DETECCIÓN DE INCENDIOS (NSR-10) .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.4 PARÁMETROS DE DISEÑO EXTINCIÓN DE INCENDIOS (NSR-10) .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.4.1 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN C-1 .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.4.2 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN I-3 .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.4.3 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN L-2 .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.4 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN L-3 .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.5 GRUPO DE OCUPACIÓN M .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3.6 GRUPO DE OCUPACIÓN P.....</b>	<b>49</b>
4.4 APLICACIÓN MATRIZ DE ANÁLISIS.....	49
<b>4.4.1 APLICACIÓN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD GUILLERMO DE OCKHAM. ....</b>	<b>54</b>
<b>4.4.2 APLICACIÓN MATRIZ DE ANÁLISIS DUNS SCOTO. ....</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 5. PARÁMETROS ÁREAS A PROTEGER.....</b>	<b>57</b>
5.1. ÁREAS A PROTEGER SEGÚN RIESGOS GUILLERMO DE OCKHAM.....	58
5.2. ÁREAS A PROTEGER SEGÚN RIESGOS DUNS SCOTO.....	61
<b>CAPÍTULO 6. SISTEMA DE EXTINCIÓN PARA EL EDIFICIO DUNS SCOTO.....</b>	<b>64</b>
6.1 PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	65
6.2 CONFIGURACIONES DE ROCIADORES.....	65
6.2.1 CONFIGURACIÓN TIPO MALLA.....	65
6.2.2 CONFIGURACIÓN TIPO ÁRBOL CON RAMALES LATERALES.....	66
6.2.3 CONFIGURACIÓN TIPO ÁRBOL CON RAMALES CENTRADOS.....	67
6.3 RUTA CRÍTICA HIDRÁULICAMENTE.....	67
6.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	68
6.5 DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS.....	68
6.6 DENSIDAD Y ÁREA DE OPERACIÓN.....	70
6.7 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	71

6.8 RESULTADOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS. ....	76
6.8 SELECCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA. ....	78
6.9 PRESUPUESTO. ....	79
<b>CAPÍTULO 7. SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS DEL EDIFICIO</b>	
<b>GUILLERMO DE OCKHAM. ....</b>	<b>81</b>
7.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO NSR-10. ....	81
7.2 ¿CUMPLE EL EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM CON DICHS REQUERIMIENTOS? .....	86
7.3 UBICACIÓN ESTACIONES MANUALES. ....	87
7.4 IMPORTANCIA ALARMA SONORA. ....	89
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO, FORMULARIO INICIAL MATRIZ DE ANÁLISIS. FUENTE: AUTOR. ....	98
ANEXO 2. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL C-1. FUENTE: AUTOR. ....	98
ANEXO 3. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL I-2. FUENTE: AUTOR. ....	99
ANEXO 4. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL I-3. FUENTE: AUTOR. ....	100
ANEXO 5. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL L-2. FUENTE: AUTOR. ....	101
ANEXO 6. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL M. FUENTE: AUTOR. ....	102
ANEXO 7. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 1. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. ..	103
ANEXO 8. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 2. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. ..	104
ANEXO 9. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 3. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. ..	105
ANEXO 10. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 4. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. .....	106
ANEXO 11. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 5. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. .....	107
ANEXO 12. SISTEMA DE EXTINCIÓN. TUBERÍA PRINCIPAL. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR. ....	108
ANEXO 13. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 1. EDIFICIO DUNS SCOTO. ....	109
ANEXO 14. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 2. EDIFICIO DUNS SCOTO. ....	112
ANEXO 15. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 3. EDIFICIO DUNS SCOTO. ....	114

ANEXO 16. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 4. EDIFICIO DUNS SCOTO ..... 116  
ANEXO 17. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 5. EDIFICIO DUNS SCOTO..... 119  
ANEXO 18. BOMBEO CERTIFICADO UL/FM..... 122

## TABLA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Grupos y subgrupos de ocupación. Fuente: NSR-10. (2010)</i> .....	40
<i>Tabla 2. Parámetros Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación. Fuente: NSR-10. (2010)</i> .....	45
<i>Tabla 3. Zonas a proteger. Primer Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	58
<i>Tabla 4. Zonas a proteger. Segundo Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	59
<i>Tabla 5. Zonas a proteger. Tercer Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	59
<i>Tabla 6. Zonas a proteger. Cuarto Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	60
<i>Tabla 7. Zonas a proteger. Primer Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	61
<i>Tabla 8. Zonas a proteger. Segundo Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	61
<i>Tabla 9. Zonas a proteger. Tercer Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	62
<i>Tabla 10. Zonas a proteger. Cuarto Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	62
<i>Tabla 11. Zonas a proteger. Quinto Piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	63
<i>Tabla 12. Tuberías para riesgo leve. Fuente: National Fire Protection Association. (2016)</i> .....	65
<i>Tabla 13. Área de cobertura máxima para rociadores estándar. Fuente: Estándar for the Installation of Sprinkler Systems. NFPA 13. (2013)</i> .....	68
<i>Tabla 14. Número de rociadores por área de cobertura. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	71
<i>Tabla 15. Valores coeficiente de fricción (C), Hazen-Williams. Fuente: NFPA 13. (2013)</i> .....	73
<i>Tabla 16. Longitudes equivalentes para tubería de Acero SCH 40, Fuente: NFPA 13. (2013)</i> .....	74
<i>Tabla 17. Explicación tabla de cálculos. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	75
<i>Tabla 18. Resultados Diámetros Óptimos de tubería. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	77
<i>Tabla 19. Resultados presiones y caudales por piso. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	77
<i>Tabla 20. Características Motobomba de incendios. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	78
<i>Tabla 21. Listado de accesorios, presupuesto sistema de extinción contra incendios. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	80

## TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Triángulo de fuego. FUENTE: Grupo Vulcano. (2016)</i> .....	31
<i>Figura 2. Funcionamiento rociadores automáticos. Fuente: Tecnofuego. (2018)</i> .....	35
<i>Figura 3. Funcionamiento detector de humo fotoeléctrico. Fuente: Presentación alarmas inalámbricas. (2004)</i> .....	37
<i>Figura 4. Página inicial del documento del estudio de factibilidad. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	50
<i>Figura 5. Página Inicial Matriz de análisis de incendios. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	51
<i>Figura 6. Encabezado Ventanas de Clasificación. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	52
<i>Figura 7. Sección Sede. Ventana Clasificación. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	53
<i>Figura 8. Ingreso de datos según grupo de ocupación para realizar el estudio. Fuente: Autor. (2018)</i> ...53	
<i>Figura 9. Resultado de la matriz de clasificación. Ejemplo. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	54
<i>Figura 10. Aplicación matriz de análisis para edificio Guillermo de Ockham. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	55
<i>Figura 11. Aplicación matriz de análisis para el edificio Duns Scoto. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	56
<i>Figura 12. Configuración tipo malla. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)</i> .....	66
<i>Figura 13. Configuración tipo árbol con ramales laterales. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)</i> .66	
<i>Figura 14. Configuración tipo árbol con ramales centrados. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)</i> 67	
<i>Figura 15. Densidad vs Área de operación. Fuente: NFPA 13. (2013)</i> .....	70
<i>Figura 16. Curva de desempeño motobomba contra incendio. Aurora Pum. (2018)</i> .....	79
<i>Figura 17. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional C-1. Guillermo de Ockham. NSR-10. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	82
<i>Figura 18. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional L-2. Guillermo de Ockham. NSR-10. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	83
<i>Figura 19. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional P. Guillermo de Ockham. NSR-10. Fuente: Autor. (2018)</i> .....	85
<i>Figura 20. Estación manual. HoneyWell ADE-5140MPS. Fuente: Honeywell. (2017)</i> .....	89
<i>Figura 21. Conexión Sirenas con Panel de Incendios. Fuente: Universidad Simón Bolívar. (2015)</i> .....	90

## CAPÍTULO 1.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 ANTECEDENTES (ESTADO DEL ARTE)

Los sistemas de detección de incendios normalmente son catalogados como algo secundario en cuanto a la protección de las distintas edificaciones se refiere, a menos de que dicho lugar sea altamente propenso a los incendios. En el caso de las universidades tiende a ser más importante la parte de la atención médica en caso de urgencias y la evacuación en caso de desastres por lo que los incendios quedan relegados a un tercer nivel de prioridad en la seguridad y es por esto que muchas veces el sistema de detección de incendios queda obsoleto, sin embargo es algo de alta importancia a lo cual se le debe prestar atención constantemente para asegurarse de siempre cumplir con las normatividad establecida para esto con el fin de Almachi y Guaña, (2016) *“Prevenir los incendios, evitar su propagación, alertar de manera temprana a los ocupantes y reducir las consecuencias devastadoras de un incendio sobre vidas y propiedades”*.

Ellos hicieron el diseño de un sistema de detección de incendios para el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el cual se basaron principalmente en la norma internacional NFPA 72 del sistema de alarma y detección de incendios, debido a que les proporcionaba indicaciones completas sobre su *“Aplicación, Instalación, Desempeño y mantenimiento de los sistemas de detección contra incendios y sus componentes en sus estructuras nuevas y existentes”*. Dividieron su sistema por bloques y pisos, además la ubicación de los elementos lo eligieron según la norma anteriormente mencionada, quedando de la siguiente forma:

- **Bloque B Planta baja:** 12 detectores de Humo, 1 Sirena, 4 Luces Electroboscópicas y un Pulsador de emergencia manual

- **Bloque B Primer Piso:** 12 Detectores de Humo, 1 Sirena, 3 Luces Electroboscópicas, 2 Pulsadores de emergencia Manual y una consola de mando
- **Bloque B segundo Piso:** 12 Detectores de Humo, 1 Sirena, 2 Luces Electroboscópicas y un pulsador de emergencia Manual
- **Bloque B tercer Piso:** 12 Detectores de Humo, 1 Sirena, 2 Luces Electroboscópicas y un Pulsador de Emergencia Manual
- **Bloque A Planta Baja:** en este piso al tener las mismas dimensiones que el del bloque B dejaron los mismos elementos
- **Bloque A Primer Piso:** En este piso ya que tiene un pasillo el cual unía con otra parte de la universidad pusieron una Sirena y una Luz Electroboscópica lo demás quedó de la misma manera, por supuesto sin la consola de mando
- **Bloque A Segundo Piso:** Igual al del bloque B enfocándose en las escaleras y pasillos
- **Bloque A Tercer Piso:** Igual al del Bloque B

Almachi y Guaña se centraron más en el estudio de distribución del sistema de detección de incendio, sin embargo, en el caso de León y Pinto quienes hicieron el diseño de un sistema de control y automatización se enfocaron en que su sistema tuviera un Sistema integrador, Control de accesos, Circuito cerrado de televisión, Detección de incendios y Servicios Básicos creando así un sistema integrado de seguridad y por supuesto Automatizado.

El sistema se automatizó mediante la plataforma de integración “ENTERPRISE BUILDINGS INTEGRATOR” (EBI) y se aseguraron de que la interfaz gráfica tuviera como máximo 5 segundos de retraso para las alarmas y eventos de seguridad variados. Para el panel de detección de incendio usaron un HONEYWELL XLS-3000 debido a la gran capacidad de detectores que tenía (1590) ya

sean de humo o térmicos. El sistema de control de acceso lo conformaban diferentes controladores STAR II los cuales se integraban mediante el mismo software, cada controlador tenía la capacidad de manejar 16 lectores de proximidad a las cuales le asignaron una puerta a cada uno y en algunos casos 2 por una puerta además de llevar un botón pulsador para emergencias. El circuito cerrado de televisión lo administraron mediante el software DIGITAL VIDEO MANAGER. El sistema de servicios básicos que se encargaba de la condición eléctrica del edificio, el sistema de aire acondicionado y la iluminación lo instalaron mediante una red de PLC de marca Allen Bradley. Con el diseño de este sistema tenían los objetivos de mantener un consumo eficiente de energía, automatización de áreas de trabajo y creación de un sistema de aseguramiento de vidas. León y Pinto, (2015)

Egas por su parte da las indicaciones más detalladas para la creación de un sistema de detección de incendios, sin embargo advierte que *“Su aplicación según las normas internacionales no permite discusión”* por lo que en realidad hay muy poca versatilidad a la hora de crear el diseño de estos sistema pues se corre el riesgo de incumplir la normatividad nacional o internacional; comienza describiendo que *“Los sistemas electrónicos de detección de incendio consisten en dispositivos de detección, alarmas manuales, avisadores de alarma, paneles de incendio y red o cableado que permiten la detección de incendios en edificaciones”*, dicho esto Egas establece 4 tipos de sistemas de incendios, el convencional de dos alambres, el convencional de cuatro alambres, direccionables e inteligentes, de estos sistemas él recomienda el uso de los inteligentes debido a que se puede unir a futuro con otros, este sistema tiene como características principales la posibilidad de que la sensibilidad de los detectores sea programada a una hora específica lo cual permite mayor seguridad en momentos claves del día además de tener la posibilidad de que el

panel realice a petición del usuario la revisión del estado de todos los sensores inteligentes y módulos de control.

Él hace referencia sobre los dos grupos que existen en la configuración de detección de incendios, estos son los dispositivos iniciadores y los dispositivos señalizadores o notificadores. Los dispositivos iniciadores según Egas son: la alarma manual de incendios, los detectores fotoeléctricos de humo, los detectores iónicos de humo los cuales consisten en *“dos placas eléctricamente cargadas y una pequeña fuente radioactiva que tiene por finalidad ionizar el ambiente entre las dos placas”* haciendo que cuando el humo entre en este espacio ionizado se reduzca la corriente de ionización dando así la alarma de incendio, Los detectores de humo de haz el cual consiste en que cuando el haz de luz no llegue al foto receptor debido al humo este genere la alarma, Detector de humo de ducto, funcionan de la misma manera que los iónicos pero van en un tubo para tomar la muestra del aire de los ductos de ventilación. Los dispositivos señalizadores o notificadores por otra parte son: Luz estroboscópica, parlante, sirena y campana.

Así mismo detalla los criterios que diga la NFPA (National Fire Protection Association) de Estados Unidos, estos criterios nos dicen que los detectores de humo deben ser instalados en *“todas las salas de una edificación con independencia de uso, los vestíbulos o hall de ingreso, los cuartos o galpones que incluyan áreas de almacenamiento, en sótanos, áticos, desvanes, espacios por encima de cielos rasos o bajo pisos falsos, áreas impelentes utilizadas en sistemas de aire acondicionado, en fosos de escaleras o ascensores normales y de carga”*.

También describe los criterios de donde no se debe instalar un detector de humo, estos lugares son: *“Cuando el techo falso ha sido instalado junto a las vigas que sostienen el techo verdadero creando un mínimo de espacio entre ellos, cuando un espacio oculto está completamente lleno de material aislante incombustible, cuando hay pequeños espacios arriba de cuartos o áreas*

*cerradas que miden menos de 4.6 metros cuadrados, en espacios formados por pares de vigas solidas que forman una pared, piso o techo, siempre que la distancia entre los centros de las vigas sea inferior a 15cm” Egas, (2002)*

La norma también refiere que los detectores se deben instalar en el centro de un espacio y si no es posible entonces debe ser sobre el techo a más de 10 cm de la pared, cuando hay ductos de aire deben ser instalados en la dirección del flujo del aire, además de esto sí o sí a la hora de terminar la instalación se deben hacer pruebas de humo para ver el recorrido de este y así saber con seguridad que los detectores están puestos de manera correcta. Egas recomienda que los detectores se coloquen a 9.1 metros entre sí a no ser que los materiales de combustión requieran mayor protección.

En el caso de las alarmas manuales de incendio, recurre a la norma N.B.E.C.P.I.91 la cual dice que estas no pueden estar a una distancia mayor a 25 metros y debe haber una junto a las escaleras de emergencia de cada piso del edificio. En el caso de las luces estroboscópicas deben colocarse una sobre la salida de emergencia y otras a una distancia no mayor a 30 metros y por último en el caso de las sirenas, campanas, etc. deben ser instaladas a 1.5 metros del piso y no pueden exceder los 120 dB.

Egas dice que además de la detección del incendio el sistema también puede llegar a ayudar en funciones auxiliares como lo son: control del flujo de humo por medio de los sistemas de aire y aire acondicionado, liberación de puertas cortafuegos para contención del humo y ayudar a liberar las escaleras de escape, liberación de cerraduras eléctricas o electromagnéticas, control de los ascensores para que funcionen hasta la planta baja y por ultimo activación de los sistemas de supresión de incendio, sin embargo estas funciones deben ser testeadas de antemano para saber la

capacidad a la que puede llegar el sistema de detección de incendios pues no es necesario que pueda cumplir con todas esas tareas auxiliares. Egas, (2002)

El Sistema de protección contra incendios que diseño Luna tiene muchas de las condiciones que menciona Egas pues en el estudio para la creación del sistema tiene en cuenta la utilización del lugar donde lo implementará así como todo tipo de material que allí se encuentra junto con su flamabilidad y peligrosidad, igualmente comparte la distribución eléctrica del recinto para tener completamente en claro el riesgo eléctrico, registra el tamaño del recinto en todas sus dimensiones pues de esta forma la distribución y colocación de los detectores cambia dependiendo de la altura, ancho, etc. confirmando lo dicho por Egas.

Luna por su parte utiliza los detectores de humo de haz debido a las características combustibles que tiene el recinto de esta forma asegurándose la mayor eficiencia del dispositivo, además de estos usa también los detectores iónicos debido a que es posible que por el tamaño y las condiciones del recinto los de haz podrían no haber sido suficientes, por supuesto como lo dicta la norma también instaló las alarmas manuales de incendios en cada una de las salidas de emergencia para así cumplir con la norma, además de esto instala unas cámaras de seguridad ya que tienen un bajo costo y sirven como medio preventivo junto con un aumento en la seguridad. Debido a la altura del recinto primero instala 9 detectores de humo de haz ya que son los recomendados para instalaciones y los separa por 9 metros siguiendo así las indicados por la norma NFPA, también instala 2 detectores de iones debido a que hay espacios cerrados con muchos obstáculos en los que estos detectores son los mejores a instalar.

Instala además una señal lumínica en cada uno de los lugares donde se encuentran las alarmas manuales de incendios y unas campanas distribuidas por todo el recinto, principalmente donde hay poco acceso al público para que el personal ubicado en esas zonas pueda evacuar de manera

oportuna y por último instaló 3 parlantes de emergencia distribuidos en los dos extremos del recinto y uno en el centro. Además de esto, generó un espacio apartado al que llamo “Centro de comando de emergencias” el cual es el lugar en el que se hace toda la visualización del sistema de incendios y de seguridad, este puesto lo estableció siguiendo todas las normas de ergonomía para el puesto laboral, gracias al cumplimiento exacto de la norma NFPA72, Luna fue capaz de ubicar correctamente las zonas de mayor riesgo e implementar con éxito su sistema de protección de incendios. Luna, (2016)

En el caso del diseño creado por Naranjo y Salazar trataron de enfocarse más en la supresión que en la prevención y respuesta de alarma, es por esto que se dedicaron a mantener los niveles de agua y la disponibilidad de ésta en los diferentes sitios de acuerdo a la norma de NFPA, por este motivo su diseño tiene los datos sobre la presión del agua que sale por las mangueras de incendios la cual es de 70 PSI, este nivel de presión es el mínimo requerido por la norma y usan este nivel debido a que de esta forma una persona no entrenada puede usar la manguera con comodidad aumentando así la posibilidad de mantenerse con vida, sin embargo también buscan colocar toda la señalización correspondiente para el sector con sustancias altamente combustibles así como el correcto manejo y almacenamiento de éstas, por dicha razón los tanques en los que se guardan estos combustibles tienen tubos de aireación y se encuentran ubicados en una especie de dique el cual tiene una capacidad mayor a la del combustible, además de esto todas las zonas tienen al menos tres señales de peligro correspondiente al tipo de combustible que se tiene. Al probar el sistema se dieron cuenta que el programa mantiene de forma correcta la información del tanque de agua y las cisternas, después de la activación forzosa el programa inmediatamente envía las fallas que hay para el correcto funcionamiento, además de esto el sistema de alarmas aunque fue

secundario también funcionó sin ningún inconveniente, el programa lograba reportar si había un nivel bajo o alto de combustible o de aceite y respondía correctamente ante cualquier alarma activada sin embargo no especifican el tiempo de demora que tenía el programa para responder a las alarmas por lo que no se sabe que tan cerca del tiempo real estaba. Naranjo y Salazar, (2015)

Raza por su parte presenta una variable interesante a lo que se había visto en los estudios anteriores, no porque cambien los elementos sino a que norma se apegan y la cantidad de elementos que son utilizados para el sistema, así como el enfoque que tienen. Primero que todo es menester aclarar que Raza implemento su sistema en un edificio de cinco pisos con un sótano, el edificio tenía una medida de 80m<sup>2</sup> por lo que esto pudo haber influenciado la cantidad de detectores que usaron puesto que si se compara con el sistema diseñado por Almachi y Guaña, la diferencia en detectores es amplia, puesto que estos últimos usaron en total 48 detectores en un edificio de 3 pisos y un sótano en cambio Raza utilizó un total de 18 detectores en el edificio previamente descrito.

Él basó su sistema en las exigencias del cuerpo de bomberos local los cuales decían que los detectores de incendios *“irán ubicados en los sitios de mayor riesgo para lo que tiene que señalarse el tipo, número, color, ambiente según reglamento vigente”*, lo cual son indicaciones bastante imprecisas sobre sacar la máxima eficacia de los detectores o de su instalación sin embargo cabe destacar que Raza que se enfocó en la implementación de gran cantidad de módulos de monitoreo, esto con el objetivo de mantener en constante vigilancia el estado de los dispositivos conectados a este, la intención del autor era que cada dispositivo tuviera un módulo de monitoreo asociado, este fue un acercamiento que no se había visto en los diseños anteriores pues estaban más enfocados en la automatización del sistema o en la correcta ubicación de los dispositivos por lo que en este diseño aunque hayan pocos detectores se puede decir que tiene una buena estabilidad

gracias a la cantidad de módulos de monitoreo sin embargo la cantidad de detectores que instaló Raza podría generar puntos ciegos en el edificio lo cual podría ser perjudicial para este, al momento de probar el sistema este funcionó de manera correcta sin embargo, las pruebas fueron hechas directamente sobre los sensores por lo que una cobertura total del edificio no se podría asegurar, además solo hicieron la prueba sobre dos sensores y dos pulsadores de emergencia manual por lo que un global del funcionamiento del sistema de detección no se podría asegurar. Este estudio, aunque en primera instancia funcione lleva a reforzar que el correcto funcionamiento de las normas internacionales e incluso las locales podrían llegar a marcar una gran diferencia a la hora de la seguridad de un edificio y salvaguardar la vida humana. Raza, (2009)

Carrión por su parte realizó el diseño de un sistema inmótico para un edificio del campus de la Universidad Politécnica Salesiana, en este diseño el sistema de detección de incendios se enfocaba principalmente en la central de incendio que debía ser instalada en el edificio, pues era ésta la que ejercía todo el sistema y era lo realmente importante en su diseño, por este motivo tenían varias baterías adicionales en caso de problemas de electricidad para que este pudiera seguir funcionando. En cada piso contaba con un módulo de monitoreo para las señal de la sirena y la luz estroboscópica que se encontraban en dicho piso cumpliendo de esta forma la normativa de la NFPA, además de contar con gabinetes por cada dos pisos del edificio y por último instaló diversos módulos de aislamiento por cada cuarto en cada piso protegiendo de esta forma los elementos del lazo, lo cual es de especial importancia en un sistema de detección de incendios, además este sistema de aislamiento cumple de manera adecuada la norma de la NFPA. En su totalidad cuenta con un total de 30 detectores de humo fotoeléctricos y 10 estaciones manuales lo cual deja una seguridad bastante completa en un edificio con 3 pisos y dos de subsuelo, además de esto tiene un panel de control de acceso el cual controla los lectores de proximidad de las puertas. Carrión, 2015)

Es posible que se piense que las normas contra incendios como han sido aplicadas en los diseños aquí expuestos sean algo que no lleva más de 20 años. Sin embargo, Villanueva demuestra que aunque se ha ido puliendo cada vez más la normativa, hay bases que han estado desde hace más de 30 años como por ejemplo, que los detectores térmicos deben instalarse a 9m entre sí, los detectores de humos al menos a 11.5 m de distancia entre sí, sumando la explicación referida al motivo de la elección de cada detector en la propuesta del diseño, pues cada detector tiene una especialidad que hace que sean mucho más eficientes en casos específicos.

Además de esto Villanueva dice que *“en muchos casos queda un amplio campo de elección de características del sistema, que el que adquiera o diseñe la instalación debe adaptar al riesgo que quiere o debe proteger”*, lo cual indica que aunque la normas den una guía de trabajo, éstas deben ser adaptados a la necesidad que se tiene, pues de lo contrario es posible obtener un sistema incompleto dejando de lado características específicas del lugar de implementación del sistema, a esto Villanueva dice *“La concentración de valores influye sobre la sensibilidad del detector y su cobertura, por ejemplo, no es lo mismo proteger papel moneda que periódicos, un armario eléctrico en una oficina o en un quirófano, un local industrial o aun asilo u hospital”*, por lo que siempre se debe hacer un estudio de las necesidades y condiciones específicas del lugar a aplicar el sistema, como una última recomendación indica que todas las condiciones específicas del recinto condicionan el uso de los detectores así que el ingeniero debe conocer de manera correcta los alcances de cada tipo de detector, así como sus limitaciones para no cometer un error crítico a la hora de la elección y así poder salvaguardar la vida y los bienes involucrados en el recinto lo cual es el objetivo definitivo de un sistema de incendios. Villanueva, (1985)

## **1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La universidad de San Buenaventura en estos momentos cuenta con un deficiente sistema de detección de incendios el cual no cumple con los requisitos de las normas NSR-10 y el Acuerdo 20 de 1995 de la secretaria distrital del Hábitat, Art. 5 (que en este documento se identificará como Acuerdo 20 de 1995), al ser una institución educativa superior y en pro de la carga ocupacional que presentan cada uno de sus salones, laboratorios y auditorios es de vital urgencia implementar un sistema de detección incendios controlado de manera local que permita una mejor respuesta en caso tal de un accidente.

Dentro del plantel universitario se presentan gran cantidad de elementos combustibles como lo son las tomas eléctricas, las fuentes de poder, los diferentes elementos electrónicos dentro de los laboratorios, la maquinaria del hangar, las estufas, calentadores de las cafeterías, los elementos de oficina, los elementos dentro de salón clase además de la vegetación del campus, los cuales convierten la zona en una de muy alto riesgo de incendio por lo cual es momento de empezar a hacerle frente, además no se cuenta con una alarma sonora que informe a todos los miembros en caso tal de siniestro y permita una acción rápida tanto de evacuación como de acción. Edificios antiguos como el Duns Scotto no cuentan con rociadores o detectores de humo ni conexión de tomas de agua que permitan actuar ante alguna emergencia.

En consecuencia, de lo planteado, se genera el siguiente interrogante: ¿Cuáles son los requisitos con los cuales debe cumplir en cuanto a un sistema de detección de incendios y cuál sería un posible diseño de ubicación del sistema para los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scotto de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El 29 de diciembre de 2001 en Lima, Perú se presentó un incendio de enormes proporciones donde un artefacto pirotécnico desató el hecho al ser probado por uno de los vendedores ante unos consumidores, el lugar reconocido como Mesa Redonda, identificado como una zona de muy alto riesgo por la cantidad de materiales combustibles presentes como lo eran el material de madera en los cuales estaban contruidos muchos de los puestos, así como una bodega de alto almacenamiento de pirotecnia. Se estima que la temperatura en el lugar ascendió a 1200°C por lo cual la gran mayoría de cuerpos se encontraron completamente carbonizados, en el incidente se presentaron 277 personas fallecidas, 247 heridos y 180 desaparecidos junto con la gran pérdida material que sumó alrededor de unos diez millones de dólares estadounidenses. Preliminarmente se encontró evidencia de negligencia por parte de las autoridades y comerciantes ante el cumplimiento de la normativa contra incendios a pesar de las constantes denuncias de bomberos informando sobre ello. Arce-Palomino, (2008)

Igualmente, en Colombia el 27 de enero de 2014 en la cárcel Modelo de Barranquilla donde 11 internos fallecieron a causa de un incendio, prendió las alarmas sobre la negligencia en el cumplimiento mínimo de las normativas contra incendios requeridas por el país. La Procuraduría dio a conocer un comunicado donde reveló que se habían enviado varias cartas solicitando acciones para evitar una posible catástrofe en el lugar, en ellas se informaba acerca de cómo parte del cableado del sistema eléctrico no contaba con las debidas medidas de seguridad constituyendo así un riesgo inminente, además de la falta de claraboyas o sistemas de ventilación en caso de emergencia. De igual forma no se contaba con detectores de humo o rociadores para una rápida acción ante un siniestro, por lo cual el incendio sumado al hacinamiento en las cárceles concluyó en un trágico incidente. Noticias RCN, (2014)

En cuanto a instituciones educativas a nivel Colombia este año en la Universidad del Quindío se presentó un incendio el cual afectó al tercer piso del edificio de Bienestar Institucional, aun cuando el fuego fue controlado con rapidez, se reportaron daños materiales y por fortuna ninguna persona lesionada. El origen del incendio se presume está relacionado con un corto circuito, además la gran cantidad de material sintético dentro del edificio permitió que las llamas se esparcieran a gran velocidad. La Crónica, (2017)

Es alta la preocupación ciudadana y académica por el desarrollo y aplicación de normas destinadas al código de construcción de edificaciones donde se asegure la seguridad humana por sobre cualquier cosa, por lo cual en Colombia desde finales del 2010 se inició la implementación de la norma NSR-10 la cual tiene como principal objetivo la conservación de la vida humana por sobre cualquier bien o aspecto económico e incluye que toda edificación debe contar con un sistema extinción de forma obligatoria. Como institución educativa superior la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá, debe cumplir con los requisitos mínimos de detección, alarma y extinción teniendo en cuenta que la NSR-10 se aplica para edificaciones posteriores al 2010 y para toda construcción anterior a esta debe tenerse en cuenta la NSR-98 junto con el Acuerdo 20 de 1995 para ofrecer así tanto a estudiantes como colaboradores una mayor seguridad humana además de dar cumplimiento con los requisitos exigidos por Bomberos en este caso ente de control de cumplimiento.

La norma NSR-10 indica el propósito del título J (Incendios) de la siguiente manera:

*“El propósito del Título J es el establecer dichos requisitos con base a las siguientes premisas:*

- a. Reducir en todo lo posible el riesgo de incendios en edificaciones.*
- b. Evitar la propagación del fuego tanto dentro de las edificaciones como hacia las estructuras aledañas.*

- c. *Facilitar las tareas de evacuación de los ocupantes de las edificaciones en caso de incendio.*
- d. *Facilitar el proceso de extinción de incendios en las edificaciones.*
- e. *Minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción”<sup>1</sup>*

El sub-grupo de ocupación en el cual se encuentra ubicada la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá, es el I3. Sub-grupo encargado de identificar a las instituciones de educación, sin embargo, edificios como el Duns Scotto de la universidad, podrían ser catalogados como edificios mixtos pues además de contar con servicios educativos dentro de su estructura se incluye la biblioteca y distintos auditorios, por lo tanto, sería clasificado como sub-grupo de ocupación M.

Por lo cual la presentación de una matriz de riesgos con los requisitos necesarios que la Universidad (referida allí por su tipo de grupo ocupacional) necesita para cumplir con lo exigido tanto por la NSR-10 como por el Acuerdo 20 de 1995 junto con un diseño base de ubicación del sistema de incendios para los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scotto siguiendo los parámetros de ubicación e instalación es un primer paso para la implementación de un sistema de detección de incendios y evacuación local, con lo cual es posible obtener un visto bueno por parte de bomberos y asegurar así la seguridad de sus miembros.

---

<sup>1</sup> NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente. Título J: Requisitos de protección contra incendios en edificaciones. Capítulo 1. 2010.

## ***1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN***

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un diseño básico del sistema de detección y extinción de incendios bajo las normas NSR-10 y el Acuerdo 20 de 1995 para los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto de la Universidad San Buenaventura.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el grupo de ocupación correspondiente para la organización y para cada uno de los edificios anteriormente mencionados.
- Realizar el estudio de factibilidad por medio de una matriz de análisis de datos para recolectar la información necesaria para la implementación de la norma NSR-10 y el Acuerdo 20 de 1995 en el edificio Guillermo de Ockham y Duns Scoto.
- Diseñar un sistema de detección y extinción de incendios para salvaguardar vidas humanas y bienes según los requerimientos indicados en la norma resistente vigente en el año de construcción de los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto

## ***1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO***

- Como método de estudio solamente se tomarán en cuenta los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto.
- Se establecerá el número de detectores de humo y su tipo a partir de la distribución que se haga de los edificios.
- Se establecerá la ubicación y la cantidad de rociadores según las zonas de incendio establecidas.

- Será definido el manejo de las alarmas, y sí deberán ser sonoras, así como cuales mensajes deberá contener.
- El estudio de factibilidad se realizará implementando una matriz encargada de recolectar información y arrojar los requisitos a cumplir según la norma.
- La matriz de requerimientos se entregará funcionando para todos los grupos y subgrupos de ocupación indicados en la norma.
- Se documentarán todos los hallazgos y el diseño del sistema de detección de incendios según normativa.

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA.

El modelo comprende un diseño básico el cual tiene como fin mejorar el sistema de detección de incendios de la Universidad de San Buenaventura e incluir un sistema de extensión automática. Constituye un sistema de trabajo enfocado a dar una respuesta rápida y eficaz ante algún siniestro de incendio. En el cual pueden identificarse las siguientes fases de modelo:

1. **Planificar:** Proyectar la información necesaria para identificar cuáles son los requerimientos que no se están cumpliendo o cuales no se están teniendo en cuenta según la normativa de incendios.
  - Recolectar información consignada sobre la infraestructura y el sistema de incendios existente en los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto.
  - Analizar la información consignada en Título J de las normas NSR-10 o NSR-98.
  - Analizar la información consignada en el Acuerdo 20 de 1995.
  - Identificar el grupo ocupacional para cada uno de los edificios mencionados.
  - Identificar los niveles de riesgo de las infraestructuras.
  
2. **Ejecutar:** Generar el diseño para el sistema de detección y extinción a diseñar.
  - Realizar un recorrido físico a las estructuras para confirmar la información recolectada.
  - Generar matriz automática de incendios, a partir de la cual se identifique que elementos son necesarios para dar cumplimiento con la normativa.

- Efectuar el estudio de factibilidad comparando los elementos disponibles en el sistema de incendios con los elementos requeridos según la norma.
  - Definir los elementos de detección y extinción a usar en cada una de las edificaciones.
  - Generar el plano de ubicación de elementos.
3. **Verificar:** Confirmar que el diseño planteado cumpla con los requerimientos y sea eficiente.
- La identificación del grupo ocupacional para cada una de las edificaciones haya sido la correcta teniendo en cuenta cada una de las secciones que le componen. (Laboratorios, auditorios, bibliotecas)
  - La ubicación de los elementos cumpla con los requisitos de la normativa.
  - La existencia de un plan de acción en caso de siniestro en la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá.

## **CAPÍTULO 3.**

### **MARCO TEÓRICO.**

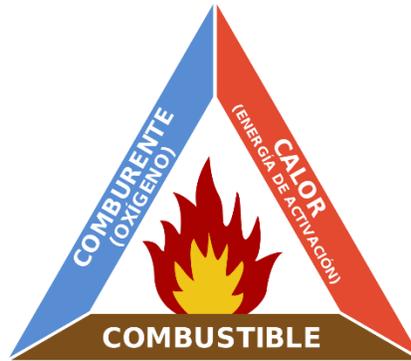
Este capítulo se conforma por todos los fundamentos utilizados para plantear y realizar el estudio de factibilidad y el diseño correspondiente al sistema de extinción y/o detección de incendios para los edificios Duns Scoto y Guillermo de Ockham pertenecientes a la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá.

#### **3.1 ¿QUÉ ES EL FUEGO?**

El fuego es un proceso de combustión caracterizado por una reacción química de oxidación en el combustible, con suficiente intensidad para emitir luz y calor, así como en algunos casos, llama. La reacción se produce a una temperatura elevada y evolución de suficiente calor para mantener la temperatura mínima necesaria para que la combustión continúe. Ravignani, (2012)

##### **3.1.1 COMPORTAMIENTO FÍSICOQUÍMICO DEL FUEGO.**

Para que se produzca fuego son necesarios tres elementos: combustible, calor y oxígeno. Es necesario que los tres elementos se encuentren presentes para que la oxidación del combustible inicie y comience a arder. Suele utilizarse la representación de un triángulo, denominado triángulo de fuego, donde en cada uno de sus lados se identifica uno de los tres elementos asociados y así lograr identificar el método posible de extinción eliminando uno de los lados del triángulo. Strehlow, (2012)



*Figura 1. Triángulo de fuego. FUENTE: Grupo Vulcano. (2016)*

La propagación del fuego depende de los procesos de transferencia de calor: convección, conducción o radiación. Las características principales del fuego en cuanto a su propagación y relación con su crecimiento dependerán de acuerdo con su fuente de origen, ya sea química, eléctrica, mecánica o nuclear.

### **3.2 NORMATIVA CONTRA INCENDIO.**

#### **3.2.1 NFPA 72 Y NFPA 13.**

La NFPA, es una organización mundial, interesada en reducir los distintos riesgos a consecuencia de riesgos eléctricos, incendios, y eventos relacionados. Por medio del desarrollo de códigos y normas para el diseño de instalación de sistemas para preservar la seguridad humana en caso de incendio. Desarrollando más de 300 códigos y normas con la participación activa de entidades de investigación, educativa y personal con amplios conocimientos del tema. NFPA, (2016) Los códigos NFPA de protección contra incendio son además los referentes internacionales más importantes en las pautas de protección contra incendio.

El principal objetivo de la normativa NFPA es la implementación de sistemas de protección contra incendios destinados a salvaguardar vidas humanas principalmente, trayendo como ventaja adicional la reducción de pérdidas económicas causadas por incendio. La NFPA define entonces dos medidas fundamentales para el diseño del sistema de protección contra incendios: Medidas Pasivas y Medidas Activas, las medidas pasivas se encargan de evitar el crecimiento del fuego mientras las medidas activas se encargan de extinguir el fuego.

Por su parte, la normativa NFPA 13 (*Standard for the Installation of Sprinkler Systems*) se encarga principalmente de definir los criterios para el diseño e instalación de sistemas de extinción de incendios tales como: rociadores, extintores, tomas de agua y gabinetes. Además, se encarga de definir los riesgos de ocupación con parámetros de protección, estandarizar los elementos combustibles y su relación con el riesgo de las edificaciones, determinar las cargas de combustibles y los sistemas de rociadores necesarios para controlar la tasa de liberación de calor. Para establecer los criterios de extinción, la normativa NFPA 13, establece tres niveles de riesgos: ligero, ordinario y extra, será a partir de estos parámetros de clasificación que se indicará cual debe ser el diseño del sistema de extinción automática. NFPA 13, (2013)

Mientras la normativa NFPA 72, se encarga de definir los criterios para el diseño e instalación de sistemas de detección de incendios. Definiendo los usos y principales diferencias entre cada uno de los distintos tipos de detectores de humo y calor, la ubicación e instalación del sistema de alarmas locales y generales, la conexión de estaciones manuales y speakers. Para ello tendrá en cuenta principalmente las habitaciones que deberán protegerse, el tamaño para determinar cantidad, así como la construcción del techo y vigas. NFPA 72, (2013)

### **3.2.2 NSR-98 Y EL ACUERDO 20 DE 1995**

Para la protección contra incendios desde el año 1998 y en respuesta a los constantes eventos sísmico en el país, Colombia desarrolló la Norma Sismo Resistente NSR-98, donde se daban las especificaciones vitales con las cuales debía constar una edificación para posibles emergencias, incluyendo además las normativas de incendio (*título J*), estableciendo así los requisitos de resistencia y protección contra incendio con los cuales debían cumplir las edificaciones. Sin embargo, el eje principal de protección plasmado en dicha norma era la extinción de incendios más no la detección. NSR-98, (1998)

La detección de incendios y un mejor parámetro de diseño en cuanto a los sistemas de detección se incluyeron en el Acuerdo 20 de 1995, a partir de la modificación establecida por el Decreto Distrital 74 del año 2001. Allí, aunque el sistema primordial sigue siendo el sistema de extinción, se da una mayor especificación en cuanto a los requisitos de detección automática con los cuales deberían cumplir las edificaciones, según su grupo ocupacional.

### **3.2.3 NSR-10**

Para el año 2010, se reforma la Norma Sismo Resistente creando así la NSR-10. Dicha norma en su título J establece condiciones mínimas para la protección contra incendios. La norma plantea la misma categorización de las edificaciones que la NSR-98 (*grupos ocupacionales*), proponiendo además los sistemas de protección contra incendios a utilizar en el territorio colombiano, enfocándose primordialmente en los sistemas de detección de incendios. Esta norma establece las exigencias con el fin de:

- Reducir el riesgo de incendios en las edificaciones.
- Evitar la propagación del fuego.

- Facilitar la evacuación de ocupantes.
- Facilitar el proceso de extinción de incendios.
- Minimizar el riesgo de colapso estructural.

### **3.2.4 SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.**

Los sistemas de extinción de incendios son un conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego, generalmente con estos sistemas se busca lograr tres finalidades: salvaguardar vidas humanas, minimizar pérdidas económicas producidas por el fuego y conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo más corto posible. Covenin, (1980)

#### **3.2.4.1 AGENTES EXTINTORES.**

Los agentes extintores son elementos o sustancias que realizan efectivamente la extinción, estos eliminan alguno de los tres factores que producen el fuego; aire, combustible y calor. Los agentes extintores más comunes son agua, espuma, anhídrido carbónico, polvo químico. NFPA 101, (2010)

#### **3.2.4.2 ROCIADORES AUTOMÁTICOS.**

Son uno de los sistemas más antiguos de protección contra incendios en todo tipo de edificios. Están concebidos para detectar un conato de incendio y apagarlo con agua o controlarlo para que pueda ser apagado por otros medios. Los rociadores automáticos protegen prácticamente la totalidad de inmuebles, salvo contadas ocasiones en las que el agua no es recomendable como agente extintor y deben emplearse otros sistemas más adecuados. Se trata de un sistema independiente y automático, por lo cual no requieren que ningún otro sistema los active. Anónimo, (2015)

Los rociadores automáticos tienen un recubrimiento termosensible de vidrio, el cual mantiene el tapón en su lugar y contiene el líquido en el interior. Cuando el calor de un fuego actúa sobre él, este líquido hierve y el vapor generado hace estallar el bulbo de vidrio, liberando así el tapón y el agua a presión. El agua en este tipo de rociadores es liberada en un chorro de agua nebulizada, ya que el deflector se encarga de pulverizarla. Tecnifuego, (2018)



*Figura 2. Funcionamiento rociadores automáticos. Fuente: Tecnifuego. (2018)*

### **3.2.4.3 VÁLVULA DE ALARMA.**

El sistema de tubería húmeda es el tipo más sencillo y común en instalaciones de rociadores de incendios, uno de sus componentes especiales es la válvula de alarma.

La válvula de alarma actúa como una válvula de retención e indica cuando se ha activado un rociador, mantiene el agua a presión por encima de la clapeta y evita el flujo en el sentido inverso desde las tuberías del sistema rociador. Genera una alarma siempre que se mantenga un flujo de agua, activando una alarma hidromecánica y/o presostato de alarma, generando así una alarma local incluso cuando se corta la energía. Neovis, (2018)

### **3.2.4.4 VÁLVULA DE CHEQUE.**

Cierra por completo el paso del fluido en circulación en un sentido y deja libre el sentido contrario. Se utiliza para evitar golpes de ariete en la línea de descarga de la bomba. En el caso del

sistema de extinción de incendios, se utiliza para identificar posibles fugas en el sistema o uso no autorizado del mismo. Ames Fire & Waterworks, (2014)

#### **3.2.4.5 VÁLVULA COMPUERTA.**

Es la válvula de abrir/cerrar más utilizada en los sistemas de incendio, permite un corte manual de activación del sistema hidráulico. TUVATEC, (2013)

#### **3.2.5 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.**

El diseño de un sistema de detección de incendios puede variar dependiendo de las funciones que se requiere desempeñe el sistema. Sin embargo, su función se resume en informar a los ocupantes de un edificio que deben realizar acción de evasión requeridas para escapar de los posibles riesgos causados por un incendio y poner los sistemas de control en marcha.

La detección de incendios puede dividirse en dos grandes categorías, la detección humana y la detección automática, la que se define como instalaciones fijas de detección de incendios que permiten la detección y la localización automática del incendio, así como la puesta en marcha automática de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección. Además, aún a pesar de las posibles falsas alarmas que pueda llegar a presentar, es mucho más viable que la sólo prevención y detección humana. Alloca, (2015)

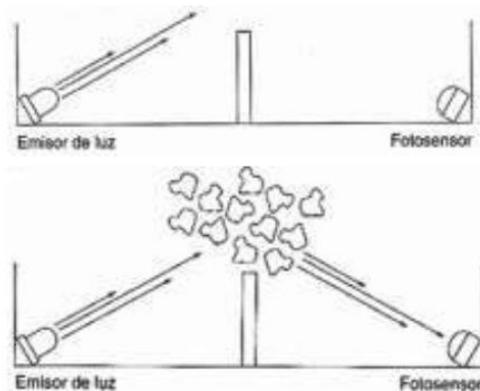
El principio de un sistema de detección de incendio consiste en un panel de control el cual se conecta a un número de líneas de detectores de incendio y estaciones manuales, así como a un determinado de circuitos de alarma.

### 3.2.5.1 DETECTORES IÓNICOS.

Estos detectores detectan partículas visibles e invisibles generadas por la combustión. Se basa en la disminución que experimenta el flujo de corriente eléctrica formada por las moléculas de  $O_2$  y  $N_2$  ionizadas por una fuente radioactiva entre dos electrodos, al penetrar los productos de combustión de un incendio.<sup>29</sup> Dichos detectores son eficientes en etapas incipientes de fuego, y funcionan a máximo 1600 msm. Por lo cual no son detectores de humo eficientes en la ciudad de Bogotá. Turmo, (1988)

### 3.2.5.2 DETECTORES FOTOELÉCTRICO.

Son también conocidos como detectores ópticos de humo. Funcionan con base al efecto óptico según el cual, el humo visible que penetra el aparato afecta al haz de rayos luminosos generado por una fuente de luz, de forma que varía la luz recibida en una célula fotoeléctrica, y se activa una alarma al llegar a cierto nivel. Systema sensor, (2004)



*Figura 3. Funcionamiento detector de humo fotoeléctrico. Fuente: Presentación alarmas inalámbricas. (2004)*

A través de dicho detector es recomendable evitar los cambios en las condiciones lumínicas ambientales que puedan afectar la sensibilidad del mismo. Tiende a ser el detector de humo con una mayor tendencia al error, pero suele tener la respuesta más rápida.

### **3.2.5.3 DETECTORES TÉRMICOS.**

Funcionan a partir de la medición de temperatura en un intervalo de tiempo reducido. Hay dos tipos básicos, de temperatura fija y termovelocímetro. Los primeros son los más antiguos y actúan cuando se alcanza una determinada temperatura. Los segundos miden la velocidad de crecimiento de la temperatura, se basan en fenómenos diversos como dilatación de una varilla metálica, comparan el calentamiento de una zona sin inercia térmica con otra zona del detector provista de una inercia térmica determinada. S&P, (2017)

Lo más importante que debe resaltarse de este tipo de detectores de humo, es que son los implementados en las zonas que cuentan con sistema de detección de incendios en la universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, y además son los exigidos por la norma sismo resistente colombiana

### **3.2.5.4 ESTACIÓN MANUAL.**

Es un dispositivo de contacto normalmente abierto y se activa cuando es accionado por una persona, ya sea halando una palanca o presionando un pulsador. Una vez accionado no puede volver a su posición original, mecanismo que busca evitar que sea desactivado accidental o intencionalmente. Villanueva, (1983)

Pueden clasificarse entre dos opciones: simple acción y doble acción. Las estaciones manuales de simple acción exigen a la persona realizar un único movimiento para activarla, siendo

generalmente halar una palanca el mecanismo utilizado. Las estaciones de doble acción necesitan de dos movimientos, como puede ser el empujar y luego halar de la palanca.

## CAPÍTULO 4.

### ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

Para identificar los requisitos con los cuales debe cumplir el plantel educativo en cuanto a la normativa de incendios, se realiza una matriz de análisis programada usando el lenguaje orientado a objetos Visual Basic en un marco de Excel, el cual indicará sí el sistema de incendios debe diseñarse con base al Acuerdo 20 de 1995 o la norma NSR-10 de 2010, es necesario identificar el grupo de ocupación para cada una de las edificaciones, verificando así las exigencias en cuanto a que sistemas requieren implementarse.

#### 4.1 GRUPO DE OCUPACIÓN

Como se menciona anteriormente, el grupo de ocupación es el encargado de indicar la clasificación de la edificación de acuerdo con su uso tanto para el Acuerdo 20 de 1995, la norma NSR-98 y la norma NSR-10, usualmente ubicado en el capítulo K e indicados en la Tabla 1. Es importante resaltar que toda edificación construida en Colombia debe ser clasificada según su ocupación principal o dominante.

*Tabla 1. Grupos y subgrupos de ocupación. Fuente: NSR-10. (2010)*

<b>Grupos y subgrupos de Ocupación.</b>	<b>Clasificación</b>
<b>A</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>
A-1	Riesgo moderado
A-2	Riesgo Bajo
<b>C</b>	<b>COMERCIAL</b>
C-1	Servicios
C-2	Bienes
<b>E</b>	<b>ESPECIALES</b>
<b>F</b>	<b>FABRIL E INDUSTRIAL</b>
F-1	Riesgo Moderado

F-2	Riesgo Bajo
<b>I</b>	<b>INSTITUCIONAL</b>
I-1	Reclusión
I-2	Salud o incapacidad
I-3	Educación
I-4	Seguridad pública
I-5	Servicio Público
<b>L</b>	<b>LUGARES DE REUNIÓN</b>
L-1	Deportivos
L-2	Culturales y teatros
L-3	Sociales y recreativos
L-4	Religiosos
<b>M</b>	<b>MIXTO Y OTROS</b>
<b>P</b>	<b>ALTA PELIGROSIDAD</b>
<b>R</b>	<b>RESIDENCIAL</b>
R-1	Unifamiliar y bifamiliar
R-2	Multifamiliar
R-3	Hoteles
<b>T</b>	<b>TEMPORAL</b>

La universidad de San Buenaventura podría clasificarse entonces en el grupo de ocupación **I (Institucional)** y específicamente en el subgrupo **I-3**, el cual hace referencia a las instituciones educativas. Sin embargo, el grupo de ocupación correspondiente al plantel universitario es el grupo **M (Mixto)** puesto que el plantel encaja con más de una categoría al contar con aulas de clase como con auditorios, parqueaderos, oficinas, laboratorios y demás.

En el caso del Acuerdo 20 de 1995, los grupos ocupacionales mixtos cuentan con sus propias exigencias para el sistema de detección y extinción de incendios, además este acuerdo se centra en los sistemas de extinción. Mientras que la norma NSR-10 indica que, de identificarse a las edificaciones en el grupo de ocupación en mixto, entonces deberá dividirse la edificación en los distintos grupos que pertenece y realizar el estudio sobre cada uno de los conjuntos por separado.

## **4.2 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN**

En el título K de la norma NSR-10 se identifican los diferentes espacios que componen cada uno de los subgrupos de ocupación para así lograr identificarlos según la norma colombiana sismo resistente con mayor facilidad, en pro de definir los parámetros arquitectónicos y de construcción para la seguridad y preservación de la vida de sus ocupantes. Es importante tener en cuenta que estos subgrupos de ocupación sólo serán utilizados en la aplicación de la NSR-10, y no son equivalentes a la clasificación de riesgos indicada por la norma NFPA 13.

### **4.2.1 SUBGRUPOS DE OCUPACIÓN EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM.**

- Auditorios. Ubicados en segundo, tercer y cuarto piso. **Subgrupo de ocupación L-2.**
- Oficinas. Componen todo el quinto piso del edificio. **Subgrupo de ocupación C-1.**
- Laboratorios y sala de computación. Ubicados en primer, segundo, tercer y cuarto piso. **Subgrupo de ocupación I-3.**
- Estudios de grabación. Ubicados en el primer piso. **Subgrupo de ocupación E.**
- Centros de Cableado. **Subgrupo de ocupación P.**

### **4.2.2 SUB GRUPOS DE OCUPACIÓN EDIFICIO DUNS SCOTO.**

- Aulas educativas. Ubicadas a lo largo del edificio. **Subgrupo de ocupación I-3.**
- Auditorios. Ubicados en los costados del edificio y en el sótano. **Subgrupo de ocupación L-2.**
- Oficinas. Ubicadas a lo largo de los pisos y en la totalidad del cuarto piso. **Subgrupo de ocupación C-1.**
- Centros de Cableado. **Subgrupo de ocupación P.**

### **4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA MATRIZ DE ANÁLISIS.**

Teniendo en cuenta los grupos y subgrupos de clasificación de las edificaciones, se establecen condiciones para definir si deben contar con sistemas de detección y/o extinción de incendios. Dichas condiciones se convertirán en los parámetros de diseño de la matriz de análisis con la cual se realizará el estudio de factibilidad para los edificios Duns Scoto y Guillermo de Ockham.

El primer parámetro de diseño de la matriz será entonces el año de construcción de la edificación. A partir de esta fecha se definirá con cuál de las normas debería cumplir el edificio actualmente. Si la edificación fue construida antes del año 2010, debería cumplir con el Acuerdo 20 de 1995, de lo contrario, si la edificación fue construida posterior al año 2010 la norma NSR-10 empieza a regir en su implementación de detección y extinción de incendios. Los demás parámetros variarán según la norma a analizar.

La matriz se encargará de informar si la edificación debe contar con detección en ductos, detectores automáticos, rociadores automáticos, tomas fijas de agua, mangueras, extintores y/o alarma de evacuación, teniendo en cuenta las condiciones establecidas para cada uno de los grupos de ocupación.

#### **4.3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DETECCIÓN DE INCENDIOS (ACUERDO 20 DE 1995)**

Los parámetros de diseño para la clasificación de requerimientos en la matriz de análisis en cuanto a los sistemas de detección de incendios según el Acuerdo 20 de 1995, es el siguiente:

*Deben instalarse detectores automáticos de incendio en las edificaciones de los subgrupos de uso residencial multifamiliar (R-2), residencial hoteles (R-3), comercial bienes y servicios (C-*

2), institucional de reclusión (I-1), institucional de salud o incapacidad (I-2), institucional de educación (I-3).<sup>2</sup>

#### **4.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO EXTINCIÓN DE INCENDIOS (ACUERDO 20 DE 1995)**

En cuanto a la definición en la matriz de análisis sobre sí las edificaciones deben contar con sistemas de extinción de incendios, los parámetros para tener en cuenta con base al Acuerdo 20 de 1995 y que aplican a los subgrupos de ocupación en los cuales se encuentra clasificada la Universidad de San Buenaventura son los siguientes:

- **Rociadores automáticos:** Edificaciones del grupo P (Alta Peligrosidad) y las edificaciones donde no se disponga de aberturas exteriores de por lo menos 1,8 m<sup>2</sup> por cada 15 m de fachada exterior. Las aberturas o ventanas deben tener una dimensión mínima de 55 cm y ser fácilmente accesibles por el cuerpo de bomberos.
- **Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:** Edificaciones de más de 6 pisos, edificaciones de 3 o más pisos con un área superior a 1000 m<sup>2</sup>, edificaciones de 3 o más pisos de los grupos ocupaciones C, L,F,P y subgrupos de ocupación R-2 y R-3 con área superior a 300 m<sup>2</sup> en alguno de sus pisos.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Acuerdo 20 de 1995. Capítulo D.7. Sistema de Detección y Extinción de Incendios. Sección D.7.6 Detectores Automáticos de Incendio. Artículo D.7.6.4.

<sup>3</sup> Acuerdo 20 de 1995. Capítulo D.7. Sistema de Detección y Extinción de Incendios. Sección D.7.4 Sistemas de Mangueras y Tomas Fijas de Agua. Artículo D.7.4.3.

### 4.3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DETECCIÓN DE INCENDIOS (NSR-10)

La norma NSR-10 en su título J, capítulo J.4, especifica cuales de los grupos de ocupación y sus subgrupos deben instalar equipos para la detección, alarma y extinción de incendios. Estas especificaciones se convertirán entonces en los parámetros de diseño en nuestra matriz de análisis.

Un parámetro general para todas las ocupaciones en cuanto a si la edificación debe contar con detección en ductos, indica que sí la edificación cuenta con aire acondicionado entonces deberá contar con un sistema de detección dentro de los ductos principales del sistema, los cuales se encargarán de desconectarlo automáticamente.

Los demás parámetros de diseño para la matriz están en la Tabla 2, indicando las condiciones a tener en cuenta para la instalación del sistema de detección, para los grupos de ocupación y subgrupos de ocupación en los cuales están clasificados el edificio Duns Scoto y Guillermo de Ockham.

*Tabla 2. Parámetros Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación. Fuente: NSR-10. (2010)*

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Condición</b>	<b>Tipo de detector</b>	<b>Ubicación</b>
R	R-2	Para edificios de más de 7 pisos.	Automáticos de humo y alarma sonora.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pasillos, escaleras y espacios comunes de circulación.</li><li>• Espacios residenciales para la cocina.</li><li>• Zonas de almacenamiento cuya superficie total sea mayor de 50 m<sup>2</sup>.</li></ul>
	R-3	Para edificios de más de 5 pisos.		

I	I-2	En cualquier caso.	Automáticos de humo y alarma sonora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, zonas de circulación y en las diferentes dependencias del hospital.</li> <li>En las zonas de hospitalización.</li> </ul>
C,I,A	C-1	Zonas de alto riesgo.	Térmicos y/o de humo y alarma sonora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendios y repartidos adecuadamente.</li> </ul>
	C-2			
	I-4			
	I-5			
	A-1			
	A-2			
I,L	I-3	Sí la superficie total construida es mayor a 5.000 m <sup>2</sup> o más de tres (3) pisos.	Térmicos y/o de humo y alarma sonora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se dispondrán pulsadores manuales en el interior de los locales de edificaciones clasificadas en las categorías de riesgo I y II.</li> <li>No será necesario la utilización de detectores térmicos o de humo cuando exista una instalación de rociadores automáticos de agua.</li> </ul>
	L-1			
	L-2			
	L-3			
	L-4			
	L-5			

#### 4.3.4 PARÁMETROS DE DISEÑO EXTINCIÓN DE INCENDIOS (NSR-10)

En cuanto a los parámetros de diseño para identificar si la edificación debe contar con un sistema de extinción de incendios, se dividen las condiciones entre: rociadores automáticos,

extintores portátiles de fuego y tomas fijas de agua y mangueras para la extinción de incendios. Las siguientes son las condiciones indicadas en el capítulo J, numeral J.4.3 de la norma NSR-10, aquí sólo se mencionarán las referentes a los subgrupos de ocupación en los cuales clasifican los edificios Duns Scoto y Guillermo de Ockham.

#### **4.3.4.1 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN C-1**

- ***Rociadores automáticos:*** En la totalidad de edificios con más de seis pisos o 18 m de altura, lo que sea mayor.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** Todas las edificaciones pertenecientes al subgrupo de ocupación C (Comercial) deben contar con ellas.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones C (Comercial) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego.

#### **4.3.4.2 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN I-3**

- ***Rociadores automáticos:*** En la totalidad de edificios con un área total de construcción de 2000 m<sup>2</sup> o mayor, edificios con más de cuatro pisos o 12 m de altura, con uno o más pisos bajo nivel del suelo.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** En edificios de más de tres pisos o 9 m de altura, edificios con un piso bajo nivel de la calle, edificios donde la distancia a cualquier punto de acceso para el Cuerpo de Bomberos sea mayor a 30 m.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones I (Institucional) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego.

#### 4.3.4.3 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN L-2

- ***Rociadores automáticos:*** En la totalidad de edificios con una carga ocupacional mayor a 300 personas, en todos los escenarios y áreas anexas, todas las instalaciones interiores en edificios con ocupación para diversión y juegos de niños y adultos.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** En edificios de más de cuatro pisos o 12 m de altura, edificios con un piso bajo nivel de la calle, edificios no protegidos con rociadores donde la distancia a cualquier punto de acceso para el Cuerpo de Bomberos sea mayor a 30 m.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones L (Lugares de Reunión) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego a excepción de áreas de tribuna y graderías, canchas deportivas de espectáculos y de entretenimiento, lugares de reunión abiertos.

#### 4.3.4 SUBGRUPO DE OCUPACIÓN L-3

- ***Rociadores automáticos:*** En la totalidad de edificios con una carga ocupacional mayor a 300 personas, en todos los escenarios y áreas anexas, todas las instalaciones interiores en edificios con ocupación para diversión y juegos de niños y adultos, en todos los lugares de reunión sociales y recreativos.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** En edificios de más de cuatro pisos o 12 m de altura, edificios con un piso bajo nivel de la calle, edificios no protegidos con rociadores donde la distancia a cualquier punto de acceso para el Cuerpo de Bomberos sea mayor a 30 m.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones L (Lugares de Reunión) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego a excepción de áreas de tribuna y

graderías, canchas deportivas de espectáculos y de entretenimiento, lugares de reunión abiertos.

#### **4.3.5 GRUPO DE OCUPACIÓN M**

- ***Rociadores automáticos:*** Todas las edificaciones pertenecientes al subgrupo de ocupación M (Mixto y otros) deben contar con ellos.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** Todas las edificaciones pertenecientes al subgrupo de ocupación M (Mixto y otros) deben contar con ellas.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones M (Mixto y otros) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego.

#### **4.3.6 GRUPO DE OCUPACIÓN P**

- ***Rociadores automáticos:*** Todas las edificaciones pertenecientes al subgrupo de ocupación P (Alta Peligrosidad) deben contar con ellos.
- ***Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios:*** Todas las edificaciones pertenecientes al subgrupo de ocupación P (Alta Peligrosidad) deben contar con ellas.
- ***Extintores de fuego portátiles:*** Todas las edificaciones P (Alta Peligrosidad) deben estar protegidas con un sistema de extintores portátiles de fuego.

#### **4.4 APLICACIÓN MATRIZ DE ANÁLISIS**

Se crea un archivo de Excel, vinculado con un marco de programación Visual Basic al cual el usuario podrá ingresar por medio de un botón dispuesto en la parte superior de la hoja de cálculo; allí encontrará una serie de columnas donde se consignarán los resultados de la matriz y se realizará

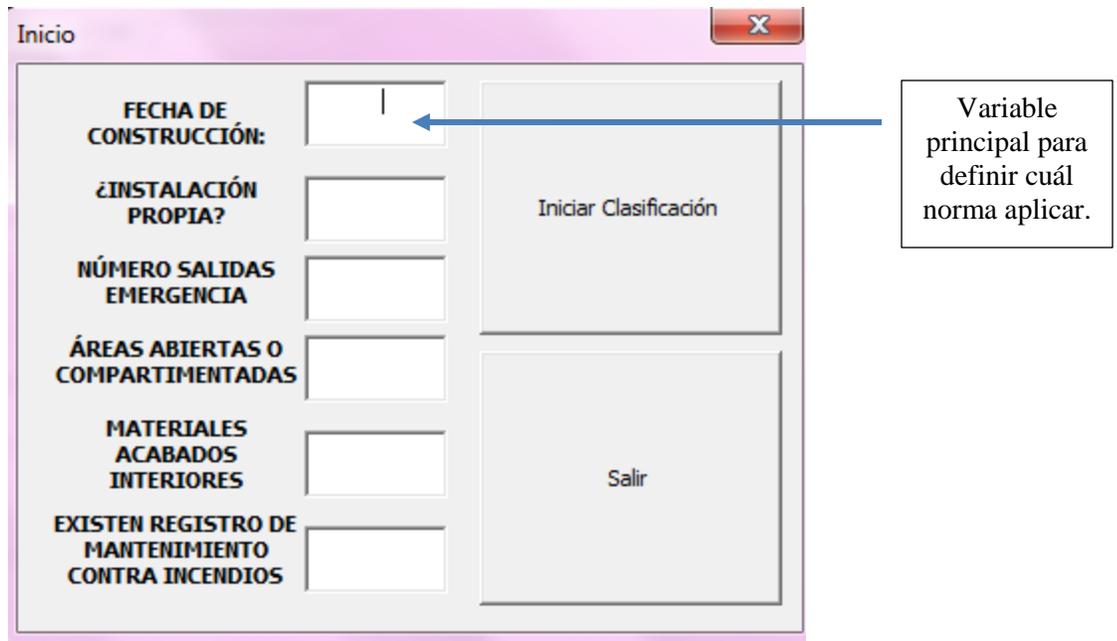
el paralelo entre los elementos de detección y extinción con los cuales debe contar el edificio versus los elementos con los cuales cuenta actualmente.



**Figura 4. Página inicial del documento del estudio de factibilidad. Fuente: Autor. (2018)**

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño, se crea un marco Visual Basic en Excel a partir del cual, por medio de operaciones lógicas, se programan los parámetros de diseño que definirán los sistemas con los cuales deberán contar las edificaciones.

Primero se insertó un botón de inicio en la hoja de cálculo de Excel el cual activará el primer formulario, a partir del cual se realizará el filtro sobre la norma regente para cada uno de ellos según su normativa de construcción. Dicho filtro se realiza a partir de la variable principal **FECHA DE CONSTRUCCIÓN**, sí el edificio fue construido posterior al año 2010 entonces actualmente debería estar cumpliendo con los parámetros dispuestos en la NSR-10, de lo contrario el sistema de detección de incendios y extinción debería corresponder con los parámetros descritos en el Acuerdo 20 de 1995. El funcionamiento de su programación puede verse reflejado en el diagrama de flujo, anexo 1.



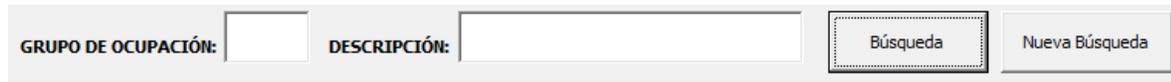
*Figura 5. Página Inicial Matriz de análisis de incendios. Fuente: Autor. (2018)*

La Figura 5 hace referencia al menú inicial que se desplegará al usuario, donde además se encuentra una información adicional a completar, la cual, a pesar de no influir en los parámetros de elección, es necesaria para clasificar el nivel de riesgo de la edificación según los parámetros de la norma NFPA 13. (**Ver capítulo 5**) y para el diseño posterior de los sistemas de detección y extinción de incendios, por lo cual se cree competente recolectar toda la información posible al tiempo de realizar la clasificación.

Sin embargo, no es necesario que el usuario complete todos los campos para proseguir con la clasificación, la única variable obligatoria para ello es **FECHA DE CONSTRUCCIÓN**, cuya importancia se mencionó con anterioridad.

Tanto las ventanas de clasificación para el Acuerdo 20 de 1995 o la NSR-10 cuentan con el mismo encabezado. Allí se ubicará el grupo ocupacional de la edificación a clasificar, al igual que una pequeña descripción sobre la misma, estarán acompañados de dos botones, Búsqueda y Nueva Búsqueda. El botón Búsqueda sólo podrá utilizarse una vez, después de ser activado, el botón se

bloqueará y será necesario generar una nueva búsqueda para volver a activarlo, el funcionamiento se planteó de dicha manera para así evitar que los datos ingresados puedan ser alterados y asegurar la eficacia de la clasificación de la matriz de análisis.

The image shows a header section for a classification window. It consists of a light gray horizontal bar. On the left, there are two text labels: "GRUPO DE OCUPACIÓN:" followed by a small white input box, and "DESCRIPCIÓN:" followed by a larger white input box. To the right of these boxes are two buttons: "Búsqueda" and "Nueva Búsqueda". Both buttons have a gray background and a thin black border.

*Figura 6. Encabezado Ventanas de Clasificación. Fuente: Autor. (2018)*

De igual forma, en el costado derecho de ambas ventanas se ubica una sección de observaciones donde se explican las condiciones para ingresar los datos en los campos, las cuales son:

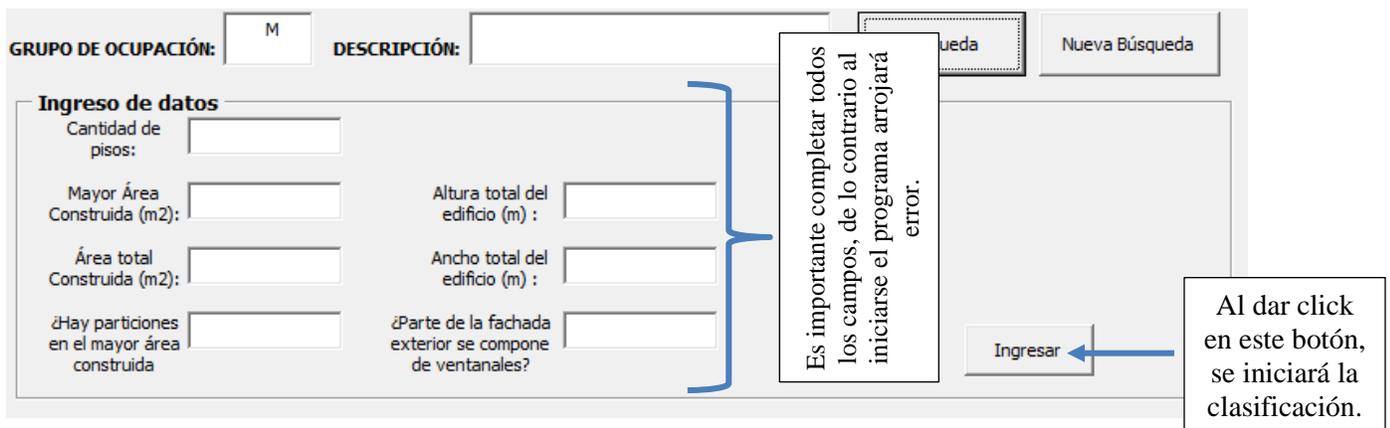
- Toda la información deberá ingresarse en letras mayúsculas.
- La ocupación por buscar debe escribirse separada por un guion.

Además, en la parte inferior encontrará un campo llamado **SEDE**, pensado a futuro en caso de alguna expansión de la Universidad San Buenaventura en Bogotá, así como por sí posteriormente dicha matriz de análisis llegase a ser trabajada en conjunto con las demás sedes del plantel universitario. Justo después, se hallará el botón **ENVIAR A EXCEL**, este botón también podrá ser utilizado una sola vez, posteriormente se bloqueará, asegurando así la veracidad de la información consignada en la hoja de cálculo. Finalmente se hallará el botón **SALIR**, el cual puede ser utilizado en cualquier momento.



**Figura 7. Sección Sede. Ventana Clasificación. Fuente: Autor. (2018)**

En cuanto al funcionamiento de la clasificación dependiendo de la normativa, se habilitarán los campos correspondientes a las variables para tener en cuenta el análisis de los sistemas con los que debe contar la edificación. Sin embargo, la aparición de dichos campos dependerá de los variables a evaluarse por cada uno de los grupos de ocupación y los parámetros de diseño anteriormente mencionados. Ver figura 8.



**Figura 8. Ingreso de datos según grupo de ocupación para realizar el estudio. Fuente: Autor. (2018)**

Después de ingresar los datos correspondientes, la matriz de análisis arrojará los resultados de cada uno de los sistemas, indicando sí son requisito o no junto a las observaciones pertinentes. Como puede observarse en el ejemplo de la Figura 9.

Detección & Alarmas			
Detectores de Humo:	<input type="text" value="NO"/>	Alarma:	<input type="text" value="SI"/>
Observación:	<input type="text" value=" Toda edificación debe estar provista de alarmas y sistema de aviso que faciliten la evacuación ordenada de los ocupantes."/>		
Extinción			
Rociadores:	<input type="text" value="SI"/>	<input type="text" value=" Deben diseñarse e instalarse de acuerdo con los requisitos en la norma ICONTEC 'Código para el suministro de distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. Sistema de regaderas'"/>	
Tomas Fijas de Agua:	<input type="text" value="NO"/>		
Extintores:	<input type="text" value="SI"/>		

**Figura 9. Resultado de la matriz de clasificación. Ejemplo. Fuente: Autor. (2018)**

Dicha matriz de análisis se aplicará entonces a los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scoto para identificar si actualmente la Universidad de San Buenaventura cumple con los requisitos de incendios especificados por la norma vigente en su año de construcción, de lo contrario crear entonces un plan de acción. En los anexos 2 al 6 se encontrarán los diagramas de flujo para cada una de las clasificaciones ocupacionales aplicables a las edificaciones.

#### **4.4.1 APLICACIÓN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD GUILLERMO DE OCKHAM.**

Se procede entonces a aplicar el estudio de factibilidad para el edificio Guillermo de Ockham, el cual fue construido entre los años 2007 al 2009, por ende, la matriz de análisis le juzgará según los requisitos especificados en la norma Acuerdo 20 de 1995. Se recuerda que el grupo de ocupación correspondiente para este edificio es el Mixto (M).

Para realizar el estudio de factibilidad, se tienen en cuenta los datos consignados a continuación:

Acuerdo 20 de 1995

GRUPO DE OCUPACIÓN:  DESCRIPCIÓN:

**Ingreso de datos**

Cantidad de pisos:

Mayor Área Construida (m2):  Altura total del edificio (m):

Área total Construida (m2):  Ancho total del edificio (m):

¿Hay particiones en el mayor área construida?  ¿Parte de la fachada exterior se compone de ventanales?

**Detección & Alarmas**

Detectores de Humo:  Alarma:

Observación:

**Extinción**

Rociadores:

Tomas Fijas de Agua:

Extintores:

**Acuerdo 20 1995**

**OBSERVACIONES**

1. Todos los datos a ingresar deben escribirse en Mayúscula.
2. La ocupación a buscar debe escribirse separada por un guión.

**SEDE**

**Figura 10. Aplicación matriz de análisis para edificio Guillermo de Ockham. Fuente: Autor. (2018)**

Los resultados indican entonces que según la normativa sismo resistente, en el período de construcción del edificio este no debía cumplir ni con un sistema de detección de incendio, ni con un sistema de toma fija de agua o rociadores automáticos, sin embargo, si debía contar con un sistema de extintores.

Actualmente, el edificio Guillermo de Ockham cuenta con un sistema de detección de incendios, aplicado según los parámetros de la normativa NFPA-13.

#### **4.4.2 APLICACIÓN MATRIZ DE ANÁLISIS DUNS SCOTO.**

Igualmente se realiza el mismo proceso con el edificio Duns Scoto, construido en el año 2002. Los requerimientos con los cuales debería cumplir estarán regidos bajo los requisitos del Acuerdo 20 de 1995, su grupo de ocupación corresponde al grupo Mixto. (M)

Para aplicar la matriz de análisis, se tendrán en cuenta los siguientes datos:

Acuerdo 20 de 1995

GRUPO DE OCUPACIÓN:  DESCRIPCIÓN:

**Ingreso de datos**

Cantidad de pisos:  Área de la ventana (m2):

Mayor Área Construida (m2):  Altura total del edificio (m):  ¿Cuántas ventanas hay en la fachada exterior?:

Área total Construida (m2):  Ancho total del edificio (m):

¿Hay particiones en el mayor área construida?  ¿Parte de la fachada exterior se compone de ventanales?

**Detección & Alarmas**

Detectores de Humo:  Alarma:

Observación:

**Extinción**

Rociadores:

Tomas Fijas de Agua:

Extintores:

**Acuerdo 20 1995**

**OBSERVACIONES**

1. Todos los datos a ingresar deben escribirse en Mayúscula.
2. La ocupación a buscar debe escribirse separada por un guión.

**SEDE**

**Figura 11. Aplicación matriz de análisis para el edificio Duns Scoto. Fuente: Autor. (2018)**

Indicando entonces que la edificación no debe cumplir con un sistema de detección de incendios, pero si con un sistema de extinción diseñado bajo los parámetros de la norma NTC2301.

## CAPÍTULO 5.

### PARÁMETROS ÁREAS A PROTEGER

Por su parte la norma NFPA 13 provee un medio conveniente de categorización de las cargas de combustible y la severidad del fuego asociado con ciertas operaciones en la edificación. Siendo la primera gran parte del diseño identificar a qué tipo de riesgo pertenece la edificación.

Es importante resaltar que tipo de Riesgo, no es lo mismo al grupo ocupacional dado por la NSR-98 y NSR-10. El grupo ocupacional equivale a la identificación según la normativa colombiana sismo resistente para identificar con cuales sistemas debe contar el edificio, mientras los niveles de riesgo planteados según la NFPA 13, dan las indicaciones de diseño propiamente para el sistema de extinción de incendios y su instalación.

- **RIESGO LIGERO:** Son las ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.
- **RIESGO ORDINARIO, GRUPO 1:** Son las ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada y se esperan incendios con índice de liberación de calor moderado.
- **RIESGO ORDINARIO, GRUPO 2:** Son las ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son de moderada a alta.
- **RIESGO EXTRA, GRUPO 1:** Son las ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es muy alta y están presentes polvos, pelusas u otros materiales similares, la probabilidad de desarrollar rápidamente incendios con alto índice de liberación de calor, pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible.

- **RIESGO EXTRA, GRUPO 2:** Son las ocupaciones con cantidades moderadas a considerables de líquidos inflamables o combustibles donde se resguarden cantidades extensas de combustibles.

A continuación, se definen las áreas a proteger, identificándolas según el tipo de riesgo estipulado por NFPA-13 al cual pertenecen.

### 5.1. ÁREAS A PROTEGER SEGÚN RIESGOS GUILLERMO DE OCKHAM.

Se delimitan entonces los valores de las áreas a proteger en el edificio Guillermo de Ockham en caso de algún incendio, indicando su clasificación de riesgo según los parámetros de la NFPA 13.

*Tabla 3. Zonas a proteger. Primer Piso. Fuente: Autor. (2018)*

<b>PRIMER PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Sala de red.	155,618 m <sup>2</sup>	Ligero
Estación trabajo profesores.	24,635 m <sup>2</sup>	Ligero
Tutoría.	89,910 m <sup>2</sup>	Ligero
Cuarto de Cableado.	5,687 m <sup>2</sup>	Ligero
Deposito.	6,594 m <sup>2</sup>	Ligero
Cocineta.	8,540 m <sup>2</sup>	Ligero
Sala A.	36,159 m <sup>2</sup>	Ligero
Control A.	37.6 m <sup>2</sup>	Ligero
Sala B.	41,182 m <sup>2</sup>	Ligero
Control B.	49,603 m <sup>2</sup>	Ligero
Sala C.	27,933 m <sup>2</sup>	Ligero

Control C.	36,504 m <sup>2</sup>	Ligero
------------	-----------------------	--------

**Tabla 4. Zonas a proteger. Segundo Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>SEGUNDO PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Idiomas.	45,9 m <sup>2</sup>	Ligero
Informática III.	43,08 m <sup>2</sup>	Ligero
Informática II.	34,53 m <sup>2</sup>	Ligero
Informática I.	34,77 m <sup>2</sup>	Ligero
Laboratorio Psicología.	116,466 m <sup>2</sup>	Ligero
Cuarto Cableado.	11,388 m <sup>2</sup>	Ligero
Deposito.	7,836 m <sup>2</sup>	Ligero
Post Producción.	51,12 m <sup>2</sup>	Ligero
Acústica.	51,43 m <sup>2</sup>	Ligero
Oficina.	15,48 m <sup>2</sup>	Ligero
Pre-Producción.	87,71 m <sup>2</sup>	Ligero
Sonido en vivo.	65,97 m <sup>2</sup>	Ligero

**Tabla 5. Zonas a proteger. Tercer Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>TERCER PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Programación.	43,08 m <sup>2</sup>	Ligero
Análisis de datos.	43,08 m <sup>2</sup>	Ligero

Diseño Asistido.	53,75 m <sup>2</sup>	Ligero
Algoritmos.	54,14 m <sup>2</sup>	Ligero
Matemáticas.	54,14 m <sup>2</sup>	Ligero
Diseño Web.	54,14 m <sup>2</sup>	Ligero
Redes.	70 m <sup>2</sup>	Ligero
Oficina.	15,31 m <sup>2</sup>	Ligero
Simulación Computacional.	51,44 m <sup>2</sup>	Ligero
Auditorio.	126,092 m <sup>2</sup>	Ligero
Centro de Cableado.	11,388 m <sup>2</sup>	Ligero

**Tabla 6. Zonas a proteger. Cuarto Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>CUARTO PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Física I.	43,06 m <sup>2</sup>	Ligero
Física II.	43,08 m <sup>2</sup>	Ligero
Comunicaciones.	54,14 m <sup>2</sup>	Ligero
Electrónica III.	34,53 m <sup>2</sup>	Ligero
Electrónica I.	34,53 m <sup>2</sup>	Ligero
Análisis Electrónica.	34,53 m <sup>2</sup>	Ligero
Electrónica II.	54,14 m <sup>2</sup>	Ligero
Coordinación.	65 m <sup>2</sup>	Ligero
Automatización.	69,31 m <sup>2</sup>	Ligero
Auditorio.	126,092 m <sup>2</sup>	Ligero

Centro de Cableado.	11,388 m <sup>2</sup>	Ligero
---------------------	-----------------------	--------

## 5.2. ÁREAS A PROTEGER SEGÚN RIESGOS DUNS SCOTO.

Se delimitan entonces los valores de las áreas a proteger en el edificio Duns Scoto en caso de algún incendio, indicando su clasificación de riesgo según los parámetros de la NFPA 13.

*Tabla 7. Zonas a proteger. Primer Piso. Fuente: Autor. (2018)*

<b>PRIMER PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Auditorio Fray Juan de Jesús Anaya.	104,591 m <sup>2</sup>	Ligero
Auditorio Fray Dario Correa.	158,985 m <sup>2</sup>	Ligero
Centro de Cableado.	35,746 m <sup>2</sup>	Ligero
Audiovisuales.	15,2981 m <sup>2</sup>	Ligero

*Tabla 8. Zonas a proteger. Segundo Piso. Fuente: Autor. (2018)*

<b>SEGUNDO PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Oficinas Bienestar	55,237 m <sup>2</sup>	Ligero
Salones de dibujo.	55,237 m <sup>2</sup>	Ligero
Papelería.	10,008 m <sup>2</sup>	Ligero
Préstamos.	11,064 m <sup>2</sup>	Ligero

**Tabla 9. Zonas a proteger. Tercer Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>TERCER PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Salones 313 -	38,5254 m <sup>2</sup>	Ligero
Salones del 301 al 310. (Pares)	23,004 m <sup>2</sup>	Ligero
Salones del 301 al 310. (Impares)	39,596 m <sup>2</sup>	Ligero
Oficinas	19,125 m <sup>2</sup>	Ligero
Auditorio	139,399 m <sup>2</sup>	Ligero

**Tabla 10. Zonas a proteger. Cuarto Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>CUARTO PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Auditorio Fray Carlos Delgado.	139,399 m <sup>2</sup>	Ligero
Salones	37,1924 m <sup>2</sup>	Ligero
Facultad Ciencias Políticas y Jurídicas.	58,7121 m <sup>2</sup>	Ligero
Aula Docentes.	25,702 m <sup>2</sup>	Ligero
Centro Cableado.	6,715 m <sup>2</sup>	Ligero
Aulas 401 al 410 (Pares).	38,998 m <sup>2</sup>	Ligero
Aulas 401 al 410 (Impares).	21,768 m <sup>2</sup>	Ligero
Audiovisuales.	34,704 m <sup>2</sup>	Ligero
Oficinas.	21, 479 m <sup>2</sup>	Ligero

**Tabla 11. Zonas a proteger. Quinto Piso. Fuente: Autor. (2018)**

<b>QUINTO PISO</b>		
<b>ZONA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>RIESGO</b>
Oficinas Planeación.	23,978 m <sup>2</sup>	Ligero
Archivo.	4,2812 m <sup>2</sup>	Ligero
Sala de Juntas.	35,999 m <sup>2</sup>	Ligero
Oficinas.	17,979 m <sup>2</sup>	Ligero
Investigaciones.	77,063 m <sup>2</sup>	Ligero
Relaciones Interinstitucionales.	18,139 m <sup>2</sup>	Ligero
Centro de Cableado.	6,624 m <sup>2</sup>	Ligero
Salones Postgrado.	13,287 m <sup>2</sup>	Ligero
Auditorio Fray José María Pérez.	135,705 m <sup>2</sup>	Ligero
Dirección.	22,543 m <sup>2</sup>	Ligero

## CAPÍTULO 6.

### SISTEMA DE EXTINCIÓN PARA EL EDIFICIO DUNS SCOTO.

Con base a los resultados obtenidos a partir de la matriz de factibilidad aplicada al edificio Duns Scoto, fue posible identificar los elementos con los cuales en el momento de construcción debía cumplir, dichos requerimientos especificados en la normativa del Acuerdo 20 de 1995 y la NSR-98 para la aplicación de sistemas de detección y extinción de incendios. A partir de ellos fue posible identificar, que, aunque la edificación no tiene la obligación de contar con un sistema de detección automático de incendios, si la tiene con respecto a la implementación de un sistema de rociadores automáticos, de los cuales carece, por ende, se procede a crear el diseño teniendo en cuenta los parámetros mencionados con anterioridad en el Capítulo 4.

Dado que ya se tienen las áreas que componen al edificio, se selecciona la mayor área de ocupación para realizar los cálculos hidráulicos del sistema, ya que será el punto donde mayor demanda de agua exigirá<sup>4</sup> (**Ver Tabla 14**), siendo este el criterio principal de la norma para plantear método de diseño.

Para esta ocasión se utilizarán rociadores de tipo Respuesta Rápida como es recomendado en la norma NFPA 13.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> NFPA 13. Capítulo 5. Instalación de Sistemas de Rociadores. 5-2. Métodos de Control de Incendios según el Riesgo de ocupación. Artículo 5.1.2 2016.

<sup>5</sup> NFPA 13. Capítulo 5. Instalación de Sistemas de Rociadores. 5-3.5\*. Rociadores de Supresión Temprana y Respuesta Rápida (ESFR).

## 6.1 PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Teniendo en cuenta los parámetros de la NFPA 13 y la NTC2301, se define el uso de una K nominal de 5,6 para edificios riesgo leve como lo es el edificio Duns Scoto, con lo cual se definen los diámetros de tuberías de diseño para cierta cantidad de rociadores.

*Tabla 12. Tuberías para riesgo leve. Fuente: National Fire Protection Association. (2016)*

<b>Diámetro de Tubería</b>	<b>Cantidad de rociadores.</b>
1 pulg.	2
1 ¼ pulg.	3
1 ½ pulg.	5
2 pulg.	10
2 ½ pulg.	30
3 pulg.	60

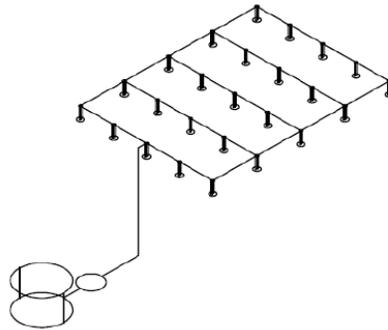
## 6.2 CONFIGURACIONES DE ROCIADORES.

Existen diferentes configuraciones para la aplicación de sistemas de rociadores automáticos contra incendios, por lo cual se procede a analizar las más comunes de ellas y definir cuál de ellas sería la óptima para este diseño.

### 6.2.1 CONFIGURACIÓN TIPO MALLA.

Esta configuración requiere gran cantidad de accesorios para su funcionamiento, significando más material y un diseño hidráulico más crítico, puesto que se tendría una enorme cantidad de incógnitas con respecto al flujo de agua variable por cada tramo que componen cada una de las

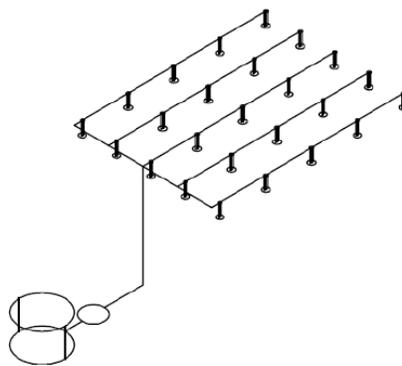
mallas. Para esta configuración es necesario crear un plan de mantenimiento más exhaustivo por la enorme posibilidad de tener aire atrapado en la tubería, además, de aumentar la cantidad de repuestos necesarios.



*Figura 12. Configuración tipo malla. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)*

### **6.2.2 CONFIGURACIÓN TIPO ÁRBOL CON RAMALES LATERALES.**

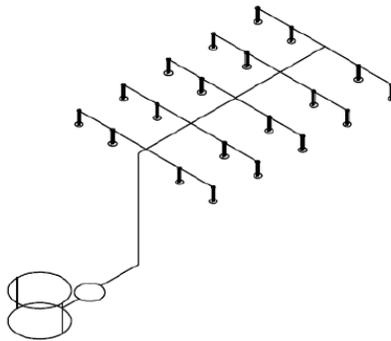
Dicha configuración requiere caudales mayores en los primeros tramos de los rociadores, lo cual causa un desbalance hidráulico por ramal. La longitud más larga de dicho ramal debe ser sujeta del techo con sujetadores antisísmicos lo cual implica una mayor cantidad de accesorios, sin embargo, minimiza la cantidad de aire atrapado en la tubería.



*Figura 13. Configuración tipo árbol con ramales laterales. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)*

### 6.2.3 CONFIGURACIÓN TIPO ÁRBOL CON RAMALES CENTRADOS.

Es una configuración compacta y de todas es la que menos accesorios requiere para lograr llegar hasta los rociadores extremos. Minimiza la cantidad de aire atrapado entre el sistema. Es por ello que esta configuración es la seleccionada para aplicarse en el diseño del presente sistema de rociadores automáticos para el edificio Duns Scoto de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá.



*Figura 14. Configuración tipo árbol con ramales centrados. Fuente: Universidad Santo Tomás. (2016)*

### 6.3 RUTA CRÍTICA HIDRÁULICAMENTE.

Para poder implementar los cálculos hidráulicos es necesario identificar el punto crítico, el cual según normativa corresponde al rociador más lejano y el que mayor presión requiera, por lo cual se selecciona la zona con el rociador que se encuentre más alejado del tanque de almacenamiento. A partir del cual se determina el área de diseño.

Dicha área de diseño podrá identificarse en los planos de sistema ubicados en los Anexos 7 al 12, por una margen azul, dentro de la cual se enumerarán los rociadores, indicando así la ruta crítica hidráulicamente de cada uno de los pisos.

## 6.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

A continuación, se determinará la presión y caudal hidráulico para cada uno de los pisos del edificio Duns Scotto, como es requerido por la norma NFPA 13 Y NTC 2301. Posteriormente, se hace selección de la bomba contra incendios para dicho suministro de agua.

Es importante recalcar que para este diseño es necesario utilizar las unidades del sistema UCS (United States Customary System Units), puesto que la normativa NFPA 13 las establece como unidades de prioridad.

Para iniciar con el diseño del sistema de extinción es necesario tener en cuenta la clasificación de riesgo según la NFPA 13. El edificio Duns Scotto se encuentra categorizado entonces como un riesgo ligero (**Ver Capítulo 5**). Las áreas no sobrepasan los 150 m<sup>2</sup>, por lo cual se decide realizar el diseño por el método densidad vs área de diseño.

## 6.5 DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS.

Para iniciar con el diseño hidráulico del sistema de extinción, es necesario realizar la distribución de los rociadores teniendo en cuenta el área de cobertura máxima por piso, dependiendo de la clasificación de riesgos, así como lo especifica la NFPA 13. Visibles en la Tabla 13. El área de cobertura corresponde entonces al área sobre la cual se asume el rociador trabajará, para propósitos de cálculo.

*Tabla 13. Área de cobertura máxima para rociadores estándar. Fuente: Estándar for the Installation of Sprinkler Systems. NFPA 13. (2013)*

<b>Clase de Riesgo</b>	<b>Área de Cobertura Máxima.</b>
Ligero	225 pie <sup>2</sup> (20,9 m <sup>2</sup> )
Ordinario	130 pie <sup>2</sup> (12,1 m <sup>2</sup> )
Extra	130 pie <sup>2</sup> (12,1 m <sup>2</sup> )
	100 pie <sup>2</sup> (9,3 m <sup>2</sup> )

Dicha área de cobertura por rociador se determina entre la separación de los rociadores tanto en el sentido de los ramales, así como por la separación perpendicular entre ellos, en caso del último rociador del ramal se utiliza el valor máximo posible de cobertura, pues es el punto crítico.

La normativa NFPA-13 y NTC 2301 otorga también los requerimientos para las separaciones máximas y mínimas que pueden existir entre rociadores y entre ellos y las paredes. La separación máxima entre rociadores equivale a 15 pies (4,57 m) para todas las clasificaciones de riesgo, a excepción de riesgo Extra. La separación mínima entre rociadores equivale entonces a 6 pies (1,83 m). En cuanto a su separación con las paredes, el valor máximo corresponde a 7,5 pies (2,28 m) y la separación mínima corresponde a 4 pulg (10 cm).

Luego de ser ubicados los elementos, se procede a numerar la ruta crítica, para ello se inicia enumerando desde el punto crítico hacia el tanque de almacenamiento, considerando el punto crítico como el nodo número 1, siguiendo la numeración a medida que se avanza en el recorrido, incluyendo las derivaciones de los ramales, pues se tiene en cuenta el gasto del caudal.

Para el edificio Duns Scotto, la red de extinción trazada se encuentra en los planos anexos del 7 al 11, sobresaltada por color azul. Donde se identifican la ruta crítica seleccionada, se ubican los rociadores por piso, las longitudes entre cada uno de ellos y se evidencia su conexión tipo árbol con ramales centrados.

## 6.6 DENSIDAD Y ÁREA DE OPERACIÓN.

Posteriormente se procede a seleccionar la posible área de incendio, a partir de la cual, se determina el número de rociadores a ser activados en caso de un siniestro, para ello es necesario utilizar la tabla de Densidad vs Área de operación, otorgada por la norma. A partir de la relación del riesgo de la clasificación con el área de protección será posible determinar la densidad de operación por rociador necesaria.



*Figura 15. Densidad vs Área de operación. Fuente: NFPA 13. (2013)*

Puesto que las áreas de cobertura no son superiores a 1600 m<sup>2</sup>, la NFPA 13 indica que debe utilizarse un valor de densidad de operación correspondiente a 0,1 gpm/ft<sup>2</sup>.

La cantidad de rociadores a activarse en caso de incendio, corresponden al resultado del cociente del área de cobertura sobre el área de cobertura del rociador.

$$\# \text{ rociadores activarse} = \frac{\text{Área de cobertura}}{\text{Área de cobertura del rociador}} \quad (1)$$

Dicha información puede visualizarse en la Tabla 14, en la cual se especifica la clasificación de riesgo, el área de cobertura y el número mínimo de rociadores a activarse por piso en el edificio Duns Scoto.

**Tabla 14. Número de rociadores por área de cobertura. Fuente: Autor. (2018)**

<b>Piso</b>	<b>Clasificación Riesgo.</b>	<b>Área de cobertura.</b>	<b>Número rociadores.</b>
1	Ligero.	158,985 m <sup>2</sup>	8
2	Ligero.	55,237 m <sup>2</sup>	3
3	Ligero.	139,399 m <sup>2</sup>	7
4	Ligero.	139,399 m <sup>2</sup>	7
5	Ligero.	135,705 m <sup>2</sup>	7

## 6.7 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

Para definir los caudales y las presiones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de protección contra incendios, se procede a presentar el procedimiento de desarrollo para los cálculos hidráulicos.

Primero se escoge el material para la tubería de incendios, el cual corresponderá a Acero SH40 pues es el material más utilizado en tuberías para extinción de incendios, en sistemas secos el valor C equivaldrá 100 y en sistemas húmedos a 120.

Se determina el caudal del rociador hidráulicamente más remoto, a partir de la densidad de operación y el área de cobertura máxima. Ecuación 2.

$$Q = \rho \times A \quad (2)$$

Donde:

$Q$  = Caudal. (gpm)

$\rho$  = Densidad de operación. (gpm/ft<sup>2</sup>)

$A$  = Área de cobertura del rociador ( $\text{ft}^2$ )

A partir del despeje de la ecuación 3, es posible hallar entonces el valor de la presión del rociador.

$$k = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (3)$$

Donde:

$Q$  = Caudal. (gpm)

$k$  = Factor de descarga del rociador ( $\text{gpm}/\text{psi}^{0.5}$ )

$P$  = Presión del rociador (psi)

Conociendo estos datos, se repite entonces el proceso en el siguiente punto hidráulico, hasta completar la totalidad de rociadores por ramal, en cada uno de estos puntos, es necesario considerar las pérdidas por fricción. Para el caso de un sistema de extinción contra incendios, dichas pérdidas corresponderán a: pérdidas por longitud de tubería, pérdidas en los accesorios y a pérdidas por diferencia de alturas.

Para hallar las pérdidas por longitud de tubería, la norma NFPA 13 indica que es necesario utilizar la ecuación de Hazen-Williams (Ecuación 4), la cual relaciona el tipo de tubería, el flujo de la tubería y el diámetro del tubo.

$$H_L = \frac{4.52 (Q^{1.85})}{(C^{1.85})(d^{4.87})} \quad (4)$$

Donde:

$H_L$  = Pérdidas por fricción, por longitud de tubería. (psi/ft)

$Q$  = Flujo (gpm)

$C$  = Coeficiente de fricción de Hazen-Williams.

$d$  = Diámetro interno de la tubería. (in)

Sin embargo, para utilizar la ecuación de Hazel-Williams, es necesario que el sistema de extinción contra incendios no trabaje bajo presiones mayores a 175 psi, la temperatura no debe ser mayor a 30°C y, por último, el agente extintor debe ser agua.

El valor del coeficiente de fricción de Hazen-Williams en este caso corresponde a 120, puesto que el material de tubería es acero negro y el sistema es de tubería húmeda. (Ver Tabla 15)

**Tabla 15. Valores coeficiente de fricción (C), Hazen-Williams. Fuente: NFPA 13. (2013)**

<i>Tubería o tubo</i>	<i>Valor C *</i>
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de pre-acción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120

En cuanto al valor de las pérdidas por accesorios, es necesario utilizar la tabla de valores correspondiente a la tubería de Acero SCH 40.

**Tabla 16. Longitudes equivalentes para tubería de Acero SCH 40, Fuente: NFPA 13. (2013)**

<i>Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes de tubería</i>				
<i>Accesorios y válvulas</i>	<i>1 pulg</i>	<i>1 1/4 pulg</i>	<i>2 pulg</i>	<i>3 pulg</i>
	<i>(25 mm)</i>	<i>(32 mm)</i>	<i>(50 mm)</i>	<i>(80 mm)</i>
Codo 45°	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	3 (0.9)
Codo estándar 90°	2 (0.6)	3 (0.9)	5 (1.5)	7 (2.1)
Codo de giro largo 90°	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	5 (1.5)
Té o cruz (giro de flujo de 90°)	5 (1.5)	6 (1.8)	10 (3)	15 (4.6)
Válvula mariposa	—	—	6 (1.8)	10 (3)
Válvula de compuerta	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)
Retención tipo chamela	5 (1.5)	7 (2.1)	11 (3.4)	16 (4.9)

Por último, para las pérdidas por diferencia de altura, se utiliza la siguiente ecuación.

$$P_e = \Delta h * 0.433 \quad (5)$$

Donde:

$P_e$  = Pérdidas por fricción por elevación de alturas. (psi)

$\Delta h$  = Diferencia de alturas. (ft).

Además, en los puntos en los cuales se unen dos tramos hídricos es necesario realizar un balance hidráulico, el cual consiste en ajustar los caudales de los dos ramales (Ecuación 6) y así encontrar el caudal total (Ecuación 7).

$$Q_{Ajustado} = Q_L \left( \sqrt{\frac{P_H}{P_L}} \right) \quad (6)$$

$$Q_{Total} = Q_{Ajustado} + Q_H \quad (7)$$

Donde:

$Q_L$  = Caudal Menor (gpm).

$P_H$  = Presión Mayor (psi)

$P_L$  = Presión Menor (psi)

$Q_H$  = Caudal Mayor (gpm)

Cada uno de los cálculos anteriormente mencionados deberá repetirse en cada uno de los pisos de la edificación a la cual se aplicará el sistema de extinción de incendios, en este caso, para el edificio Duns Scotto, tal como lo exige la normativa NFPA-13, para así definir la presión y caudal necesarios para el suministro de agua.

Los cálculos se realizan por medio de una hoja de cálculo de Excel, donde se ubicarán los valores del caudal en cada uno de los puntos, la dimensión de la tubería que corresponde al tramo, se indican los accesorios utilizados y su longitud equivalente, las pérdidas de presión y las presiones que actúan sobre el tramo del sistema, el desarrollo piso a piso se presenta en los Anexos 7 al 11.

A continuación, en la tabla 17 se identifica que significa cada uno de los campos.

**Tabla 17. Explicación tabla de cálculos. Fuente: Autor. (2018)**

Paso N°.	Tramo/Nodo		Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)		Accesorios en Tuberías (ft)			Longitud Equivalente (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)
	1	1	q	D nominal	Valor	Tipo de accesorio.	Longitud equivalente	L	Longitud horizontal	Pr	Presión en el rociador.
<i>Ramal 1</i>											

								entre cada rociador.	(Ecuación Hazen-Williams)		
a			D interno	Valor	Tipo de accesorio.	Longitud equivalente	F	Longitud equivalente de los accesorios.		Pe	Perdidas por diferencia de alturas.
2	Q	Caudal Total del tramo	SCH	40	Tipo de accesorio	Longitud equivalente	T	Suma total de longitudes.	(Ecuación Hazen-Williams)	Pf	Presión total del tramo.

En la parte superior se indicará el ramal o tubería que se está analizando. El dato clave para iniciar con los cálculos corresponderá al área de trabajo de cada uno de los rociadores, el cual se hallará teniendo en cuenta las distancias verticales y horizontales indicadas en los planos de diseño de extinción para cada uno de los pisos entre cada uno de los rociadores (**Ver Anexos 7 al 11**). Allí también se indicará el valor de los diámetros de la tubería correspondiente en cada uno de los tramos.

El valor de la longitud equivalente de cada uno de los tramos se tomará como se había explicado anteriormente de la Tabla 16, teniendo en cuenta el accesorio a utilizar. Y los datos de pérdidas y presión se hallarán haciendo uso de las ecuaciones anteriormente mencionadas. Así se repetirá el proceso por cada uno de los tramos de la ruta crítica.

## 6.8 RESULTADOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

Teniendo en cuenta la relación proporcional entre el caudal y el diámetro de la tubería, se realiza un proceso de asignación de diámetros en el sistema hidráulico. Se tiene en cuenta que la tubería vertical (conexión entre pisos) es en la cual fluyen los caudales de los rociadores activados del área

de incendio, por lo cual tiene una mayor demanda, mientras que, la tubería principal horizontal, correspondiente a la conexión con los ramales, requiere una menor cantidad de caudal. Se seleccionan teniendo en cuenta los catálogos de tubería en la norma NFPA 13 (Ver Tabla 12), con lo cual se busca tener el menos valor de incertidumbre. A partir de dicha tabla y según el número de rociadores a conectar entre sí se define un diámetro en específico de tubería a utilizar como puede evidenciarse en la Tabla 18.

Siguiendo los resultados de las presiones y los caudales por piso (Ver Tabla 19) para la selección de la bomba de agua contra incendio debe tenerse en cuenta que el caudal de la bomba debe ser superior a 222,955 gpm y una presión de 44,480 psi, correspondientes al piso primer piso, pues son el margen de límite máximo de trabajo de la bomba.

**Tabla 18. Resultados Diámetros Óptimos de tubería. Fuente: Autor. (2018)**

Tramo de Tubería.	Diámetro óptimo, in.
Tubería conexión entre pisos. (tubería vertical)	3
Ramales.	1
Tubería principal horizontal.	2

**Tabla 19. Resultados presiones y caudales por piso. Fuente: Autor. (2018)**

Piso	Caudal Requerido. Gpm. (L/min)	Presión Requerida, psi. (bar)
1	222.955 (843.884)	44.480 (3.066)
2	92.142 (348.757)	29.775 (2.052)
3	40.817 (154.492)	5.369 (0.370)
4	108.124 (409.249)	24.115 (1.662)
5	120.509 (456.126)	30.175 (2.080)

## 6.8 SELECCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA.

Según los resultados encontrados en los cálculos hidráulicos del sistema de extinción en cada uno de los pisos del edificio (Ver Anexos 7 al 11) es necesaria una motobomba hidráulica la cual suministre como mínimo un caudal de 222,955 GPM y una presión de 44,480 psi resultados del primer piso (Ver Anexo 7) valores correspondientes al suministro de margen máximos con los cuales deberá cumplir el suministro de la bomba hidráulica, pues este debe ser superior a las demandas requeridas. Es importante tener en cuenta que la selección de la bomba se hace tomando en cuenta el mayor caudal a suministrar, más no la cantidad de caudales totales del edificio, pues se tiene en cuenta que el edificio no entrará en incendio en la totalidad de sus pisos. La bomba además cumple con la certificación UL-FM asegurando su cumplimiento con los estándares solicitados para su correcto funcionamiento, y se encuentra asegurada con pruebas contra fallos. Se selecciona entonces una bomba eléctrica de una etapa en línea vertical, con un punto de operación máximo correspondiente a 300 GPM@45 psi, pues sus límites de funcionamiento cubren con los requisitos máximos de operación asegurando no habrá problemas supliendo al sistema

*Tabla 20. Características Motobomba de incendios. Fuente: Autor. (2018)*

Motobomba de una etapa en línea para protección contra incendios. Aurora Pum. Certificado ULFM.
Modelo 374B.
20 HP. Motor Eléctrico. 3500 RPM. Caudal medio 300 GPM @ 45 PSI.
Funcionamiento 5GPM@55 PSI. 220v/460V. 3 HP.

La Figura 16, refleja la curva de desempeño de la motobomba elegida, además en el Anexo 18, se encontrarán las especificaciones de la motobomba escogida.

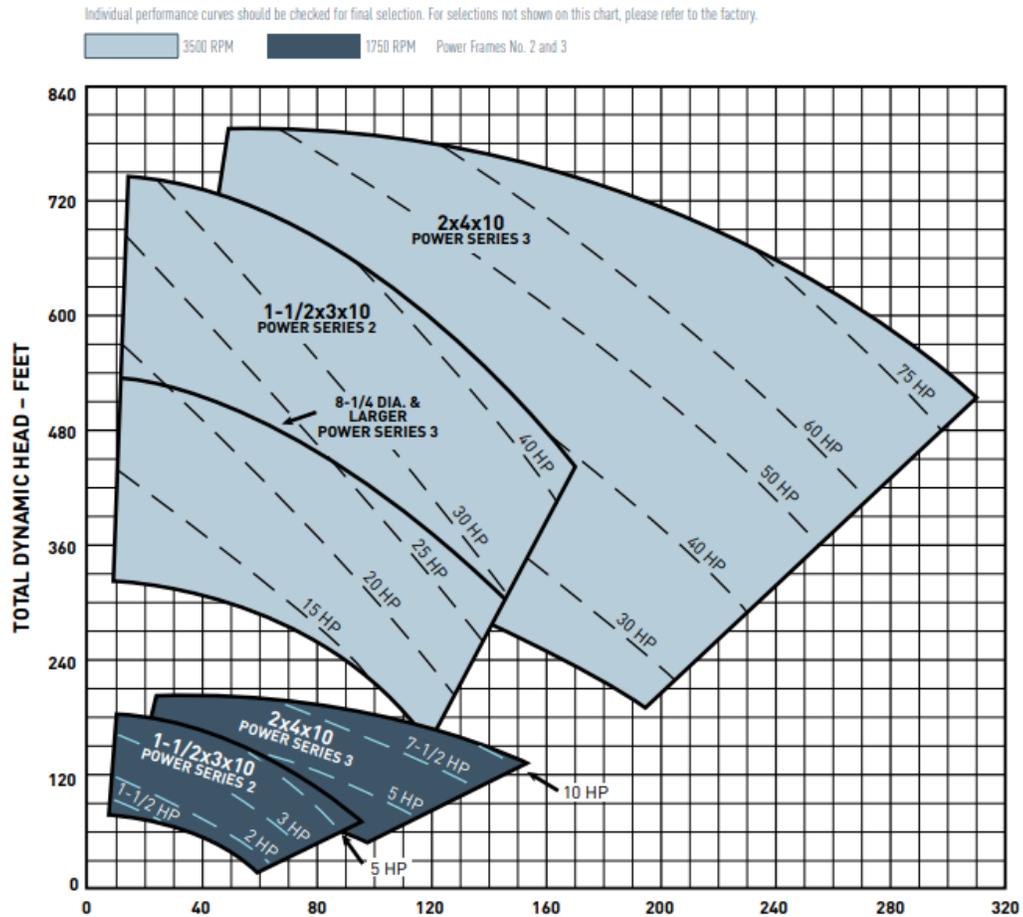


Figura 16. Curva de desempeño motobomba contra incendio. Aurora Pum. (2018)

## 6.9 PRESUPUESTO.

Se determinan los costos del sistema de extinción de incendios a ser implementados en el edificio Duns Scoto de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá. Para lo cual se realiza una lista enumerando todos los materiales utilizados en el sistema, se consideran los precios unitarios de los accesorios en el mercado.

**Tabla 21. Listado de accesorios, presupuesto sistema de extinción contra incendios. Fuente: Autor.**

(2018)

LISTADO DE ACCESORIOS.									
		Localización: Universidad de San Buenaventura. Sede Bogotá.					Página No. 1 de 1		
		Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Urueña Moncada.							
		Fecha: 14 de Julio de 2018.							
Piso		1	2	3	4	5	Total	Precio Unitario	Precio Total
Accesorio	Diámetro (in)	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad		
Tubería Acero SCH 40.	1	97,42	72,5	252,42	251,16	256,71	930,21	\$ 21.773,00	\$ 20.253.462,33
	2	46,39	46,12	78,25	79,34	78,82	328,92	\$ 46.771	\$ 15.383.917
	3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	18	\$ 93.715	\$ 1.686.870
Tee	1	1	0	0	0	0	1	\$ 7.240	\$ 7.240
	Reducción de 2" a 1"	10	11	20	19	20	80	\$ 6.690	\$ 535.200
	2	1	0	0	6	5	12	\$ 12.840	\$ 154.080
	3	1	1	1	1	1	5	\$ 24.380	\$ 121.900
Codo	1	0	0	2	0	0	2	\$ 3.610	\$ 7.220
	2	12	4	0	2	2	20	\$ 9.030	\$ 180.600
	3	3	5	4	3	3	18	\$ 16.740	\$ 301.320
Rociadores automáticos.	Respuesta rápida.	32	24	70	70	72	268	\$ 68.500	\$ 18.358.000
Válvula cheque.	3	1	1	1	1	1	5	\$ 250.000	\$ 1.250.000
Válvula alarma.	3	1	1	1	1	1	5	\$ 115.000	\$ 575.000
Válvula de compuerta.	3	1	1	1	1	1	5	\$ 162.720	\$ 813.600
Bomba eléctrica.	N/A	1	0	0	0	0	1	\$ 42.131.400	\$ 42.131.400
Tanque de Almacenamiento.	N/A	1	0	0	0	0	1	\$ 70.000.000	
								Precio Total de accesorios.	\$ 101.759.809,65

## CAPÍTULO 7.

### SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS DEL EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM.

Teniendo en cuenta la norma sismo resistente vigente para el año de construcción del edificio Guillermo de Ockham (NSR-98 y el Acuerdo 20 de 1995), se identificó que la instalación solamente debía cumplir con la implementación de extintores. Sin embargo, actualmente la edificación cuenta con un sistema de detección automático de incendios, por lo cual se realiza de nuevo el estudio de factibilidad, esta vez desde la norma sismo resistente vigente actualmente para verificar si el edificio cumple satisfactoriamente con los requisitos establecidos por ella.

Dicho estudio debe realizarse nuevamente puesto que al cumplir con un sistema adicional al solicitado en la norma sismo resistente vigente, el cumplimiento se basará según la norma actual.

#### 7.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO NSR-10.

Se utiliza de nuevo la matriz de análisis de datos, donde en este caso para las instalaciones identificadas con el grupo de ocupación mixto (M), es posible subdividir las zonas del edificio por los distintos subgrupos ocupacionales que le componen y realizar un estudio individual por cada uno de ellos, puesto que no hay requerimientos generales para este grupo de ocupación. En el edificio Guillermo de Ockham, fue posible identificar los siguientes subgrupos ocupacionales:

- Auditorios. **L-2. Culturales y teatros.**
- Oficinas. **C-1. Servicios.**
- Laboratorios. Estudios de grabación. **E. Especial.**
- Centros de Cableado. **P- Alta peligrosidad.**

A partir de esta identificación se aplica el estudio de factibilidad obteniendo los siguientes resultados. Primero, se realiza el estudio con base al subgrupo de ocupación C-1, en este caso

correspondiente a las zonas donde se incluyan oficinas en el edificio. Los parámetros de diseño para este caso son la cantidad pisos y la altura del edificio, para el edificio Guillermo de Ockham equivalentes a 5 pisos y 18 m altura.

Los resultados obtenidos y reflejados en la Figura 17 indican que la zona de Oficinas del edificio Guillermo de Ockham, debe cumplir con la instalación de detectores automáticos de incendio, con una alarma sonora y pulsadores manuales de alarma e incendios repartidos adecuadamente y ubicados principalmente en las zonas de alto riesgo. Además, debe cumplir con un sistema de tomas de agua fija y extintores, pero no con un sistema de rociadores automáticos.

The screenshot shows a web-based application interface for fire safety analysis. At the top, there are input fields for 'SUBGRUPO DE OCUPACIÓN MIXTA' (set to C-1) and 'DESCRIPCIÓN' (Edificio Duns Scoto), along with search buttons. Below this is the 'Ingreso de datos' section with fields for 'Cantidad de pisos sobre el suelo' (5) and 'Altura total del edificio (m)' (18), and a checkbox for '¿Cuenta con un sistema central de aire acondicionado?' (NO). The 'Detección & Alarmas' section includes 'Detección de Incendios' (SI), 'Tipo de detector y alarma' (Térmicos y/o de humo junto con una alarma sonora), 'Observación' (Pulsadores manuales de alarma e incendios repartidos adecuadamente), and 'Detección en ductos' (NO). The 'Extinción' section includes 'Extinción de Incendios' (SI), 'Rociadores' (NO), 'Tomas Fijas de Agua' (SI) with a note 'De acuerdo a las normas NTC 1669 y NFPA 14.', and 'Extintores' (SI) with a note 'De acuerdo a las normas NTC 2885 y NFPA 10.'. On the right side, there is a sidebar with 'NSR-10' title, 'OBSERVACIONES' (two points about data entry), 'SEDE' (Cidad de San Buenaventura), 'ESTRUCTURA' (Oficinas), and buttons for 'Enviar a Excel' and 'Terminar clasificación mixta'.

**Figura 17. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional C-1. Guillermo de Ockham. NSR-10.**

**Fuente: Autor. (2018)**

Posteriormente se aplica el estudio de factibilidad al subgrupo ocupacional L-2 correspondiente a la zona de auditorios del edificio Guillermo de Ockham, identificando como parámetros de

diseño principales: La carga ocupacional de los auditorios correspondiente a 150 personas, la cantidad de pisos del edificio, la altura del edificio y el área construida de los auditorios correspondiente a 252.184 m<sup>2</sup>. En cada uno de los pisos.

Se obtiene entonces como resultados que la zona de auditorios debe contar con la implementación de un sistema de detectores automáticos y una alarma sonora, no debe contar con la implementación de rociadores de incendio, pero si con tomas fijas de agua y extintores. Resultados reflejados en la Figura 18.

The screenshot shows a web-based application interface for the NSR-10 standard. At the top, there is a search bar with 'SUBGRUPO DE OCUPACIÓN MIXTA: L-2' and a 'DESCRIPCIÓN:' field. Below this is the 'Ingreso de datos' section with input fields for 'Cantidad de pisos sobre el suelo: 5', 'Altura total del edificio (m): 18', 'Carga Ocupacional: 150', and 'Área Construida (m2): 252.184'. There is also a checkbox for '¿Cuenta con un sistema central de aire acondicionado?: NO'. To the right of these fields is an 'Ingresar' button. Below the data entry is the 'Detección & Alarmas' section, where 'Detección de Incendios' is set to 'SI', and the 'Tipo de detector y alarma' is 'Automáticos de humo y alarma sonora.'. Below that, 'Detección en ductos' is set to 'NO'. The 'Extinción' section shows 'Extinción de Incendios' as 'SI', 'Rociadores' as 'NO', 'Tomas Fijas de Agua' as 'SI', and 'Extintores' as 'SI'. A text box next to the water outlets states: 'De acuerdo a la norma NTC 1669 y NFPA14. Se eximen de extintores: áreas de tribunas y graderías, chanchas deportivas, espectáculos de entretenimiento, lugares abiertos. Su ubicación debe ser segura y accesible para personal operativo. Diseñados de acuerdo a la norma NTC 2885 y NFPA 10'. On the right side of the interface, there is a large 'NSR-10' header, an 'OBSERVACIONES' section with two numbered instructions, and a 'SEDE' section with an empty input field. Below that is an 'ESTRUCTURA:' section with 'Auditorios' listed. At the bottom right, there are buttons for 'Enviar a Excel' and 'Terminar clasificación mixta'.

**Figura 18. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional L-2. Guillermo de Ockham. NSR-10.**

**Fuente: Autor. (2018)**

Por otra parte, se realiza el estudio para el subgrupo de ocupación de alta peligrosidad (P) donde son ubicados las zonas de centro de cableado y servidores, por su alta peligrosidad y probabilidad

de generar incendio. Por su alto nivel de peligro, la normativa inmediatamente indica que dichas zonas no deben contar con un sistema de detección, pero si con un sistema de extinción el cual cuente con rociadores automáticos, tomas fijas de agua y extintores. (Ver Figura 19)

Sin embargo, las áreas correspondientes a los centros de cableados y servidores son relativamente pequeñas para implementar solamente allí un sistema de rociadores automáticos, por lo cual la norma permite que en el caso de ser una edificación con un grupo ocupacional mixto como es el caso del edificio Guillermo de Ockham y los usos según la aplicación de cada uno por separado resulten en estándares diferentes, pueden satisfacerse los requisitos con el estándar más exigente.<sup>6</sup>

En este caso entonces se basarán los estándares según las exigencias del subgrupo de ocupación L-2, correspondiente a los auditorios pues al ser el área con mayor demanda a cubrir es el más exigente. Por lo cual en estos recintos se instalaría un sistema de detección de incendios, acompañado de un sistema de toma de aguas fijas en el edificio y la implementación de extintores.

---

<sup>6</sup> NSR 10. Título J. Capítulo J.3- Requisitos de resistencia contra incendio en las edificaciones. Parágrafo J.3.3.3.13, inciso b.

Ocupación Mixta

SUBGRUPO DE OCUPACIÓN MIXTA:  DESCRIPCIÓN:

## NSR-10

**Ingreso de datos**

¿Cuenta con un sistema central de aire acondicionado?:

**Detección & Alarmas**

Detección de Incendios:

Detección en ductos:

**Extinción**

Rociadores:	<input type="text" value="SI"/>	<input type="text" value="De acuerdo a la norma NTC2301 y NFPA13."/>
Tomas Fijas de Agua	<input type="text" value="SI"/>	<input type="text" value="De acuerdo a la norma NTC1669 y NFPA14."/>
Extintores:	<input type="text" value="SI"/>	<input type="text" value="De acuerdo a la norma NTC2885 y NFPA12."/>

**OBSERVACIONES**

1. Todos los datos a ingresar deben escribirse en Mayúscula.
2. El grupo de ocupación a buscar debe escribirse separado por un guión.

**ESTRUCTURA:**

**Figura 19. Aplicación matriz de análisis subgrupo ocupacional P. Guillermo de Ockham. NSR-10.**

**Fuente: Autor. (2018)**

Finalmente, se encuentran las zonas de laboratorios y estudios de grabación, dichas localidades no clasifican en los grupos de ocupación establecidos según la norma sismo resistente colombiana, por lo cual la misma indica que deben ubicarse en una referencia de grupos ocupacionales especiales. Dicho grupo ocupacional no cuenta con exigencias de detección automática de incendios ni extinción automática. Sin embargo, siguiendo la formativa NFPA 20, es posible identificar que deben contar con detectores de humo automáticos, una alarma sonora y una estación manual.

## **7.2 ¿CUMPLE EL EDIFICIO GUILLERMO DE OCKHAM CON DICHS REQUERIMIENTOS?**

Según la NSR-10 teniendo en cuenta los subgrupos ocupacionales la edificación debe contar con un sistema de detección de incendios, especificando el uso de detectores automáticos de humo térmicos. En el caso de los subgrupos C-1, P y E se deben ubicar las estaciones manuales repartidas equitativamente y además los detectores de humo deben contar con una alarma sonora. En el caso del subgrupo L-2 además de contar con la implementación de detectores de humo, se dispone a colocar las estaciones manuales sólo en zonas de riegos nivel I y II. Sin embargo, la NSR-10 no especifica claramente la ubicación de los elementos, por lo cual es necesario remitirse a la normativa internacional NFPA-72, la cual es la encargada de regir la instalación de sistemas de detección automática de incendio.

La NFPA-72 indica que los detectores de humo deben otorgar cobertura a las siguientes zonas: salas, salones, pasillos, áreas de almacenamiento, sótanos, áticos, lofts, ascensores, espacios por encima de techos suspendidos, armarios, cubos de ascensores, escaleras encerradas, montacargas, y conductos.<sup>7</sup>

El edificio Guillermo de Ockham actualmente cuenta con detectores de humo ubicados en las siguientes áreas a proteger:

- Sala de red.
- Estación de trabajo profesores.
- Estudios de grabación. (Sala A, B, C y Control A, B, C)
- Laboratorios.

---

<sup>7</sup> NFPA 72. Código Alarmas de Incendio. Capítulo 5. Dispositivos Iniciadores. 5.14. Requisitos para los detectores de humo. Inciso 5-1.4.2.

- Post-Producción.
- Pre-Producción.
- Acústica.
- Sonido en vivo.
- Auditorios.
- Coordinación.

Dichos detectores de humo cuentan con una alarma local, la cual al activarse envía una señal al panel de incendios, pero no se cuenta con una alarma sonora como es requisito por parte de la normativa. Tampoco se cuenta con la ubicación de estaciones manuales a lo largo de la edificación, por lo cual no es posible activar un plan de evacuación.

Por lo tanto, aún a pesar de contar con la ubicación de los detectores automáticas en las zonas de incendio anteriormente mencionadas, el edificio Guillermo de Ockham no cumple a cabalidad con los requisitos de la norma sismo resistente actual.

### **7.3 UBICACIÓN ESTACIONES MANUALES.**

Con base a lo mencionado en el capítulo anterior se procede a diseñar la ubicación para las estaciones manuales. La NFPA-72 indica que se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Su única función debe ser el iniciar alarmas de incendio, solamente sí la edificación cuenta con un piso de altura podrá acompañarse con una señal visual de seguridad.

8

---

<sup>8</sup> NFPA 72. Código Alarmas de Incendio. Capítulo 5. Dispositivos Iniciadores. 5.8. Dispositivos Iniciadores de Alarma de Accionamiento Manual. Inciso 5.8.1.

- Debe ubicarse a no menos de 1,1 m y no más de 1,37 m por encima del nivel de piso.<sup>9</sup>
- Distribuirse en la totalidad del área protegida de forma que estén libres de obstrucciones y sean de fácil acceso. Así mismo estar en el paso de salida del área en cada uno de los pisos.<sup>10</sup>
- Se deben colocar estaciones manuales adicionales de manera que la distancia a recorrer hasta la estación de alarma no supere 61 m horizontalmente en el mismo piso.<sup>11</sup>

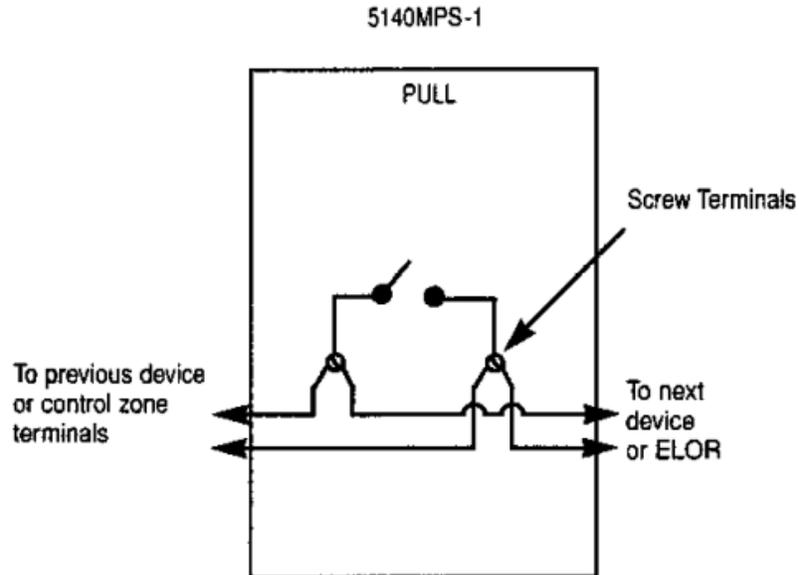
En el caso del edificio Guillermo de Ockham es necesario ubicar solamente una estación manual en cada uno de los pisos, puesto que el ancho del edificio equivale a 61,6 m por lo cual la distancia de ubicación de la estación manual sería más que suficiente.

La estación manual por implementar sería de una acción – una etapa, por su sencillez de instalación y funcionamiento. Este tipo de estación manual no requiere una llave para su activación, pero sí para su desactivación, e igualmente sólo debe conectarse a un módulo monitor que haga la conexión con el panel de control. Para este caso se sugiere la implementación de una estación manual HoneyWell – ADE-5140MPS, por su eficiencia y su capacidad de homologación con un sistema de control sí a futuro la universidad decide empezar a aplicar un software de administración de edificios.

---

<sup>9</sup> N FPA 72. Código Alarmas de Incendio. Capítulo 5. Dispositivos Iniciadores. 5.8. Dispositivos Iniciadores de Alarma de Accionamiento Manual. Inciso 5.8.1.1.

<sup>10</sup> N FPA 72. Código Alarmas de Incendio. Capítulo 5. Dispositivos Iniciadores. 5.8. Dispositivos Iniciadores de Alarma de Accionamiento Manual. Inciso 5.8.1.2.



*Figura 20. Estación manual. HoneyWell ADE-5140MPS. Fuente: Honeywell. (2017)*

Las estaciones manuales se conectan al lazo de conexión entre los detectores de humo y el panel de incendio.

#### **7.4 IMPORTANCIA ALARMA SONORA.**

Si bien el sistema de detectores de humo del edificio Guillermo de Ockham cuenta con un sistema de alarma local, es necesario implementar un sistema de alarma general que informe a toda la comunidad en caso tal de incendio e inicio de una evacuación.

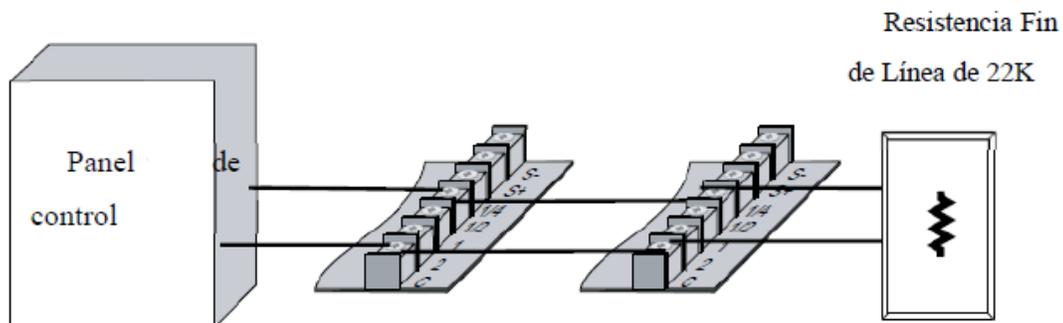
La NFPA-72 especifica los siguientes parámetros para la instalación de alarmas sonoras en el sistema de detección de incendios:

- Sí el lugar cuenta con un ruido promedio de más de 105 dbA se debe colocar una notificación audiovisual.
- El tono de evacuación debe ser “Temporal”, el cual consiste en 3 pulsos.

- El nivel de sonido de la señal de alarma debe estar 15 dB por encima del nivel promedio del ruido del ambiente.<sup>11</sup>

Pueden instalarse tanto speakers como sirenas para el sistema de alarma general de incendios, en el caso del edificio Guillermo de Ockham se sugiere únicamente implementar un sistema de sirenas para dar el aviso de la evacuación. Al igual que con las estaciones manuales, solamente es necesario colocar una por piso.

Para su conexión es necesario implementar un lazo diferente al lazo de detección, dicho lazo irá conectado a un NAC que será la conexión el panel de incendios. Las sirenas, estrobos, ni speakers pueden conectarse en el lazo de detección para evitar que la evacuación se active automáticamente con cualquier señal falsa de los detectores de humo.



**Figura 21. Conexión Sirenas con Panel de Incendios. Fuente: Universidad Simón Bolívar. (2015)**

Es importante que la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá empiece a implementar alarmas sonoras para incluir al plantel universitario (colaboradores, estudiantes, visitantes) en el correcto funcionamiento del sistema de detección y extinción de incendios y así empezar a generar consciencia con respecto a este tipo de eventos.

<sup>11</sup> NFPA 72. Código Alarmas de Incendio. Capítulo 4. Sistema de Alarmas de incendio de Estaciones de Supervisión. 4.1. Sistema de Alarmas de Incendio para Servicio de Estación Central.

## **CAPÍTULO 8.**

### **CONCLUSIONES.**

En conclusión, puede observarse que en cumplimiento de las normas indicadas a nivel nacional e internacional para la protección y extinción de incendios los edificios Guillermo de Ockham y Duns Scotto de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá actualmente están incumpliendo con dichas normativas vigentes. Por lo cual es necesario implementar un sistema de extinción de incendios en el edificio Duns Scotto, teniendo como criterio principal los rociadores automáticos de incendios y para el edificio Guillermo de Ockham es necesario completar los elementos faltantes para que el sistema de detección de incendios sea competente.

El uso de la matriz de análisis de incendios para realizar el estudio de factibilidad para ambos edificios facilitó la comprensión de requisitos con los cuales debían cumplir en materia de protección de incendios, ahorrando tiempo y evidenciando una mayor claridad de los elementos que deben estar presentes para cumplir con cada una de las normativas. Además, es un elemento que a futuro podrá implementarse en las edificaciones faltantes o en las posibles nuevas edificaciones de la universidad.

La bomba contra incendios seleccionada tiene la capacidad de suplir los diferentes caudales y presiones para cada piso del edificio Duns Scotto, evidenciando que para el caso de extinción de incendios la bomba debe seleccionar teniendo en cuenta los diferentes puntos de trabajo, y que pueda suplir cada uno de los diferentes consumos calculados.

Se recomienda la implementación de un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de detección y extinción de incendios, según los estándares y recomendaciones del fabricante, una vez instalados los sistemas. Además, se recomienda realizar simulacros una vez por cada ciclo

estudiantil y crear un plan de evacuación, donde se incluya a los distintos miembros del plantel y así estén preparados para enfrentar cualquier emergencia.

## **CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA**

- Acuerdo 20 de 1995. (1995) Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá.  
Capítulo D.7: SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS.
- ALLOCA, D.A. (2015) “Diseño del sistema inteligente para detección y notificación contra incendio del edificio Telesur.” Caracas. Venezuela. Coordinación de Tecnología e Ingeniería Electrónica. Universidad Simón Bolívar.
- ALMACHI, I; GUAÑA, L. (2016) “Diseño de un sistema de detección de incendio para el campus de la matriz bajo la norma NFPA 72 en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2016” Lcatunga. Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. 46p.
- ANONIMO. (2015) “Prevención y extinción de incendios” Universiad Nacional de Mar de Plata. Argentina.
- ARCE-PALOMINO, J. (2008) “Grandes incendios urbanos: Mesa Redonda, Lima 2001” Lima, Perú. Rev. Perú med. Exp. Salud Pública v.254.
- BLANCO, M.A; MARTÍNEZ J.F. (2016) “Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones” Bogotá. Colombia.  
Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia.
- BLANCO, M.A; MARTÍNEZ, J.F. (2016) “Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones” Bogotá. Colombia.  
Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia.
- CARRION, M.E. (2015) “Estudio de factibilidad y propuesta de diseño de un sistema inmótico para el edificio del bloque G y auditorios de la Universidad Politécnica Salesiana (Campus Sur)” Quito, Ecuador. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.  
Universidad Politécnica Salesiana.

- COVENIN 1176-80. (1980) “Detectores. Generalidades” Venezuela.
- EGAS, M.J. (2002) “Diseño y estudio de factibilidad para la instalación de sistemas de seguridad para un edificio de la Escuela Politécnica Nacional” Quito, Ecuador. Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (IET)
- HONEYWELL. “5140MPS-1/5140MPS-2 Manual Pull Stations”
- HONEYWELL. “Estación manual de alarma, identificable, modelo BG-12LXSP” Patentes de EE.UU. N° 428,351;6,380,846. Documento 52148. I56-3664-001.
- LA CRÓNICA. “Incendio en la Universidad del Quindío” [Recuperado en: [http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-incendio\\_en\\_la\\_universidad\\_del\\_quindo-nota-110580.htm](http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-incendio_en_la_universidad_del_quindo-nota-110580.htm)]
- LEÓN, J.D; PINTO, H.Y. (2015) “Propuesta para el diseño de ingeniería, suministro, implementación y puesta en marcha del sistema de control y automatización para el edificio San Jerónimo II” Bogotá. Colombia. Especialización en Instrumentación Electrónica. Universidad Santo Tomas.
- LUNA, E.M. (2016) “Diseño de un sistema de protección contra incendios para el teatro de Bogotá de la Universidad Central” Bogotá. Facultad de Ingeniería Electrónica. Pontificia Universidad Javeriana.
- LUNA, M.E. (2016) “Diseño de un Sistema de Protección contra Incendios para el teatro de Bogotá de la Universidad Central” Bogotá. Colombia. Departamento de Ingeniería Electrónica. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana.
- MOLANO, J.A; RODRÍGUEZ, L.F. (2017) “Diseño del sistema contra incendios de extinción y detección para la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco

José de Caldas, conforme NFPA y la NSR-10” Bogotá, Colombia. Ingeniería Mecánica. Facultad Tecnológica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

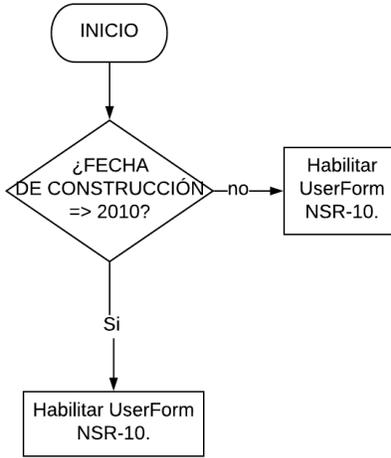
- NARANJO, C.P; SALAZAR, C.A. (2015) “Diseño e implementación de un SCADA para la supervisión y control automático del sistema contra incendios, en los Laboratorios Industriales Farmacéuticos Ecuatorianos LIFE” Quito, Ecuador. Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION NFPA-13. (2010) “Standard for the installation of sprinkler systems” International codes and standards for piping systems. ISB 978-1616651572.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION NFPA-72. (2013) “National Fire Alarm and Signaling Code”. ISBN 978-1455911646.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2010) “Life Safety Code, 13” NFPA 101.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2016) NFPA Journal Latinoamericano. [Recuperado en: <http://www.nfpajla.org/es/inicio/quienes-somos>]
- NIETO, D.M. “Normatividad Colombiana en Sistemas Contra Incendio” Revista SafetyWork. [Recuperado en: <http://www.safetyworkla.com/new/normatividad-colombiana-en-sistemas-contra-incendio>]
- NOTICIAS RCN. “Procuraduría había advertido sobre incendio en cárcel Modelo” [Recuperado en: <http://www.noticiasrcn.com/nacional-justicia/procuraduria-habia-advertido-incendio-carcel-modelo>]
- NSR-10. (2010) Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente. Título J: Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.

- NSR-98. (1998) Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. “Título J. Requisitos de Protección Contra el Fuego en Edificaciones” Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Colombia.
- NTC 2301. “Norma para la instalación de sistemas de Rociadores” ICONTEC Internacional. I.C.S:13.220.10
- RAVIGNANI, E. (2012) “Química y comportamiento del fuego” Hazmat. Capacitaciones con sistemas de calidad certificado. Argentina.
- RAZA, L.N. (2009) “Diseño y construcción de un sistema de detección y alarma contra incendios” Quito, Ecuador. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- ROA, C. “Presentación Alarmas Inalambricas” [Recuperado en: <https://www.slideshare.net/cosemix/presentacion-alarmas-inalambricas>]
- RODRÍGUEZ, B. “Triángulo del fuego” Grupo Vulcano. [Recuperado en: <http://www.tecnologiavulcano.com/informacion/triangulo-del-fuego/>]
- S&P. “Detectores de humo: ¿Qué son y Cómo funcionan?” [Recuuperado en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detectores-de-humo-que-son/>]
- SEGURIDAD MINERA.”Combustible, oxígeno, calor y reacción química: un tetraedro peligroso” Revista Seguridad Minera #69. Manual del Instituto de Seguridad Minera – ISEM” Prevención y Control de Incendios”
- STREHLOW, R.A. (2012) “Fundamentals of Combustion Processes”.
- SYSTEM SENSOR. (2004) “Detectores de Humo para Sistemas: Guía de Aplicaciones” Estados Unidos.

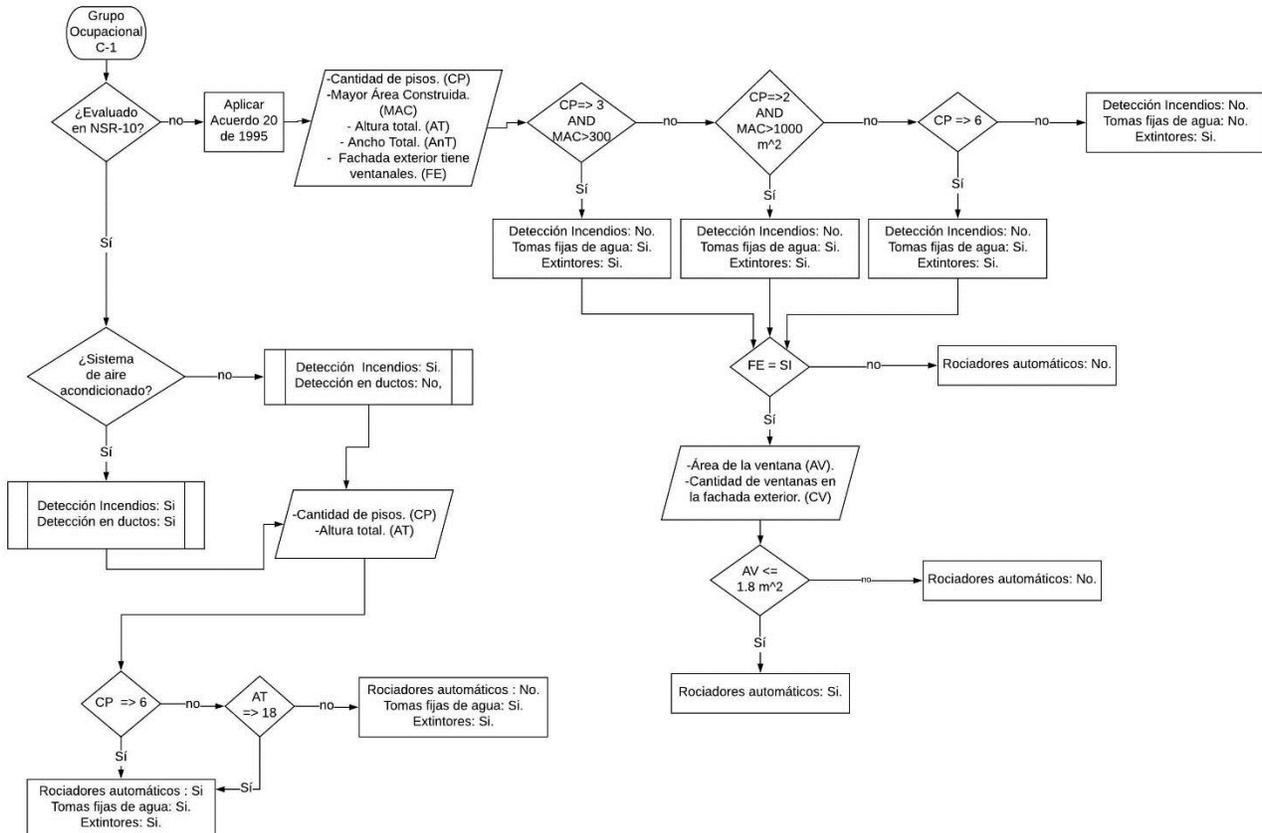
- TORRES, N. (2016) “Diseño del sistema de protección contra incendios con base a extinción automática para el edificio Aquinate de la Universidad Santo Tomas” Bogotá. Colombia. Universidad Santo Tomas.
- TURMO, E. (1998) “NTP 215: Detectores de humos” España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- UNE 12845. “Rociadores Automáticos de Agua” [Recuperado en: <https://es.slideshare.net/CarlosGarridoGarca1/informe-nueva-norma-uneen-12845-rociadores-automticos>]
- VARGAS, H. (2014) “Los códigos en la construcción en Colombia: Aproximaciones y aplicaciones” Bogotá, Colombia. Revista de Ingeniería, #41. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andres.
- VILLANUEVA, J.L. (1983) “NTP 40: Detección Incendios” España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- VILLANUEVA, J.L. (1983) “NTP40: Detección de incendios” Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España.

## ANEXOS

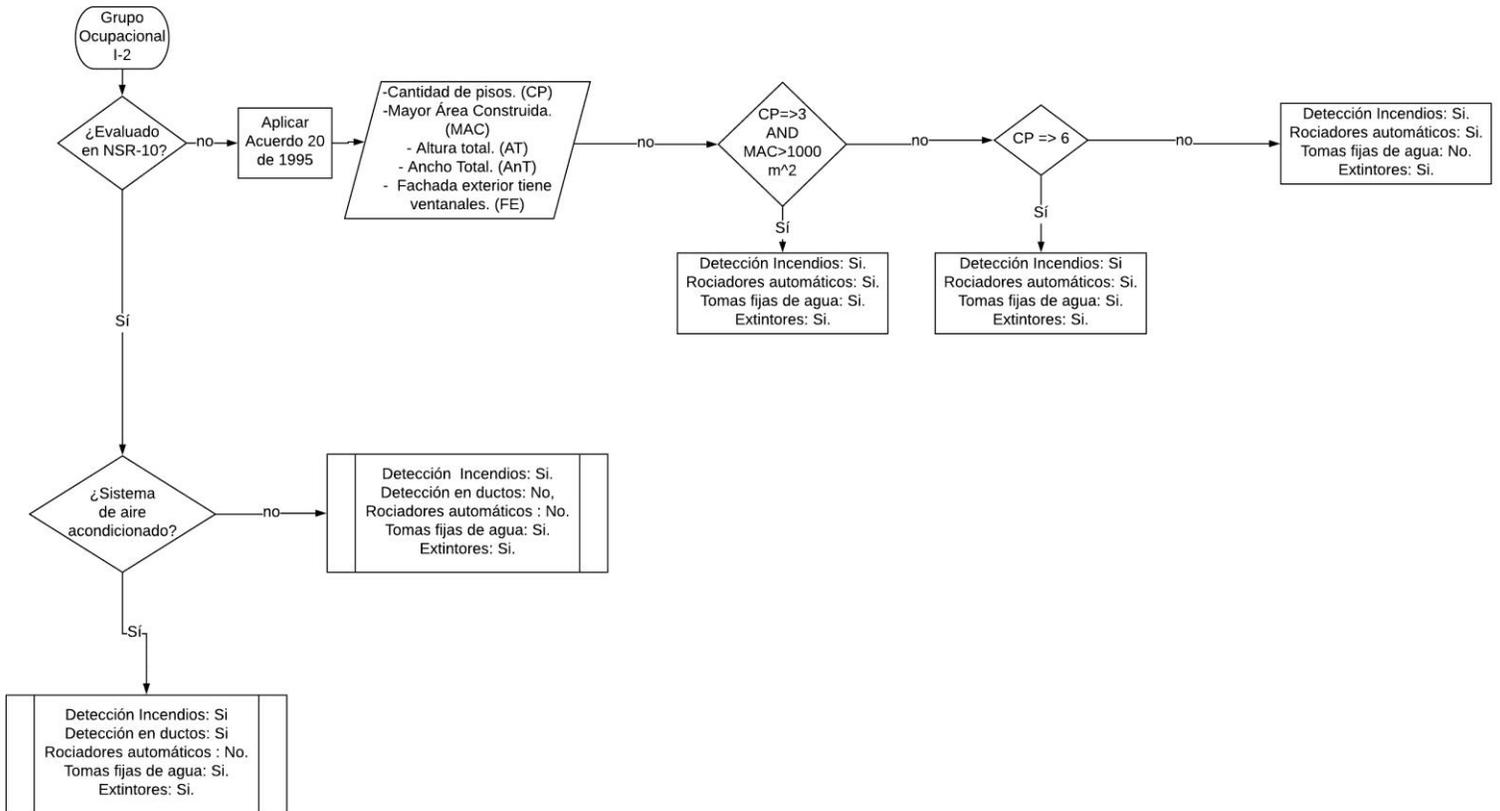
### ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO, FORMULARIO INICIAL MATRIZ DE ANÁLISIS. FUENTE: AUTOR.



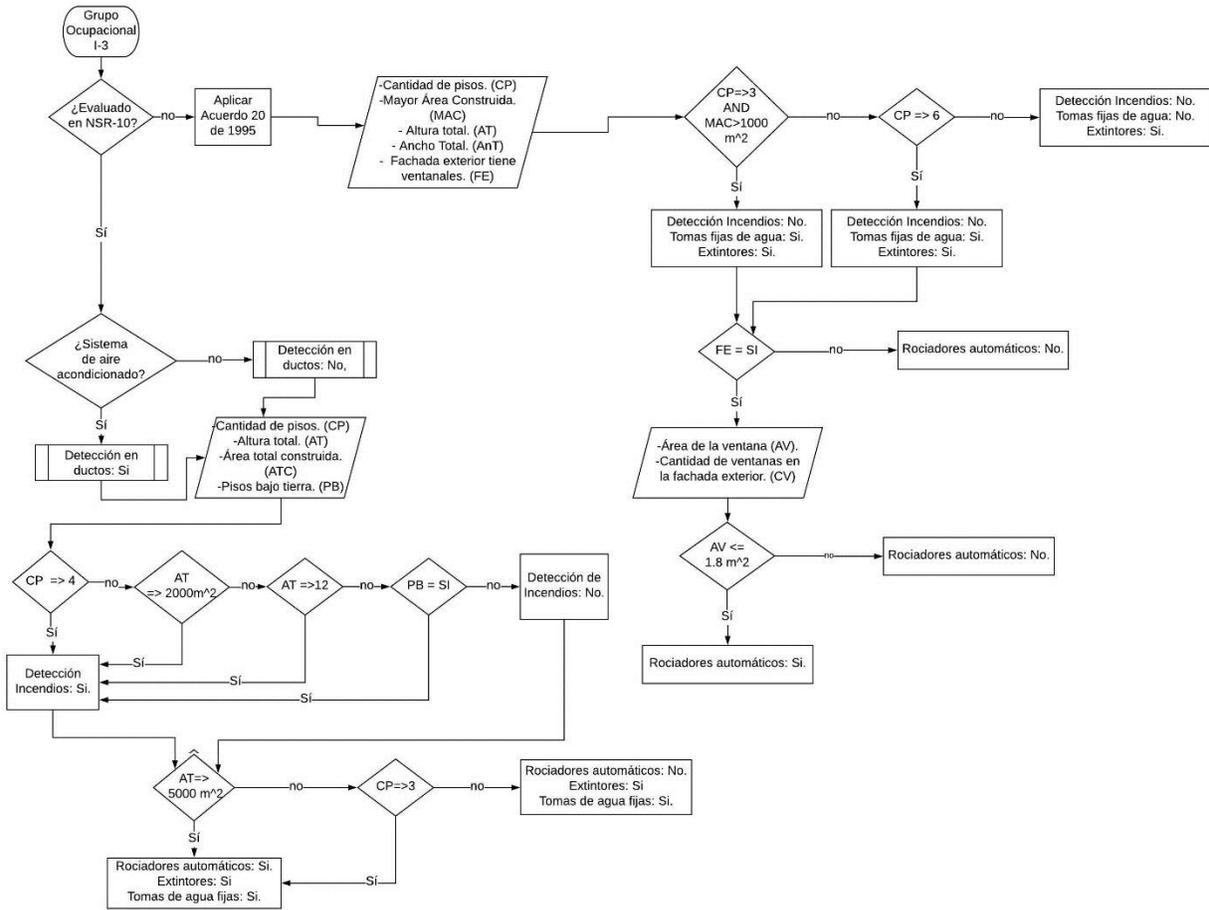
### ANEXO 2. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL C-1. FUENTE: AUTOR.



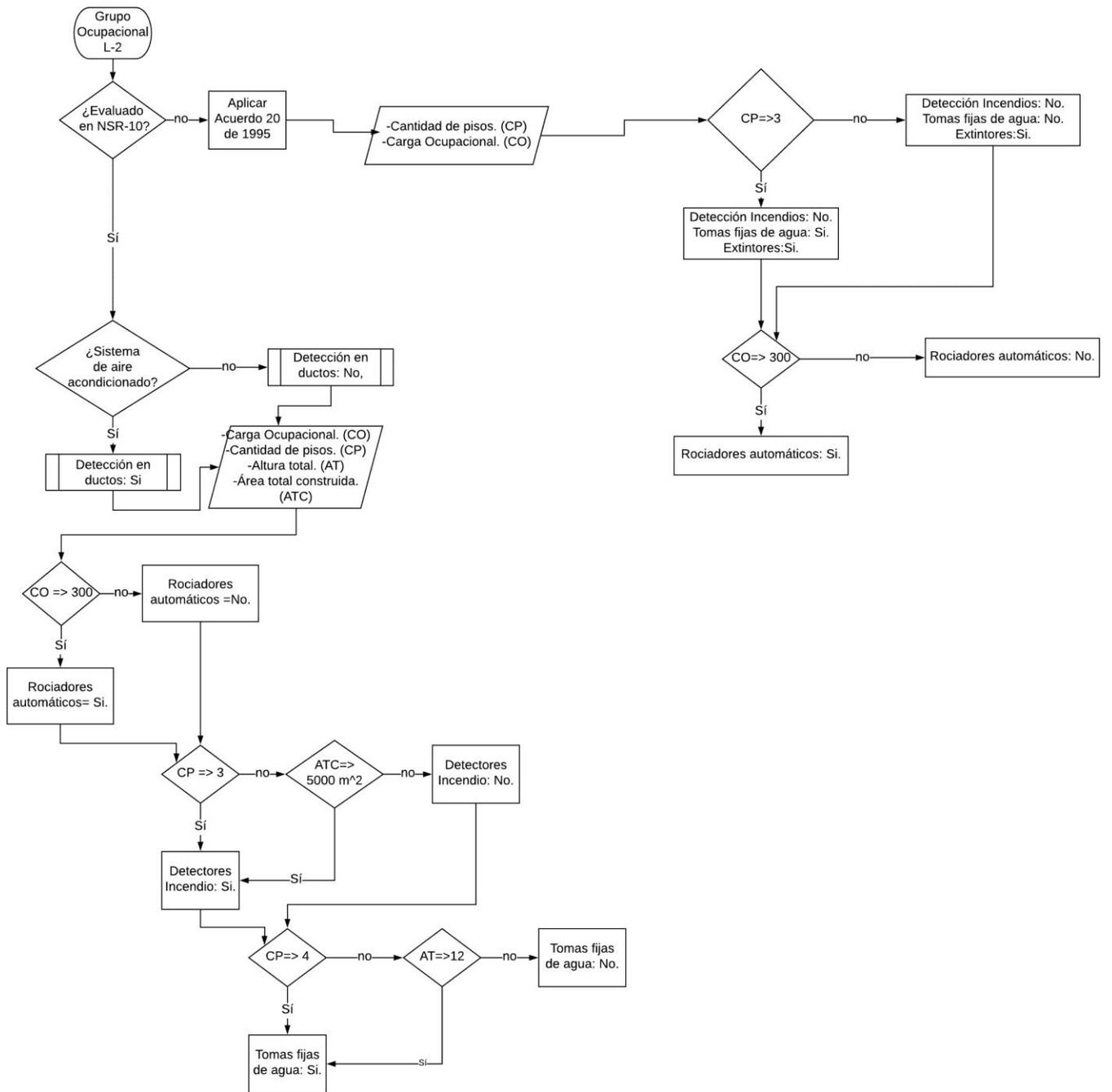
**ANEXO 3. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL I-2. FUENTE: AUTOR.**



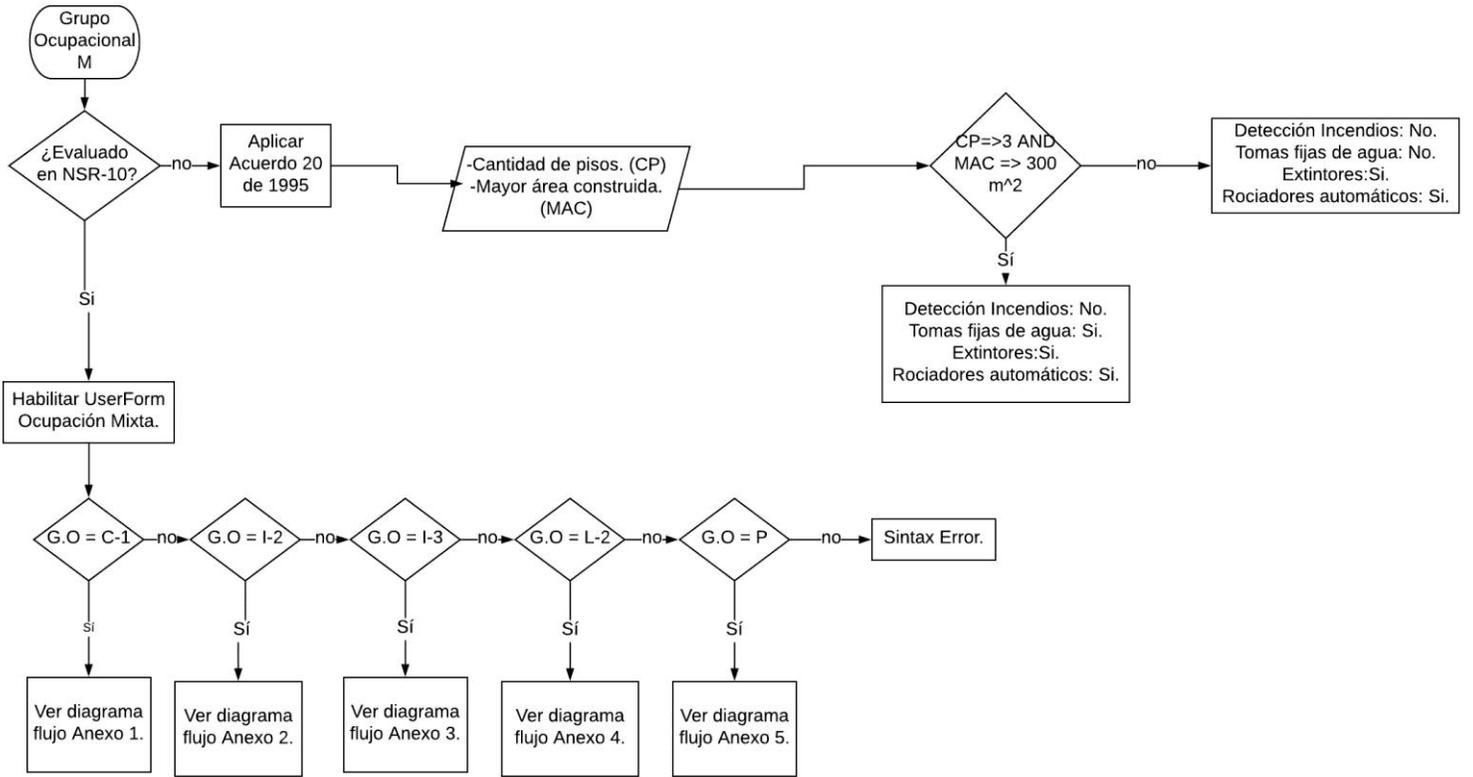
**ANEXO 4. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL I-3. FUENTE: AUTOR.**



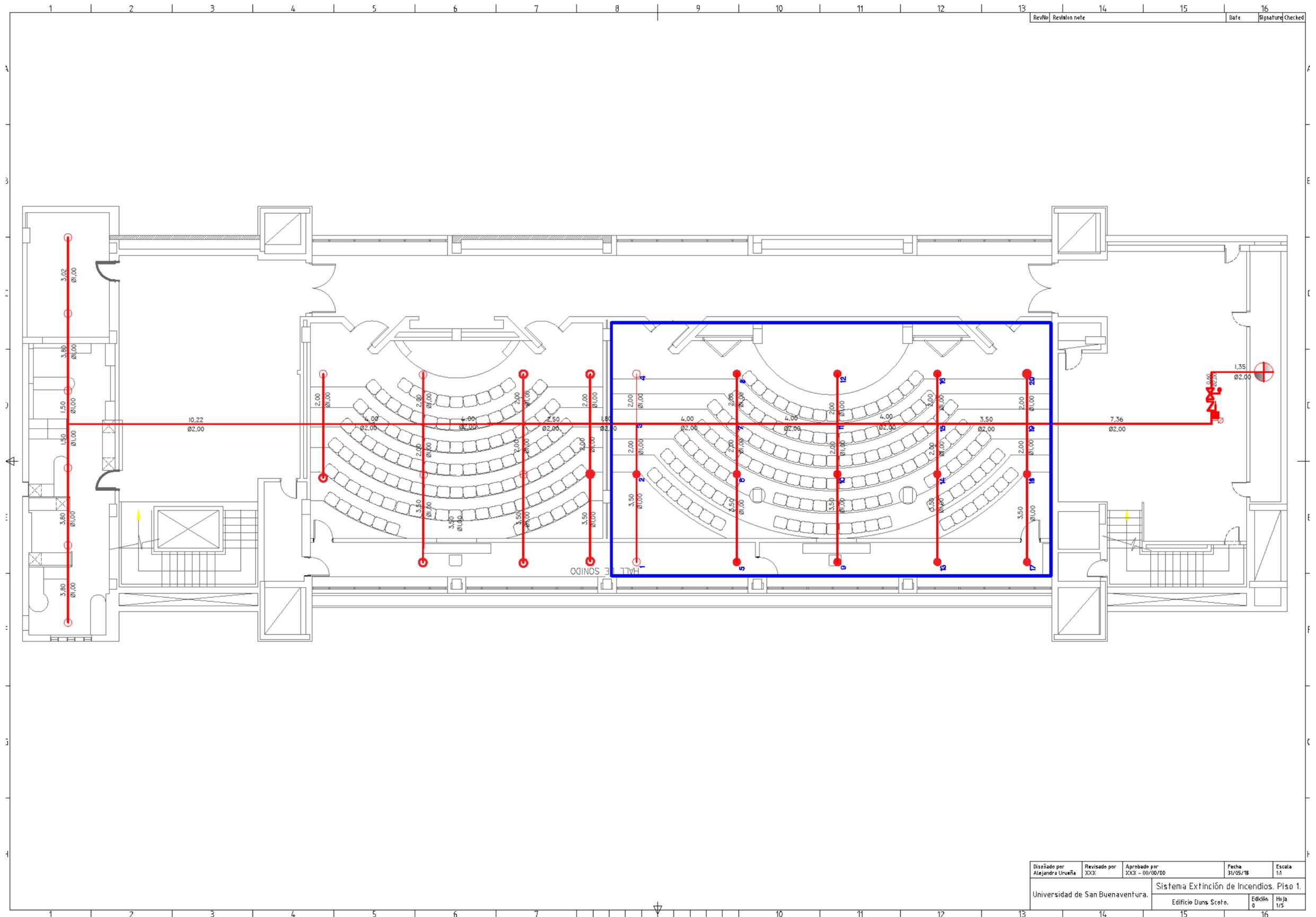
**ANEXO 5. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL L-2. FUENTE: AUTOR.**



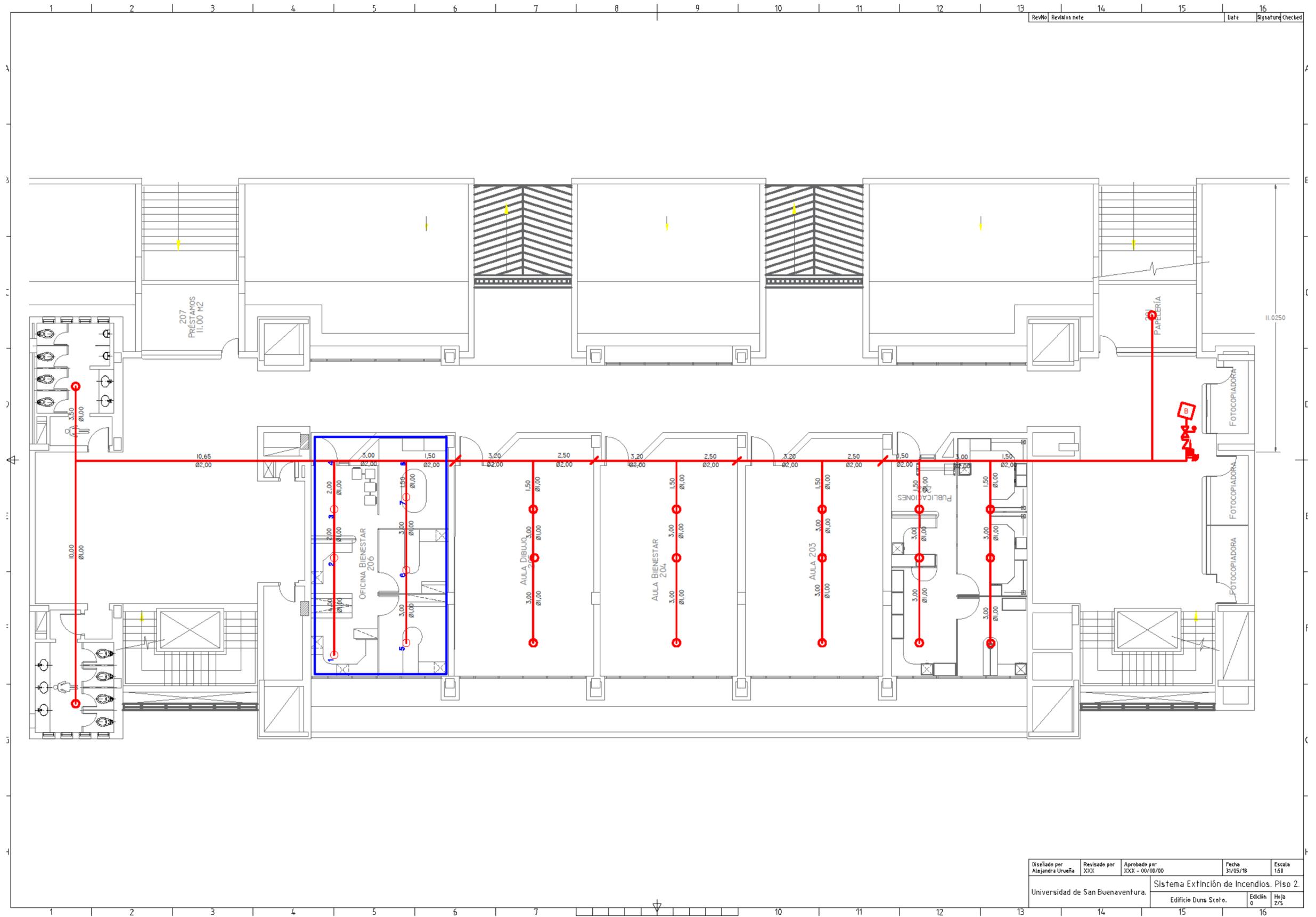
**ANEXO 6. DIAGRAMA DE FLUJO, GRUPO OCUPACIONAL M. FUENTE: AUTOR.**



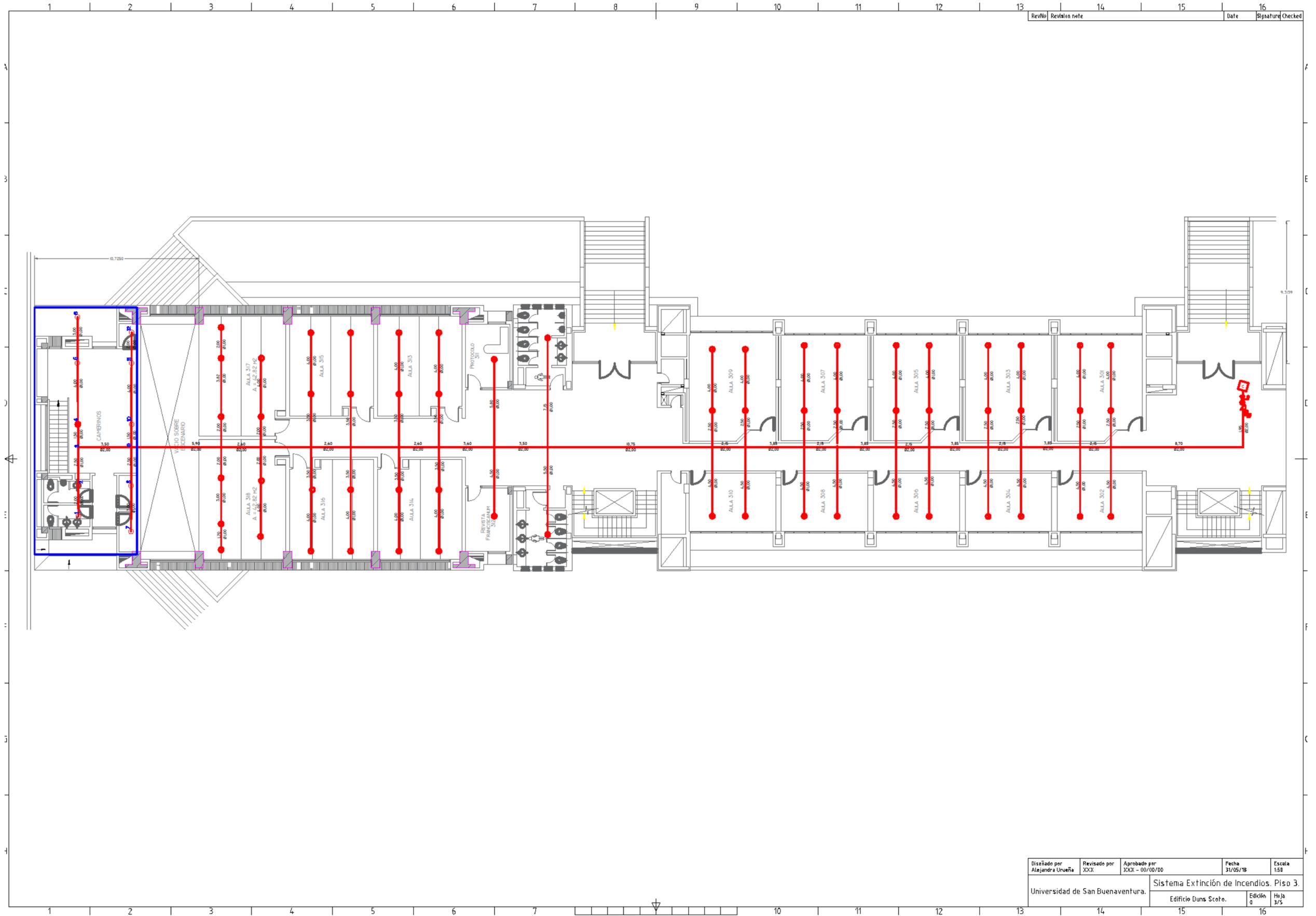
ANEXO 7. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 1. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR.



ANEXO 8. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 2. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR.

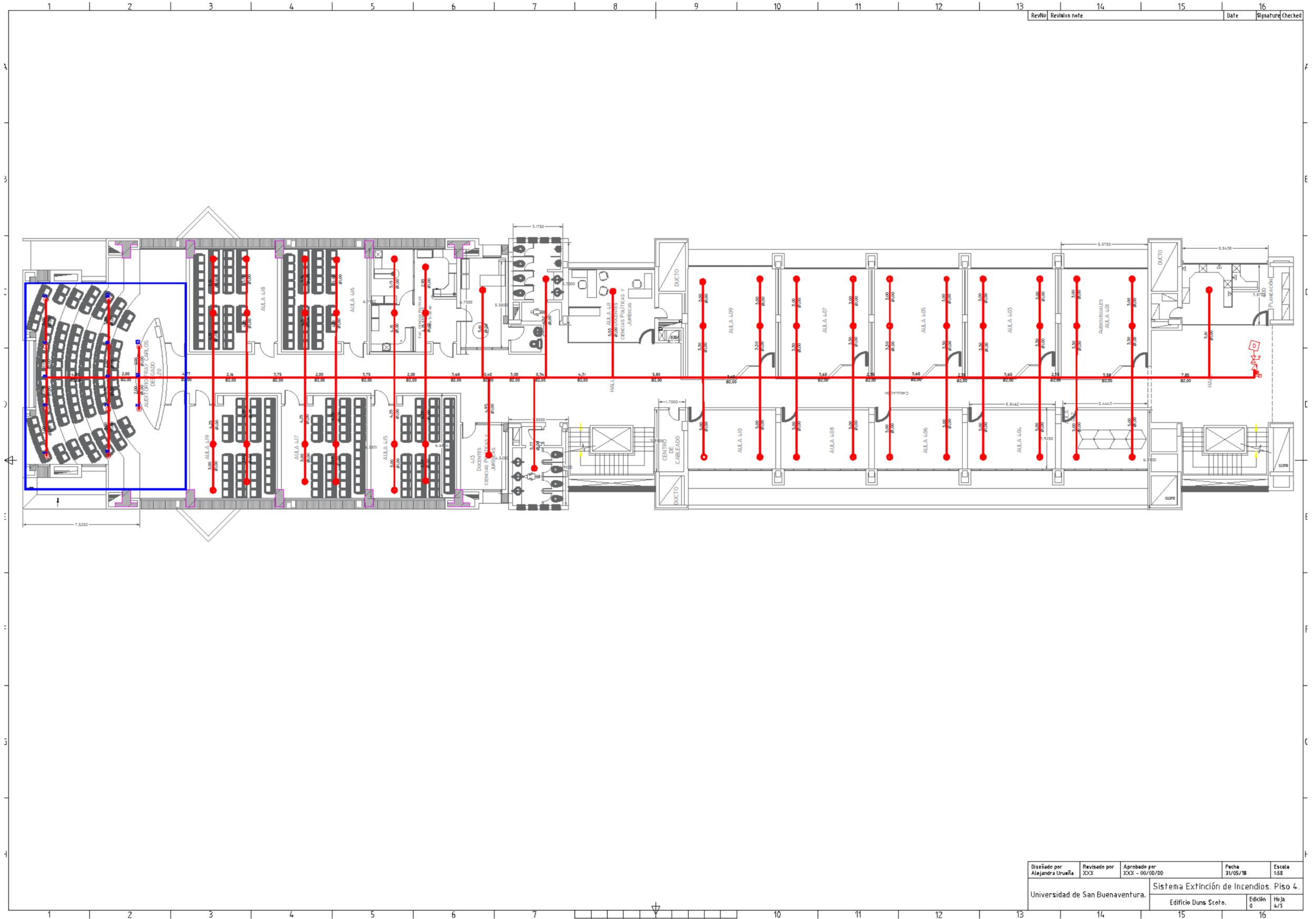


ANEXO 9. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 3. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR.



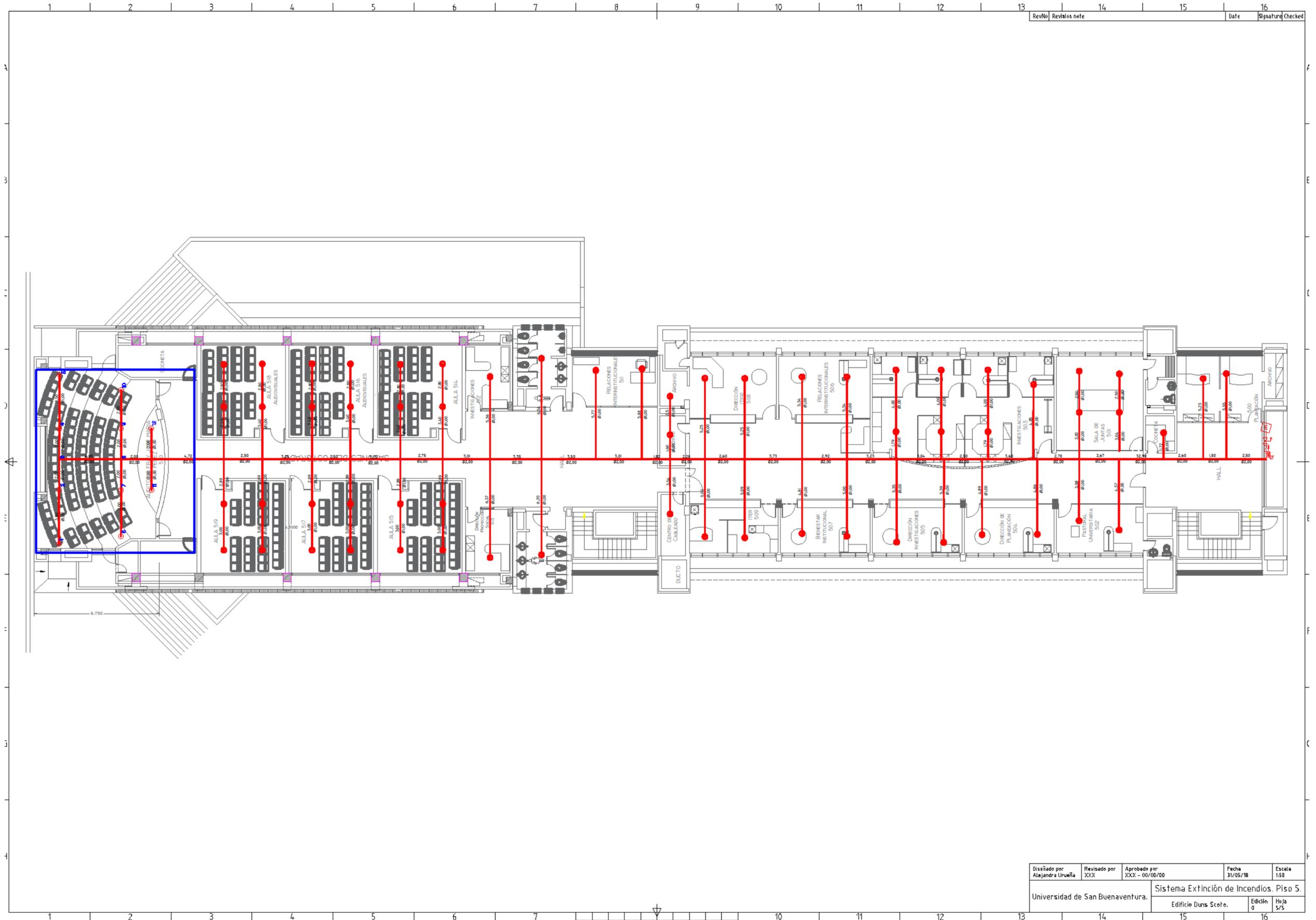
Diseñado por Alejandra Urueña	Revisado por XXX	Aprobado por XXX - 00/00/00	Fecha 31/05/18	Escala 1:50
Universidad de San Buenaventura.		Sistema Extinción de Incendios. Piso 3.		
		Edificio Duns Scoto.		Edición 0
				Hoja 3/5

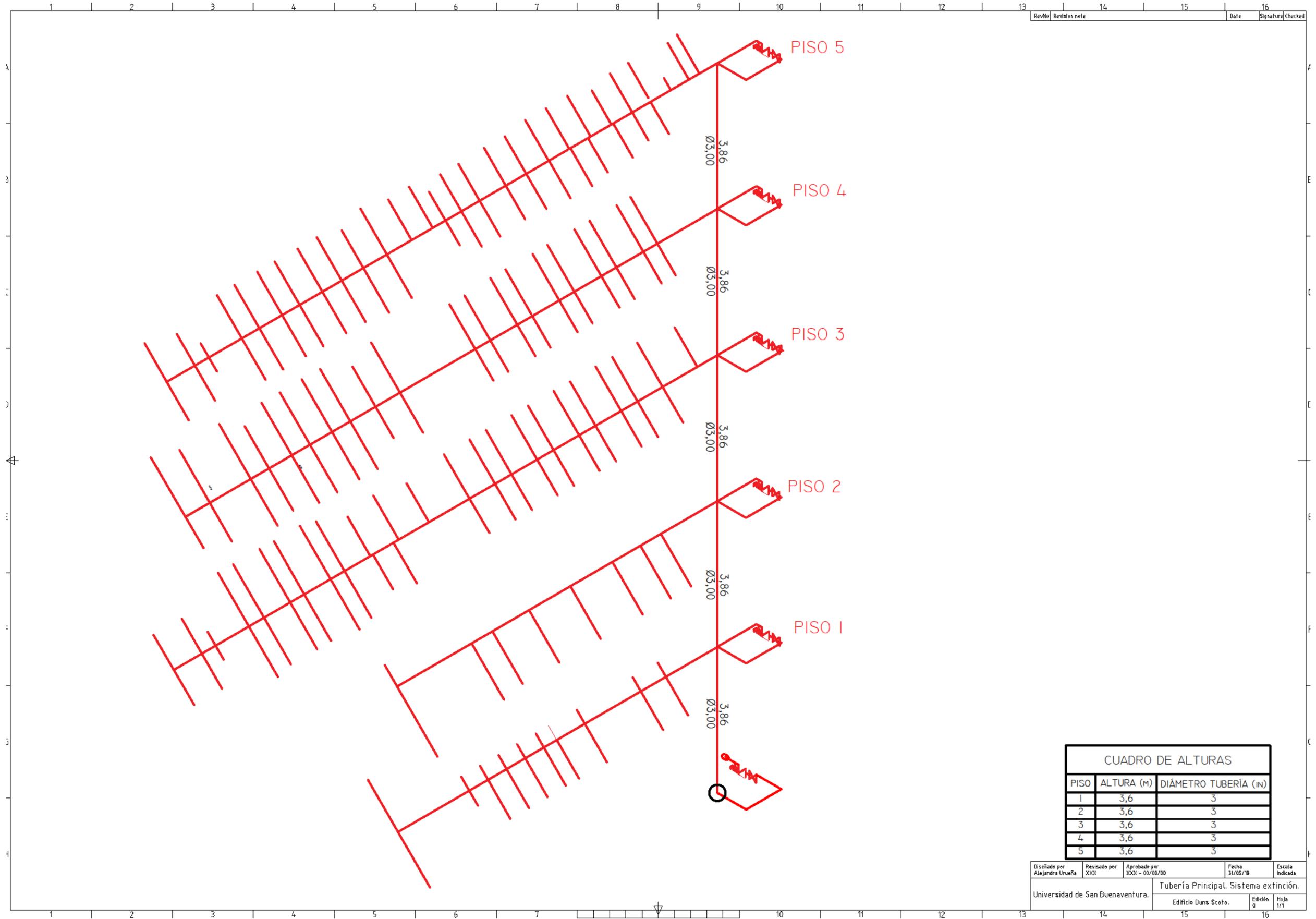
ANEXO 10. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 4. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR.



Diseñado por Alejandra Urueña	Revisado por XXX	Aprobado por XXX - 08/08/00	Fecha 31/05/18	Escala 1:58
Universidad de San Buenaventura.		Sistema Extinción de Incendios. Piso 4.		
		Edificio Duns Scotto.		Edición 0
				Hoja 4/5

ANEXO 11. SISTEMA DE EXTINCIÓN. PISO 5. EDIFICIO DUNS SCOTO. FUENTE: AUTOR.





CUADRO DE ALTURAS		
PISO	ALTURA (M)	DIÁMETRO TUBERÍA (IN)
1	3,6	3
2	3,6	3
3	3,6	3
4	3,6	3
5	3,6	3

Diseñado por: Alejandra Urueña	Revisado por: XXX	Aprobado por: XXX - 00/00/00	Fecha: 31/05/18	Escala: Indicada
Universidad de San Buenaventura.		Tubería Principal. Sistema extinción. Edificio Duns Scotto.		
		Edición: 0	Hoja: 1/1	

**ANEXO 13. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 1. EDIFICIO DUNS SCOTO.**

CÁLCULOS HIDRÁULICOS SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS												
Localización: Universidad de San Buenaventura. Edificio Duns Scoto - Piso 1.										Página No. 1 de 5		
Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Urueña Moncada.												
Fecha: 08 de Mayo de 2018.												
Piso No	Tramo/Nodo	Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)	Accesorios en Tuberías (ft)	Longitud Equivalente (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)	Notas				
<b>Ramal 1</b>												
1	a	q	D nominal	1,000			L	11,483	0,1618	Pr	16,143	
			D interno	1,049			F	0,000		Pe	0,000	
		Q	22,500	SCH	40			T		11,483	Pf	
2	a	q	D nominal	1,000			L	6,562	0,1790	Pt	18,001	
			D interno	1,049	T	5,000	F	5,000		Pe	0,000	
		Q	46,260	SCH	40			T		11,562	Pf	
<b>Ramal 2</b>												
3	a	q	D nominal	1,000	T	5,000	L	13,123	0,0987	Pr	9,458	q= 172,2236 ft2 *0,1 gpm/ft2
			D Interno	1,049			F	5,000		Pe	0,000	
		Q	17,222	SCH	40			T		18,123	Pf	
<b>Ramal 3</b>												
4	a	q	D nominal	1,000			L	11,483	0,1658	Pr	16,573	P=16,5731 k=5,6 q=k*√P = 5,6*√16,5731
			D Interno	1,049			F	0,000		Pe	0,000	
		Q	22,798	SCH	40			T		11,483	Pf	
5	a	q	D nominal	1,000			L	6,562	0,1833	Pt	18,477	q= k*√P=5,6*√18,476
			D Interno	1,049	T	5,000	F	5,000		Pe	0,000	
		Q	46,869	SCH	40			T		11,562	Pf	
<b>Ramal 4</b>												
6	a	q	D nominal	1,000	T	5,000	L	13,123	0,0771	Pr	7,241	q= 150,695 ft2*0,1 gpm/ft2
			D Interno	1,049			F	5,000		Pe	0,000	
		Q	15,070	SCH	40			T		18,123	Pf	
<b>Ramal 5</b>												
7	a	q	D nominal	1,000			L	11,483	0,1698	Pr	17,003	P= 17,0029 k=5,6 q=k*√P = 5,6*√17,0029
			D Interno	1,049			F	0,000		Pe	0,000	
		Q	23,091	SCH	40			T		11,483	Pf	
8	a	q	D nominal	1,000			L	6,562	0,1877	Pt	18,952	
			D Interno	1,049	T	5,000	F	5,000		Pe	0,000	
		Q	47,471	SCH	40			T		11,562	Pf	

<b>Ramal 6</b>														
9	12	12	q	17,222	D nominal	1,000	T	5,000	L	11,483	0,0987	Pr	9,458	q= 172,223 ft <sup>2</sup> *0,1 gpm/ft <sup>2</sup>
	a				D Interno	1,049			F	5,000		Pe	0,000	
	11				Q	40			T	16,483		Pf	1,627	
<b>Ramal 7</b>														
10	13	13	q	23,402	D nominal	1,000			L	11,483	0,1740	Pr	17,463	P= 17,4629 k=5,6 q=k*√P = 5,6*√17,4629
	a				D Interno	1,049			F	0,000		Pe	0,000	
	14				Q	40			T	11,483		Pf	1,998	
11	14	14	q	24,704	D nominal	1,000			L	6,562	0,1924	Pt	19,461	
	a				D Interno	1,049	T	5,000	F	5,000		Pe	0,000	
	15				Q	40			T	11,562		Pf	2,224	
<b>Ramal 8</b>														
12	16	16	q	15,070	D nominal	1,000	T	5,000	L	13,123	0,0771	Pr	7,241	q=150,695ft <sup>2</sup> * 0,1 gpm/ft <sup>2</sup>
	a				D Interno	1,049			F	5,000		Pe	0,000	
	15				Q	40,000			T	18,123		Pf	1,397	
<b>Ramal 9</b>														
13	17	17	q	23,708	D nominal	1,000			L	11,483	0,1782	Pr	17,923	P= 17,9229 k=5,6 q=k*√P = 5,6*√17,9229
	a				D Interno	1,049			F	0,000		Pe	0,000	
	18				Q	40			T	11,483		Pf	2,047	
14	18	18	q	25,025	D nominal	1,000			L	6,562	0,1970	Pt	19,970	
	a				D Interno	1,049	T	5,000	F	5,000		Pe	0,000	
	19				Q	40			T	11,562		Pf	2,278	
<b>Ramal 10</b>														
15	20	20	q	17,222	D nominal	1,000	T	5,000	L	6,562	0,0987	Pr	9,458	q= 172,223 ft <sup>2</sup> *0,1 gpm/ft <sup>2</sup>
	a				D Interno	1,049			F	5,000		Pe	0,000	
	19				Q	40			T	11,562		Pf	1,141	
<b>Tubería Principal</b>														
<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 3</b>														
16		3	q	70,019	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	10,599	q <sub>3</sub> =(q <sub>4</sub> *√(p <sub>2</sub> /p <sub>4</sub> ))+q <sub>3</sub> p <sub>3</sub> =10,599
					D Interno	0,000			F	0,000		Pe	0,000	
					Q	0,000			T	0,000		Pf	0,000	
17	3	3	q	70,019	D nominal	2,000			L	13,123	0,0486	Pt	10,599	
	a				D Interno	2,067			F	0,000		Pe	0,000	
	7				Q	40			T	13,123		Pf	0,638	
<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 7</b>														
18		7	q	105,517	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	11,237	q <sub>7</sub> =(q <sub>6</sub> *√(p <sub>3</sub> /p <sub>6</sub> ))+q <sub>3</sub> p <sub>7</sub> =11,237
					D Interno	0,000			F	0,000		Pe	0,000	
					Q	0,000			T	0,000		Pf	0,000	
19	7	7	q	105,517	D nominal	2,000			L	13,123	0,1038	Pt	11,237	
	a				D Interno	2,067			F	0,000		Pe	0,000	
	11				Q	40			T	13,123		Pf	1,362	

<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 11</b>													
20	11	q	142,070	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	12,599	q11=q10*√(p7/p10) +q7 p11=12,599
				D Interno	0,000			F	0,000		Pe	0,000	
		Q		SCH	0,000			T	0,000		Pf	0,000	
21	11	q	142,070	D nominal	2,000			L	13,123	0,1799	Pt	12,599	q11=71,849760 p11=12,599
		a		D Interno	2,067			F	0,000		Pe	0,000	
		15		Q	SCH	40			T		13,123	Pf	
<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 15</b>													
22	15	q	180,776	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	14,960	q15=q14*√(p11/p14)+q11 p15=14,960
				D Interno	0,000			F	0,000		Pe	0,000	
		Q		SCH	0,000			T	0,000		Pf	0,000	
23	15	q	180,776	D nominal	2,000			L	13,123	0,2810	Pt	14,960	q15=63,808709 p15=14,960
		a		D Interno	2,067			F	0,000		Pe	0,000	
		19		Q	SCH	40			T		13,123	Pf	
<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 19</b>													
24	19	q	222,955	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	18,647	q19=q18*√(p15/p18)+q15 p19=18,647
				D Interno	0,000			F	0,000		Pe	0,000	
		Q		SCH	0,000			T	0,000		Pf	0,000	
25	19	q	222,955	D nominal	2,000	T	10,000	L	24,155	0,4141	Pt	18,647	
		a		D Interno	2,067			F	10,000		Pe	0,000	
		D		Q	SCH	40			T		34,155	Pf	
26	D	q	222,955	D nominal	3,000	T	15,000	L	3,094	0,0605	Pt	32,792	
		a		D Interno	3,068			F	15,000		Pe	0,000	
		E		Q	SCH	40			T		18,094	Pf	
27	E	q	222,955	D nominal	3,000	2E	14,000	L	64,436	0,0605	Pt	33,887	
		a		D Interno	3,068			F	14,000		Pe	0,000	
		F		Q	SCH	40			T		78,436	Pf	
28	BOMBAS	q	222,955	D nominal	3,000	E	7,000	L	13,123	0,0605	Pt	38,634	
		a		D Interno	3,068	G	16,000	F	24,000		Pe	3,600	
		Q		SCH	40	CV	1,000	T	37,123		Pf	2,247	
<b>RESULTADO</b>	<b>Qt</b>	<b>222,955 gpm ( L/min)</b>									<b>Pt</b>	<b>44,480078</b>	

## ANEXO 14. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 2. EDIFICIO DUNS SCOTO.

<b>CÁLCULOS HIDRÁULICOS SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS</b>														
Localización: Universidad de San Buenaventura. Edificio Duns Scoto - Piso 2.										<b>Página No. 2 de 5</b>				
Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Uruña Moncada.														
Fecha: 08 de Mayo de 2018.														
Paso N°.	Tramo/ Nodo	Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)	Accesorios en Tuberías (ft)	Longitud Equivalente (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)	Notas						
<b>Ramal 1</b>														
1	a	1	q	21,625	D nominal	1,000		L	13,123	0,1504	Pr	14,912	q=216,24696 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					SCH	40		T	13,123		Pf	1,973		
2	a	2	q	23,011	D nominal	1,000		L	6,562	0,1687	Pt	16,885		
					D interno						Pe	0,000		
					R	1,049		F	0,000		Pf	1,107		
3	a	3	q	23,753	D nominal	1,000		L	6,562	0,1789	Pr	17,992		
					D Interno	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe	0,000	
					SCH	40		T	11,562		Pf	2,068		
<b>Ramal 2</b>														
7	a	5	q	12,917	D nominal	1,000		L	9,842	0,0580	Pr	5,320	q= 129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D Interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					SCH	40		T	9,842		Pf	0,570		
8	a	6	q	13,592	D nominal	1,000		L	9,842	0,0637	Pt	5,891		
					D interno						Pe	0,000		
					R	1,049		F	0,000		Pf	0,627		
9	a	7	q	14,296	D nominal	1,000		L	49,213	0,0699	Pr	6,517		
					D Interno	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe	0,000	
					SCH	40		T	54,213		Pf	3,791		
<b>Tubería Principal</b>														
<b>BALANCE HIDRÁULICO PUNTO 8</b>														
10		4	q	92,142	D nominal	2,000		L	0,000	0,0000	Pt	10,308	q4= q5*√(p3/p5)+q3	
					D Interno	2,067		F	0,000		Pe	0,000		
					SCH	40		T	0,000		Pf	0,000		
11	a	4	q	92,142	D nominal	2,000	4E	20,000	L	105,886	0,0808	Pt	10,308	
					D Interno	2,067	CV	1,000	F	32,000		Pe	0,000	
					SCH	40	G	11,000	T	137,886		Pf	11,136	
12	C	C	q	92,142	D nominal	3,000	E	7,000	L	105,886	0,0118	Pt	21,444	

	a			D Interno	3,068		0,000	F	7,000		Pe	5,320	pe=0,433*(12,286f)		
	D	Q	92,142	SCH	40		0,000	T	112,886		Pf	1,332			
13	C	C	q	92,142	D nominal	3,000	E	7,000	L	105,886	0,0118	Pt	22,776	pe=0,433*(12,286f)	
	a				D Interno	3,068		0,000	F	7,000		Pe	5,320		
	D				SCH	40		0,000	T	112,886		Pf	1,332		
13	D	D	q	92,142	D nominal	3,000	T	15,000	L	3,094	0,0118	Pt	24,108		
	a				D Interno	3,068		0,000	F	15,000		Pe	0,000		
	E				SCH	40		0,000	T	18,094		Pf	0,214		
13	E	E	q	92,142	D nominal	3,000	2E	14,000	L	105,886	0,0118	Pt	24,322		
	a				D Interno	3,068		0,000	F	14,000		Pe	0,000		
	F				SCH	40		0,000	T	119,886		Pf	1,415		
13	F	F	q	92,142	D nominal	3,000	E	7,000	L	13,230	0,0118	Pt	25,736	pe= 0,433 (8,314ft)	
	a				D Interno	3,068	G V	16,000	F	24,000		Pe	3,600		
	BOMBA														
					Q	SCH	40	CV	1,000	T		37,230	Pf		0,439
<b>RESULTADO</b>		<b>Qt</b>	<b>92,142 gpm</b>									<b>Pt</b>	<b>29,775810 psi</b>		

## ANEXO 15. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 3. EDIFICIO DUNS SCOTO.

CÁLCULOS HIDRÁULICOS SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS														
Localización: Universidad de San Buenaventura. Edificio Duns Scotto - Piso 3.										Página No. 3 de 5				
Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Urueña Moncada.														
Fecha: 08 de Mayo de 2018.														
Paso N°.	Tramo/ Nodo	Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)	Accesorios en Tuberías (ft)	Longitud Equivalent e (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)	Notas						
<b>Ramal 1</b>														
1	a	1	q	D nominal	1,000			L	6,562	0,1618	Pr	16,143	q=225 ft2 *0,1 gpm/ft2	
				22,500	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	22,500	SCH	40			T		6,562	Pf		1,062
2	a	2	q	D nominal	1,000			L	13,123	0,1716	Pr	17,205	q=216.24696 ft2 *0,1 gpm/ft2	
				23,228	D interno	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	23,228	SCH	40			T		18,123	Pf		3,111
<b>Ramal 2</b>														
3	a	6	q	D nominal	1,000			L	9,842	0,0453	Pr	4,073	q=113,021 ft2 *0,1 gpm/ft2	
				11,302	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	11,302	SCH	40			T		9,842	Pf		0,446
4	a	5	q	D nominal	1,000			L	13,123	0,0498	Pr	4,519		
				11,904	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	23,206	SCH	40			T		13,123	Pf		0,654
5	a	4	q	D nominal	1,000			L	4,921	0,0565	Pr	5,173		
				12,737	D interno	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	34,508	SCH	40			T		9,921	Pf		0,560
<b>Ramal 3</b>														
6	a	7	q	D nominal	1,000			L	9,842	0,0453	Pr	4,073	q=113,0211 ft2 *0,1 gpm/ft2	
				11,302	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	11,302	SCH	40			T		9,842	Pf		0,446
7	a	8	q	D nominal	1,000			L	8,202	0,0498	Pr	4,519		
				11,904	D interno	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	23,206	SCH	40			T		13,202	Pf		0,658
<b>Ramal 4</b>														
8	a	12	q	D nominal	1,000			L	9,842	0,0214	Pr	1,810	q=75,347 ft2 *0,1 gpm/ft2	
				7,535	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	7,535	SCH	40			T		9,842	Pf		0,210
9	a	11	q	D nominal	1,000			L	6,561	0,0237	Pr	2,021		
				7,961	D interno	1,049			F		0,000	Pe		0,000
			Q	15,495	SCH	40			T		6,561	Pf		0,155

10	10	10	q		D nominal	1,000			L	4,921	0,0253	Pr	2,176		
	a		8,261	D interno	1,049	T	5,000	F	5,000	Pe		0,000			
	9		23,030	SCH	40			T	9,921	Pf		0,251			
<b>Tubería Principal</b>															
<b>BALANCE HIDRAÚLICO PUNTO 3</b>															
11		3	q		D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	2,428	$q_3 = q_4 \cdot \sqrt{(p_2/p_4)} + q_2$	
			23,808	D Interno	0,000			F	0,000	Pe		0,000			
			23,808	SCH	0,000			T	0,000	Pf		0,000			
12	3	3	q		D nominal	2,000			L	11,482	0,0066	Pt	2,428		
	a		23,808	D Interno	2,067			F	0,000	Pe		0,000			
	9		23,808	SCH	40			T	11,482	Pf		0,076			
<b>BALANCE HIDRAÚLICO PUNTO 9</b>															
13		9	q		D nominal	2,000			L	0,000	0,0000	Pt	2,503	$q_9 = q_8 \cdot \sqrt{(p_3/p_8)} + q_3$	
			40,817	D Interno	2,067			F	0,000	Pe		0,000			
			40,817	SCH	40			T	0,000	Pf		0,000			
14	9	9	q		D nominal	2,000			L	105,886	0,0179	Pt	2,503		
	a		40,817	D Interno	2,067			F	0,000	Pe		0,000			
	C		40,817	SCH	40			T	105,886	Pf		1,896			
15	C	B	q		D nominal	3,000	E	7,000	L	105,886	0,0026	Pt	4,399	$p_e = 0,433 \cdot (17,99 \text{ft})$	
	a		40,817	D Interno	3,068			F	7,000	Pe		7,790			
	D		40,817	SCH	40,000			T	112,886	Pf		0,295			
16	C	D	q		D nominal	3,000	T	5,000	L	105,886	0,0026	Pt	4,695	$p_e = 0,433 \cdot (12,286 \text{ft})$	
	a		40,817	D Interno	3,068			F	5,000	Pe		5,320			
	D		40,817	SCH	40			T	110,886	Pf		0,290			
17	D	E	q		D nominal	3,000	2E	14,000	L	3,094	0,0026	Pt	4,985	$p_E = 105,395 \text{ psi}$	
	a		40,817	D Interno	3,068			F	14,000	Pe		0,000			
	E		40,817	SCH	40			T	17,094	Pf		0,045			
18	E	F	q		D nominal	3,000	E	7,000	L	105,886	0,0026	Pt	5,030		
	a		40,817	D Interno	3,068	G	16,000	F	24,000	Pe		0,000			
	F		40,817	SCH	40	CV	1,000	T	129,886	Pf		0,340			
<b>RESULTADO</b>		<b>Qt</b>	<b>40,817431 gpm</b>									<b>Pt</b>	<b>5,369550 psi</b>		

## ANEXO 16. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 4. EDIFICIO DUNS SCOTO.

<b>CÁLCULOS HIDRÁULICOS SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS</b>													
Localización: Universidad de San Buenaventura. Edificio Duns Scotto - Piso 4.										<b>Página No. 4 de 5</b>			
Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Urueña Moncada.													
Fecha: 08 de Mayo de 2018.													
Paso N°.	Tramo/ Nodo	Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)	Accesorios en Tuberías (ft)	Longitud Equivalent e (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)	Notas					
<b>Ramal 1</b>													
1	a	1	q	D nominal	1,000		L	9,842	0,1618	Pr	16,143	q=225 ft2 *0,1 gpm/ft2	
			22,500	D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
			Q	22,500	SCH	40		T		9,842	Pf		1,593
2	a	2	q	D nominal	1,000		L	6,561	0,1765	Pt	17,736		
			23,584	D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	46,084	SCH	40		T		11,561	Pf		2,041
<b>Ramal 2</b>													
3	a	5	q	D nominal	1,000		L	9,842	0,0580	Pr	5,320	q=129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
			12,917	D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
			Q	12,917	SCH	40		T		9,842	Pf		0,570
4	a	4	q	D nominal	1,000		L	6,561	0,0637	Pt	5,891		
			13,592	D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	26,508	SCH	40		T		11,561	Pf		0,736
<b>Ramal 3</b>													
5	a	6	q	D nominal	1,000		L	9,842	0,0580	Pr	5,320	q=129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
			12,917	D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
			Q	12,917	SCH	40		T		9,842	Pf		0,570
6	a	7	q	D nominal	1,000		L	6,561	0,0637	Pt	5,891		
			13,592	D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	26,508	SCH	40		T		11,561	Pf		0,736
<b>Ramal 4</b>													
7	a	10	q	D nominal	1,000		L	9,842	0,0580	Pr	5,320	q=129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
			12,917	D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
			Q	12,917	SCH	40		T		9,842	Pf		0,570
8	a	9	q	D nominal	1,000		L	6,561	0,0637	Pt	5,891		
			13,592	D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
			Q	26,508	SCH	40		T		11,561	Pf		0,736
<b>Ramal 5</b>													
9	11	11	q	D nominal	1,000		L	6,561	0,0076	Pr	0,591	q=43,055 ft2 *0,1 gpm/ft2	
	a		4,306	D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		

	12		Q	4,306	SCH	40			T	6,561		Pf	0,050		
<b>Ramal 6</b>															
10	13	a	13	q	4,306	D nominal	1,000			L	6,561	0,0076	Pr	0,591	q=43,055 ft2 *0,1 gpm/ft2
	D interno					1,049			F	0,000	Pe		0,000		
	12					Q	4,306	SCH	40				T	6,561	
<b>Tubería Principal</b>															
<b>BALANCE HIDRAÚLICO PUNTO 3</b>															
11			3	q	92,080	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	0,641	q3= (q4*√(p2/p4)+ q2)
	D Interno					0,000			F	0,000	Pe		0,000		
	Q					92,080	SCH	0,000			T		0,000	Pf	
12	3	a	3	q	92,080	D nominal	2,000			L	13,123	0,0807	Pt	0,641	
	D Interno					2,067			F	0,000	Pe		0,000		
	8					Q	92,080	SCH	40				T	13,123	
<b>BALANCE HIDRAÚLICO PUNTO 8</b>															
13			8	q	100,824	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	1,699	q8= (q7*√(p3/p7)+ q3)
	D Interno					0,000			F	0,000	Pe		0,000		
	Q					100,824	SCH	0,000			T		0,000	Pf	
14	8	a	8	q	100,824	D nominal	2,000			L	6,561	0,0954	Pt	1,699	
	D Interno					2,067			F	0,000	Pe		0,000		
	12					Q	100,824	SCH	40				T	6,561	
<b>BALANCE HIDRAÚLICO PUNTO 12</b>															
15			12	q	108,124	D nominal	0,000			L	0,000	0,0000	Pt	2,325	q12= q11*√(p8/p11) +q8
	D Interno					0,000			F	0,000	Pe		0,000		
	Q					108,124	SCH	0,000			T		0,000	Pf	
16	12	a	12	q	108,124	D nominal	2,000	E	10,000	L	87,697	0,1086	Pt	2,325	
	D Interno					2,067	CV	3,500	F	17,000	Pe		0,000		
	A					Q	108,124	SCH	40	GV	3,500		T	104,697	
17	A	a	A	q	108,124	D nominal	2,000	E	7,000	L	27,020	0,1086	Pt	13,692	pe=0,433*(12, 286ft)
	D Interno					2,067		0,000	F	7,000	Pe		5,320		
	D					Q	108,124	SCH	40		0,000		T	34,020	
18	D	a	D	q	108,124	D nominal	3,000	T	15,000	L	2,625	0,0159	Pt	17,386	pe=0,433*(25, 067ft)
	D Interno					3,068		0,000	F	15,000	Pe		10,854		
	E					Q	108,124	SCH	40		0,000		T	17,625	
19	E	a	E	q	108,124	D nominal	3,000	2E	14,000	L	128,510	0,0159	Pt	17,665	
	D Interno					3,068		0,000	F	14,000	Pe		0,000		
	F					Q	108,124	SCH	40		0,000		T	142,510	
20	F	a	F	q	108,124	D nominal	3,000	E	7,000	L	13,123	0,0159	Pt	19,926	pe= 0,433 (8,314ft)
	D Interno					3,068	GV	8,500	F	24,000	Pe		3,600		

	BOMBA														
		Q	108,124	SCH		40	CV	8,500	T	37,123		Pf	0,589		
<b>RESULTADO</b>		<b>Qt</b>	<b>108,124492 gpm</b>									<b>Pt</b>	<b>24,115017 psi</b>		
<b>S</b>															

## ANEXO 17. CÁLCULOS HIDRÁULICOS, PISO 5. EDIFICIO DUNS SCOTO.

<b>CÁLCULOS HIDRÁULICOS SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS</b>														
<b>Localización: Universidad de San Buenaventura. Edificio Duns Scotto - Piso 5.</b>										<b>Página No. 5 de 5</b>				
<b>Nombre del Diseñador: Ma. Alejandra Urueña Moncada.</b>														
<b>Fecha: 08 de Mayo de 2018.</b>														
Paso N°.	Tramo/ Nodo	Caudal (gpm)	Dimensión de la Tubería (in)		Accesorios en Tuberías (ft)	Longitud Equivalente (ft)	Perdidas de Presión (psi/ft)	Sumatoria de Presión (psi)	Notas					
<b>Ramal 1</b>														
1	a	1	q	22,500	D nominal	1,000		L	11,482	0,1618	Pr	16,143	q=225 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					Q	40,000		T	11,482		Pf	1,858		
2	a	2	q	23,760	D nominal	1,000		L	6,561	0,1790	Pt	18,001		
					D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
					Q	40		T	11,561		Pf	2,069		
<b>Ramal 2</b>														
3	a	5	q	15,070	D nominal	1,000		L	11,482	0,0771	Pr	7,241	q=150,695 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					Q	40		T	11,482		Pf	0,885		
4	a	4	q	15,964	D nominal	1,000		L	6,561	0,0858	Pt	8,126		
					D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
					Q	40		T	11,561		Pf	0,991		
<b>Ramal 3</b>														
5	a	6	q	12,917	D nominal	1,000		L	9,842	0,0580	Pr	5,320	q=129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					Q	40		T	9,842		Pf	0,570		
6	a	7	q	13,592	D nominal	1,000		L	6,561	0,0637	Pt	5,891		
					D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
					Q	40		T	11,561		Pf	0,736		
<b>Ramal 4</b>														
7	a	10	q	12,917	D nominal	1,000		L	8,202	0,0580	Pr	5,320	q=129,167 ft2 *0,1 gpm/ft2	
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		
					Q	40		T	8,202		Pf	0,475		
8	a	9	q	13,481	D nominal	1,000		L	6,561	0,0627	Pt	5,796		
					D interno R	1,049	T	5,000	F		5,000	Pe		0,000
					Q	40		T	11,561		Pf	0,725		
<b>Ramal 5</b>														
9	a	11	q	8,611	D nominal	1,000		L	6,561	0,0274	Pr	2,365		
					D interno	1,049		F	0,000		Pe	0,000		





# ANEXO 18. BOMBEO CERTIFICADO UL/FM.

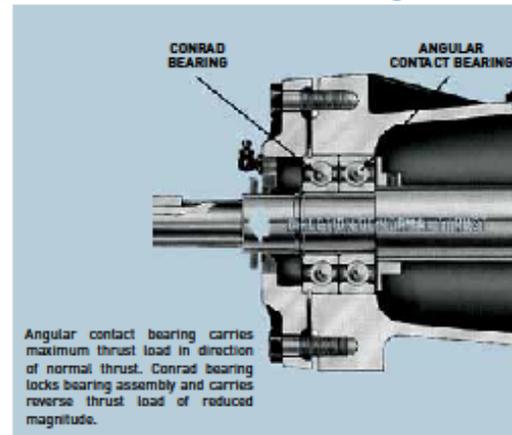
## TWO STAGE END SUCTION PUMPS

# Engineering Specifications

## Design Details

Area	Description	Power Series	
		2	3
Pump Shaft	Rotation from Driver End	CW	CW
	Diameter at Impeller	1-1/4	1-1/2
	Diameter at Shaft Sleeve	1-3/8	1-1/2
	Diameter between Bearings	1-15/16	2-3/8
	Diameter at Coupling End	1-1/8	1-3/8
	Coupling Key - Square	1/4	3/8
	Maximum Deflection at Seal Face	.002	.002
	Outside Diameter of Sleeve	1-3/4	1-3/4
Ball Bearing	Bearing (Inb. Radial)	308	310
	Bearing (Matched Set)		
	Conrad	308	310
	Angular Contact	7308	7310
	Bearing Centers	7-11/16	7-11/16
	Minimum B <sub>10</sub> Bearing Life under Maximum Load	2 yrs.	2 yrs.

## Outboard Tandem Thrust Bearing



## Limitations

Maximum Limitations Based on Standard Materials and Pumping Clear Water		
Speed - RPM	Model 374	3600
HP	1-1/2 x 3 x 10	60
	2 x 4 x 10	100
Hydrostatic Test Pressure psi		600
Case Working Pressure psi	-20° to 150° F	400
	200° F	370
	225° F	355
	250° F	340
	275° F	325
	300° F	310
Suction Pressure psi		100
Temperature ° F	Sealing Method	Frame Mounted
	Standard High Temperature Mechanical Seal	225
	Special High Temperature Mechanical Seal	300

## Materials of Construction

Pump Part	Iron Fitted	All Iron
Bracket	Cast Iron ASTM A48	Cast Iron ASTM A48
Casing	Cast Iron ASTM A48	Cast Iron ASTM A48
Impellers	Cast Iron ASTM A48	Cast Iron ASTM A48
Cover	Cast Iron ASTM A48	Cast Iron ASTM A48
Mechanical Seal	303 Stainless Steel Metal Parts Buna-N Elastomer Parts Ceramic Seat and Carbon Washer	
Power Frame	Cast Iron ASTM A48	Cast Iron ASTM A48
Shaft	Steel AISI C1045	Steel AISI C1045
Sleeves	Bronze ASTM B62	Stainless Steel AISI 316
Wearing Rings	Bronze ASTM B62	Cast Iron ASTM A48