



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.

Evaluación y rediseño de la red de agua potable, saneamiento interno y sistema contra incendios del Hogar Miguel León.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES.

Autor:

CRIOLLO AYALA CHRISTIAN ISMAEL
ZARUMEÑO ALULIMA CARLOS IVÁN

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA, ECUADOR

2020

DEDICATORIA.

El presente trabajo de graduación dedico a mis padres Patricio y Rosa por su amor, trabajo y sacrificio, han sido un pilar fundamental para mi formación personal y académica; a mi esposa Hsin Hui por siempre darme fuerzas y brindarme apoyo incondicional durante todo este proceso. Finalmente, a mi hijo Emilio Jhe Kai el cual ha sido mi orgullo y ha sido inspirador para cada decisión de mi vida.

Christian Ismael Criollo Ayala

Dedicatoria muy especial para mis padres José y Farita, ellos siempre me han apoyado incondicionalmente para que yo pueda culminar mi carrera profesional, han sido mi constante inspiración, mis mejores ejemplos en mi vida. Gracias por los valores enseñados en el hogar ya que me han servido muchísimo para mi desarrollo personal y profesional.

Carlos Iván Zarumeño Alulima

AGRADECIMIENTO.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por transmitirme amor y sentir que está a mi lado guiándome pese a mis caídas siempre me ayuda a levantarme generando cambios a mi vida personal.

Así mismo, deseo expresar mis agradecimientos a toda mi Familia por llenar mi vida de buenos recuerdos ya que han aportado grandes consejos para que sea una persona que puede tomar decisiones con ética y responsabilidad.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haber aportado sus conocimientos y el seguimiento para que el proyecto se realice.

Finalmente extiendo mis agradecimientos al Hogar Miguel León por haber confiado en nosotros y poder hacer realidad un proyecto que servirá a la sociedad.

Christian Ismael Criollo Ayala

Mi agradecimiento muy especial para mis padres, por los valores brindados y sobre todo por el apoyo moral, han sido la base fundamental para poder cumplir esta meta.

Carlos Iván Zarumeño Alulima

Contenido

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de tablas.....	ix
Índice de ecuaciones	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
Introducción	1
Generalidades	2
Antecedentes	2
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Alcance.....	3
Justificación.....	3
CAPÍTULO I. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO E HIDROSANITARIO DEL HOGAR MIGUEL LEÓN	4
1.1. Descripción general de la zona.....	4
1.2. Levantamiento topográfico.....	6
1.2.1. Herramienta seleccionada para el levantamiento	6

1.2.2. Proceso para realizar el levantamiento topográfico	7
1.3. Levantamiento de la infraestructura hidráulica existente.....	10
1.3.1. Información general de la red de evacuación de aguas servidas y aguas pluviales	10
1.3.2. Información general de la red de agua potable fría.....	11
1.3.3. Datos sanitarios externos.....	13
CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LA RED ACTUAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO INTERNO	15
2.1 Necesidad de renovación de un sistema.....	15
2.2 Problemas comunes causantes del deterioro.....	15
2.2.1 Factores de deterioro en tuberías.....	15
2.2.2 Factores de deterioro de la red agua potable	17
2.3 Determinación del estado actual de las redes de agua potable interno	18
2.3.1 Componentes del Sistema	19
2.3.2 Uso y demanda actual	22
2.4 Determinación del estado de las redes de saneamiento interno y accesorios	23
2.4.1 Área comercial	24
2.4.2 Área domestica.....	26
2.5 Análisis para la implementación de un sistema contra incendios	31
3.1 Diseño de la red de agua potable fría y agua caliente	33

3.1.1 Normativa aplicable	33
3.1.2 Partes de una red de agua potable	34
3.1.3 Accesorios de la red	34
3.1.4 Selección de tubería a utilizar	36
3.1.5 Dimensionamiento de la red de agua potable	37
3.1.6. Dimensionamiento de la cisterna de consumo y sistema de bombeo	46
3.1.7 Resultados	48
3.2 Diseño de la red de saneamiento.....	49
3.2.1. Partes de una red de saneamiento.....	49
3.2.2. Accesorios de una red de saneamiento.....	50
3.2.3. Selección de la tubería a utilizar	50
3.2.4. Dimensionamiento de la red de saneamiento.....	51
3.3. Diseño de la red de protección contra incendios.....	55
3.3.1. Normativa usada.....	56
3.3.2. Sistemas contra incendios incorporados al proyecto	56
3.3.3. Diseño del sistema de rociadores	57
3.3.4 Diseño de la red de agua para BIEs (boca de incendio equipadas).....	65
3.3.5. Dimensionamiento de red de tuberías para rociadores	72
3.3.6. Resultados	72
3.4 Medidas de prevención contra incendios	73

3.4.1 Iluminación de emergencia	73
3.4.2 Señal de alarma sonora	74
3.4.3 Señalización de emergencia	75
3.4.4 Extintores portátiles contra incendios.....	76
CAPÍTULO IV: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO	77
4.1. Especificaciones técnicas	77
4.2. Cantidades de obra	77
4.3. Análisis de precios unitarios	78
4.4. Presupuesto	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
Conclusiones	79
Recomendaciones.....	81
Bibliografía	82
Anexo 1	83
Anexo 2 y 4.....	83
Anexo 3 y 5	83
Anexo 6.....	83
Anexo 7	83
Anexo 8	83
Anexo 9.....	83

Anexo 10.....	83
Anexo 11.....	83
Anexo 12.....	83
Anexo 13.....	84

Índice de tablas

Tabla 1.1 Puntos de control obtenidos con GPS diferencial.....	7
Tabla 1.2 Catastro hidrosanitario - planta baja	12
Tabla 1.3 Catastro hidrosanitario - planta alta	13
Tabla 2.1 Consumos de agua potable en 2019.....	19
Tabla 2.2 Calculo de consumo de agua domestico - comercial	22
Tabla 2.3 Consumo de agua mensual promedio	23
Tabla 2.4 Estado de instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 1 y 5	24
Tabla 2.5 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 2 y 6..	25
Tabla 2.6 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 1 y 2..	25
Tabla 2.7 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 4.....	25
Tabla 2.8 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 1 planta baja.....	27
Tabla 2.9 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 2 planta baja.....	27
Tabla 2.10 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 3 planta baja.....	28
Tabla 2.11 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 4 planta baja.....	28
Tabla 2.12 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 5 planta baja.....	28
Tabla 2.13 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 6 planta baja.....	29
Tabla 2.14 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 7 planta baja.....	30
Tabla 2.15 Cantidad de aparatos sanitarios en predio.....	30
Tabla 3.1 Diámetros comerciales de tubería para agua potable.....	37
Tabla 3.2 Cálculo de caudal Total de consumo dentro del predio	38
Tabla 3.7 Alturas de cada nivel en las edificaciones	46
Tabla 3.8 Puntos de consumo para el calculo	46
Tabla 3.9 Diámetros comerciales de tubería de PVC sanitaria.....	50

Tabla 3.10 Diámetros comerciales de accesorios de PVC comerciales.....	51
Tabla 3.11 Cantidad de aparatos sanitarios que descargan en la red proyectada.....	53
Tabla 3.12 Periodos de retorno establecidos en función de las áreas de aporte.....	55
Tabla 3.13 cantidad de tuberías según su diámetro.....	65

Índice de ecuaciones

Ecuación 3.1	39
Ecuación 3.2	39
Ecuación 3.3	41
Ecuación 3.4	41
Ecuación 3.5	42
Ecuación 3.6	42
Ecuación 3.7	42
Ecuación 3.9	43
Ecuación 3.10	44
Ecuación 3.11	48
Ecuación 3.12	48
Ecuación 3.13	51
Ecuación 3.14	52
Ecuación 3-15	54
Ecuación 3.16	54
Ecuación 3.17	62
Ecuación 3.18	63
Ecuación 3.19	69
Ecuación 3.20	69
Ecuación 3.21	71
Ecuación 3.22	71

Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación del Hogar Miguel León	4
Figura 1.2 Nube de puntos, creada en Aguisoft Photoscan	8
Figura 1.3 Levantamiento Topográfico - curvas de nivel	8
Figura 1.4 Levantamiento topográfico - planta de cubiertas	9
Figura 1.5 Levantamiento topográfico - planimetría predio	10
Figura 1.6 División del predio por bloques - planta baja	12
Figura 1.7 División del predio por bloques - planta alta	13
Figura 1.8 Red de evacuación de aguas existente	14
Figura 2.1 Daño en tubería, causado por sulfato de hidrogeno	16
Figura 2.2 Sistema de bombeo existente deshabilitado	20
Figura 2.3 Cisterna existente - zona de fisuras	20
Figura 2.4 Red de tuberías existentes - termino su vida útil	21
Figura 2.5 Clasificación del consumo de agua potable	23
Figura 2.6 Extintores existentes - terminaron su vida útil	32
Figura 3.7 Esquema de una instalación de suministro de agua tipo	36
Figura 3.8 valores del Factor A, B para cálculo de Longitud equivalente	43
Figura 3.9 Diagrama de Moody	44
Figura 3.10 Dotación para cálculo de la reserva de agua fría	46
Figura 3.11 Curvas de densidad/área - riesgo de fuego	58
Figura 3-12. Datos hidráulicos de los rociadores	59
Figura 3.13 Área protegida y espaciamiento de rociadores	60
Figura 3.14 Características de descarga de los rociadores	60

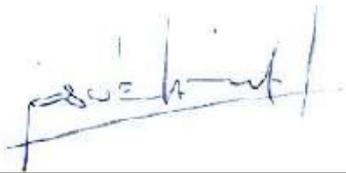
Figura 3.15 Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores colgantes y montantes para riesgo leve	61
Figura 3.16 Datos técnicos de la tubería para el cálculo hidráulico	62
Figura 3.17 Tabla de longitudes equivalentes de accesorios de tuberías de acero	63
Figura 3.18 Duración de abastecimiento según el tipo de riesgo	64
Figura 3.19 ejemplo de BIE's a ser instalada	66
Figura 3.20 Modelo de luz de emergencia	74
Figura 3.21 Modelo de pulsador de incendio	75
Figura 3.22 modelo de señalética	76
Figura 3.23 Modelo de extintor de polvo CO2	76
Figura 3.24 tamaño y localización de extintores en una edificación	77

Evaluación y rediseño de la red de agua potable, saneamiento interno y sistema contra incendios del Hogar Miguel León.

RESUMEN

El presente trabajo contiene el análisis, evaluación y rediseño de sistemas hidrosanitarios del Hogar Miguel León ubicado en la ciudad de Cuenca. Está compuesto por el sistema de agua potable, sistema de aguas combinado y sistema contra incendio. Se analiza la descripción y los parámetros de cada uno de ellos y la forma de diseñarlos en el programa CYPECAD. Por otro lado, se calcula el presupuesto referencial del diseño por medio de cantidades de obra referenciales y precios unitarios. El objeto es plantear una solución que beneficia a la institución y garantiza la calidad de sus servicios.

Palabras Clave: Agua potable, saneamiento interno, contra incendios, herramientas informáticas.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Tesis



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Director de Escuela



Christian Ismael Criollo Ayala



Carlos Iván Zarumeño Alulima

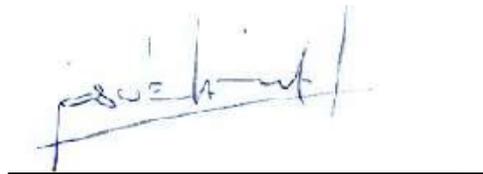
Autores

Evaluation and redesign of the drinking water network, wastewater system and fire protection system of Hogar Miguel León.

ABSTRACT

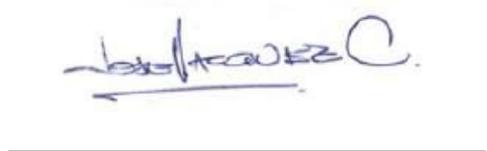
The present work contains the analysis, evaluation, and redesign of the hydrosanitary systems at “Hogar Miguel León” located in Cuenca. The structure is made up of a drinking water system, the combined water system, and the fire protection system. The description and parameters of each of them, and how to design them through the CYPECAD program were analyzed. In addition, the referential design budget was calculated, employing referential work quantities and unit prices. The objective was to provide a solution that benefits the institution and guarantees the quality of its services.

Keywords: Drinking water systems, wastewater systems, fire protection systems, design software.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Thesis Director



Ing. José Fernando Vázquez Calero

School Director



Christian Ismael Criollo Ayala



Carlos Iván Zarumeño Alulima

Authors



Traslated by



Christian Criollo

Criollo Ayala Christian Ismael

Zarumeño Alulima Carlos Iván

Trabajo de Titulación

Mst. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Febrero, 2020.

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO INTERNO Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS DEL HOGAR
MIGUEL LEÓN**

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

Introducción

En la actualidad, disponer de una red óptima de agua potable, saneamiento interno y un sistema contra incendios es prioritario en las edificaciones y más aún si estas albergan a un número considerable de personas,. Es un reto para la ingeniería hidráulica debido a que los organismos operadores de agua potable, saneamiento y Cuerpo de Bomberos elaboran normas que son cada vez más estrictas en procura de optimizar los sistemas, debido a esto y a la gran problemática que ocasiona tener un sistema antiguo en operación, lo cual causa un alto costo de mantenimiento e interferencias en el uso del mismo, se toman medidas de solución tales como realizar un nuevo diseño de los sistemas en operación o su rediseño.

Con el paso del tiempo y sin el adecuado mantenimiento el deterioro de la infraestructura física hidráulica afecta directamente a la calidad y cantidad del agua, así como en la presión de suministro. En una red de agua potable, las tuberías son afectadas por varios factores (tipo de material, presión de servicio, vida útil, medio ambiente entre otros) tales factores pueden generar alteraciones en el material, generar fisuras y posteriormente fugas considerables de agua, daños a la infraestructura física y posibles daños a terceros. El análisis y reparación individual de los elementos que conforman un sistema hidráulico en una edificación puede llegar a ser demasiado costoso y mucho más en estructuras que han sido construidas con materiales o técnicas especiales como el bahareque, como es el caso de las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Cuenca.

Generalidades

Este documento presenta un nuevo diseño de la red de agua potable, red de evacuación de agua servidas y red contraincendios, aquí se especifican los parámetros usados para el diseño y la posterior construcción del proyecto contemplando en primera instancia el levantamiento topográfico y catastral de la edificación, generación de planos generales, diseños hidráulicos de los sistemas, detalles constructivos, especificaciones técnicas y presupuesto referencial. Para la construcción del proyecto se deberá tomar en cuenta las especificaciones técnicas correspondientes en cuanto a calidad de los materiales y equipos las cuales deberán cumplir normativas vigentes, la mano de obra calificada y no calificada deberá demostrar experticia en sus tareas de esta forma evitamos tener gastos adicionales por fallas de calidad o plazos contractuales.

Antecedentes

El Hogar Miguel León ubicado en la ciudad de Cuenca, parroquia de San Sebastián con 150 años de existencia es una casa de acogida que se dedica a dar alojamiento a personas de la tercera edad y a niños huérfanos de la ciudad y sus alrededores, esta regentado por la comunidad de religiosas hijas de la caridad. En esta edificación existen diferentes conjuntos residenciales de una antigüedad de entre 50 y 180 años que se utilizan para ayuda social y áreas administrativas, alrededor de 120 personas entre ellos niños huérfanos y adultos mayores viven en ella; se identifica que la institución cuenta con una red de agua potable y alcantarillado que terminó su vida útil lo cual ha traído enormes costos para su mantenimiento, ya que presenta inestabilidad por sus conducciones redimensionadas, materiales de baja calidad y la inadecuada distribución de sus redes la cual dificulta el suministro y no se adapta al crecimiento y las nuevas necesidades de sus ocupantes y como resultado en la actualidad no abastecen la demanda de sus usuarios, por lo que se propone realizar un diseño óptimo de la red de agua potable, saneamiento interno y un diseño de sistemas contra incendios dentro del marco de colaboración institucional.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar y rediseñar la red de agua potable, saneamiento interno y sistema contra incendios del Hogar Miguel León.

Objetivos específicos

- Levantar los datos topográficos e hidráulicos actuales del Hogar Miguel León.
- Evaluar la red actual de agua potable y saneamiento interno.
- Diseñar la red de agua potable, saneamiento interno y sistema contra incendios cumpliendo la normativa local.
- Realizar un presupuesto detallado para para la implementación de los diseños presentados.

Alcance

Por medio de este proyecto se pretende dar una propuesta de diseño de la red de agua potable, saneamiento interno y sistema contraincendios del Hogar Miguel León ubicado en el centro histórico del cantón Cuenca, el que incluirá: análisis del sistema hidráulico actual y presupuesto de diseño. Con estos diseños se pretende que las personas del Hogar Miguel León cuenten con un sistema apropiado de distribución y evacuación de agua a ser construido con técnicas nuevas de acuerdo a las normas vigentes, materiales y tecnología disponible actualmente.

Justificación

El sistema actual de agua potable y saneamiento interno, del Hogar Miguel León, no está funcionando correctamente y en algunos lugares puntuales está colapsado, debido a varios factores, como la falta de planificación durante su construcción, la vida útil de las tuberías y el aumento considerable de usuarios. Por lo tanto, es necesaria la implementación de un nuevo sistema, cuyos diseños estarán cumpliendo con las recomendaciones técnicas y normativa específica para proyectos de suministro de agua e instalaciones prediales, con el fin de mejorar el servicio.

Además, mediante este proyecto se presentará el diseño de un sistema contra incendios que en la actualidad no existe, puesto que la Norma Ecuatoriana de la Construcción dictamina requisitos mínimos a ser cumplidos en edificaciones de ocupación para concentración pública con un aforo mayor o igual a 150 personas. Estas medidas son necesarias para salvaguardar la vida humana contra el fuego y la protección de bienes muebles e inmuebles.

CAPÍTULO I. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO E HIDROSANITARIO DEL HOGAR MIGUEL LEÓN

1.1.Descripción general de la zona

El Hogar Miguel León, es una institución (casa de acogida) sin fines de lucro, cuyo objetivo principal es brindar ayuda a adultos mayores con escasos recursos económicos, personas con enfermedades terminales y niños huérfanos. El Hogar, se encuentra ubicado en la calle Simón Bolívar (14-58), entre Coronel Talbot y Estévez de Toral, en ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. En la figura 1.1., se observa una vista aérea de la edificación a ser estudiada.



Figura 1.1 Ubicación del Hogar Miguel León
Fuente: Google Earth

El hogar ha pasado por una serie de cambios de su infraestructura física la cual ha ido en

aumento desde sus inicios hasta la actualidad. Las instalaciones cuentan con una infraestructura muy variable en cuanto a materiales con los que fueron construidos, debido a su antigüedad y a las readecuaciones realizadas de los espacios con el paso del tiempo. Los principales elementos constructivos son la madera, adobe o bahareque, hormigón, ladrillo panelón, cemento, cal y acero de refuerzo, sus cubiertas son de teja artesanal, losa y planchas de asbesto cemento.

El financiamiento del Hogar Miguel León proviene de las donaciones y actividades de auto-gestión de las hermanas de la caridad a cargo de la institución lo cual sirve principalmente para financiar los gastos en servicios básicos y alimentación; mientras que los salarios de los profesionales que laboran en el establecimiento son cubiertos por un convenio con el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) la misma que es una institución estatal.

1.2.Levantamiento topográfico

1.2.1. Herramienta seleccionada para el levantamiento

En la actualidad existen muchas herramientas tecnológicas y que además son una herramienta muy importante en el campo de la ingeniería para realizar un levantamiento topográfico, este proyecto en específico se lo realizó mediante un dron. Los drones son pequeños vehículos aéreos no tripulados, equipados con sensores y herramientas para este propósito, las cuales permiten tener una amplia confiabilidad en los trabajos realizados, la gran precisión, la rapidez y el ahorro de recursos, son las principales ventajas para realizar un levantamiento topográfico mediante dron.

La principal misión del dron en un levantamiento topográfico es capturar imágenes georreferenciadas consecutivas que se traslapan entre ellas para su posterior procesamiento. El procesamiento de las imágenes es realizado mediante un software especializado, el cual calibra todos los datos con el fin de obtener la nube de puntos georreferenciada de toda la superficie del terreno. La nube de puntos es similar a los datos obtenidos en un levantamiento topográfico con equipos tradicionales, con la diferencia de la densidad de datos obtenidos con el dron que es mayor. A partir de la nube de puntos se puede obtener una malla, que no es más que la superficie digitalizada del terreno, la misma permite obtener curvas de nivel, generar cortes, medir volúmenes, y cualquier otro

trabajo que se requiera.

La marca del dron usado es Dron Phantom 4 pro y se complementó su uso con un GPS de precisión.

1.2.2. Proceso para realizar el levantamiento topográfico

El proceso para realizar el levantamiento topográfico fue el siguiente:

1. Se definieron 3 puntos de control con un GPS que sirve de apoyo para una correcta georreferenciación, los valores de los puntos obtenidos están detallados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Puntos de control obtenidos con GPS diferencial

Sistema de coordenadas WGS84			
PUNTO	Longitud	Latitud	Altitud
1	-79.010247	-0.895124	2556.12
2	-79.010160	-2.895057	2556.25
3	-79.010297	-2.895097	2556.36

Fuente: Elaboración Propia

2. Se obtuvieron 100 imágenes georreferenciadas, las mismas que fueron procesadas en el software Agisoft Photoscan, mediante el cual se obtuvo la nube de puntos mostrada en la figura 1.2.

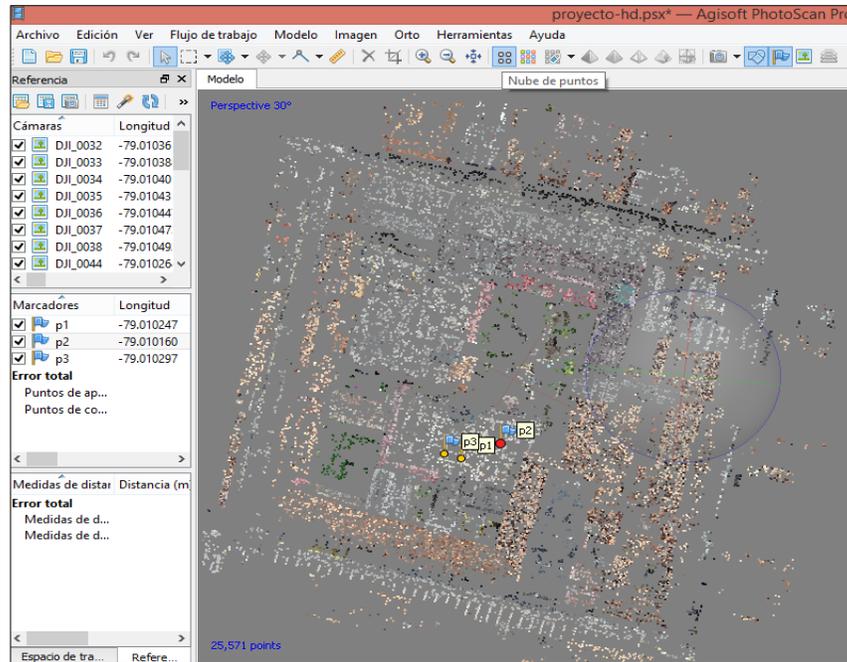


Figura 1.2 Nube de puntos, creada en Agisoft Photoscan
Fuente: Elaboración propia.

3. Posteriormente las curvas de nivel fueron creadas en Civil 3D como se indica en la figura 1.3

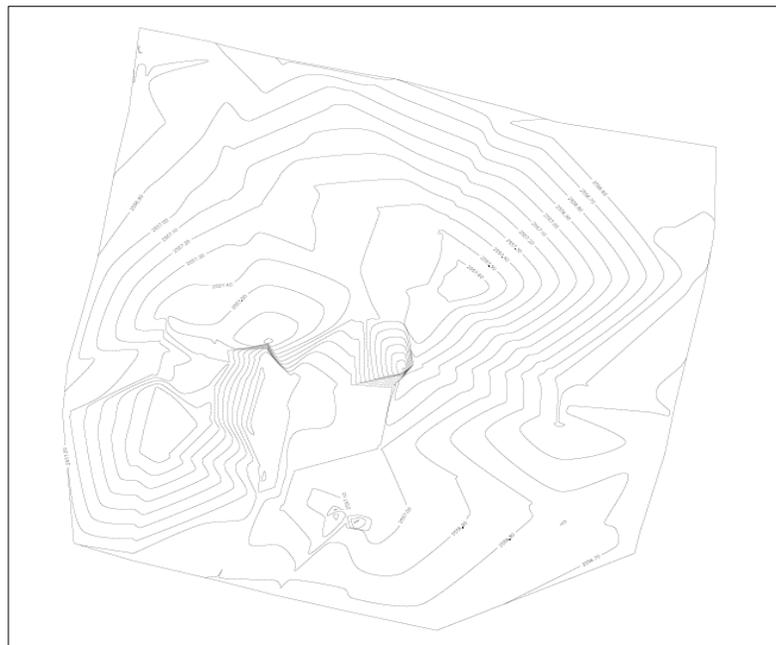


Figura 1.3 Levantamiento Topográfico - curvas de nivel
Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizar el trabajo en gabinete y manipular los puntos en el programa AUTOCAD (CIVIL CAD), para la obtención de los planos topográficos, obtenemos como resultado:

- Planta de cubiertas

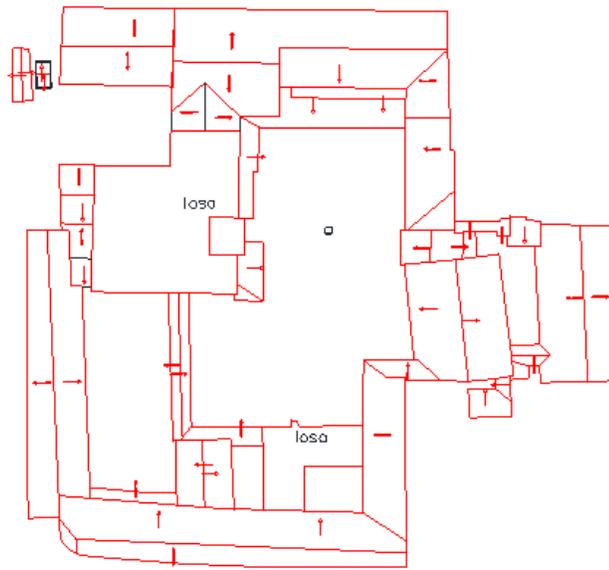


Figura 1.4 Levantamiento topográfico - planta de cubiertas
Fuente: Elaboración Propia.

- Resultados del civil cad



Figura 1.5 Levantamiento topográfico - planimetría predio
Fuente: Elaboración Propia.

1.3. Levantamiento de la infraestructura hidráulica existente

Este levantamiento consiste en recopilar información para describir los sistemas hidrosanitarios existentes y su estado actual de una edificación o varias edificaciones. Dentro de esta información se incluyen los accesorios hidrosanitarios, como inodoros, duchas, lavaderos, entre otros, así como las redes que abastecen y evacuan las aguas servidas de los mismos, además, debe incluir la información sobre las redes pluviales como puntos de recolección, ubicación de canales y tipos de sistemas de evacuación.

1.3.1. Información general de la red de evacuación de aguas servidas y aguas pluviales

El sistema está constituido por ramales que se conectan a los aparatos de uso sanitario y estos a su vez se conectan a tuberías colectoras para evacuar el agua hacia la red pública.

La red tiene una extensión aproximada de 450 metros lineales entre ramales y tuberías colectoras, de los cuales el 100% de las mismas está constituida por tubería de concreto simple, en diámetros comprendidos entre 4" (110 mm) y 8" (200 mm). El sistema además comprende de 9 cajas de revisión estratégicamente distribuidas a lo largo del predio y construidas con ladrillo panelón y revestidas con enlucido de mortero cementicio, para su descarga a la red pública consta de 4 puntos de vertimiento ubicadas uno por cada frente del predio.

Para la recolección de aguas pluviales el sistema consta de bajantes de agua desde las cubiertas hasta canales periféricos de cada edificación, la cual conduce el agua hacia cajas de sumidero y estas a su vez a la red de evacuación de agua combinada. La recolección de aguas pluviales superficiales se realiza mediante canales con rejillas.

1.3.2. Información general de la red de agua potable fría

Las instalaciones internas de cada edificación están constituidas por un conjunto de tuberías de diámetro que van desde 1" (25 mm) hasta ½" (15 mm) y su material de fabricación es de hierro galvanizado y Policloruro de vinil (PVC), roscado.

El sistema de abastecimiento comprende un conjunto de: cisterna – bomba de impulsión, tuberías de distribución (matriz y ramales), accesorios y puntos de uso para dotar de agua fría y caliente a los artefactos y equipos sanitarios de la edificación que están distribuidas por zonas que se especifican en la figura 1.6. y se detallan en la tabla 1.2 para la planta baja, y en la figura 1.7. y la tabla 1.3 para la planta alta.

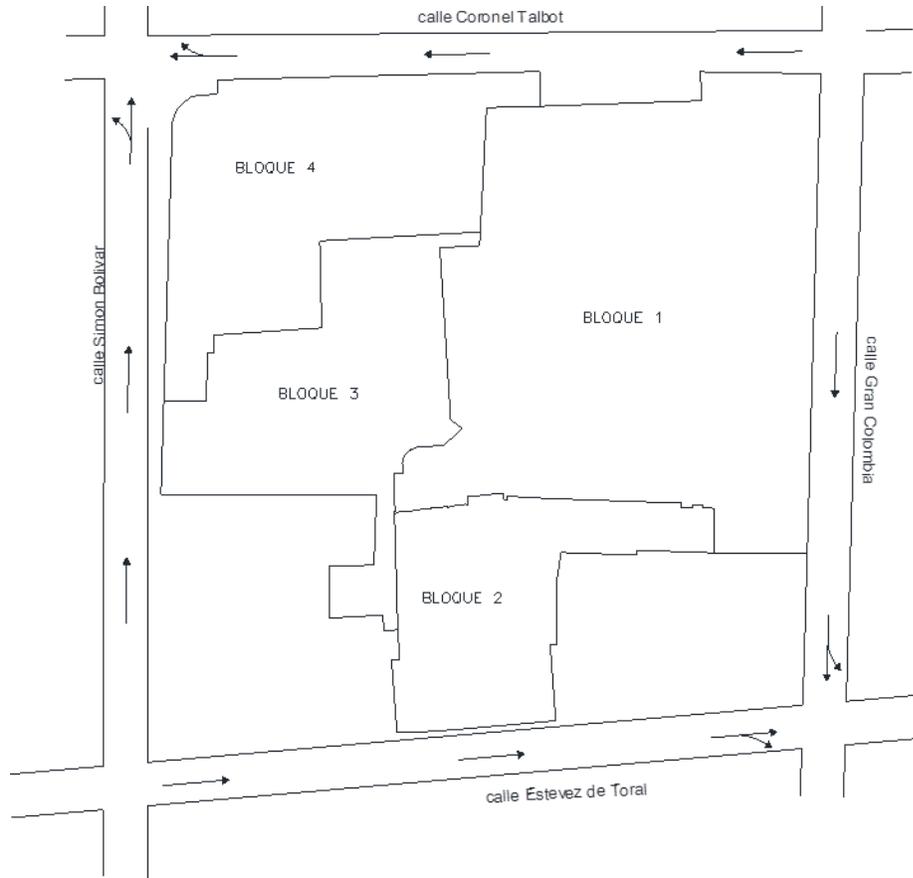


Figura 1.6 División del predio por bloques - planta baja
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 1.2 Catastro hidrosanitario - planta baja

Levantamiento hidrosanitario				
Planta baja				
Descripción	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Baño simple*	19	5	6	1
Baño completo**	8	20	6	-
Inodoro	-	-	-	4
Lavadero	-	1	1	7
Ducha	-	-	-	-
Fregadero	4	-	-	-
Urinario	2	-	-	-
Cisterna	1	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

*Incluye inodoro y lavamanos.

**Incluye inodoro, lavamanos y ducha.

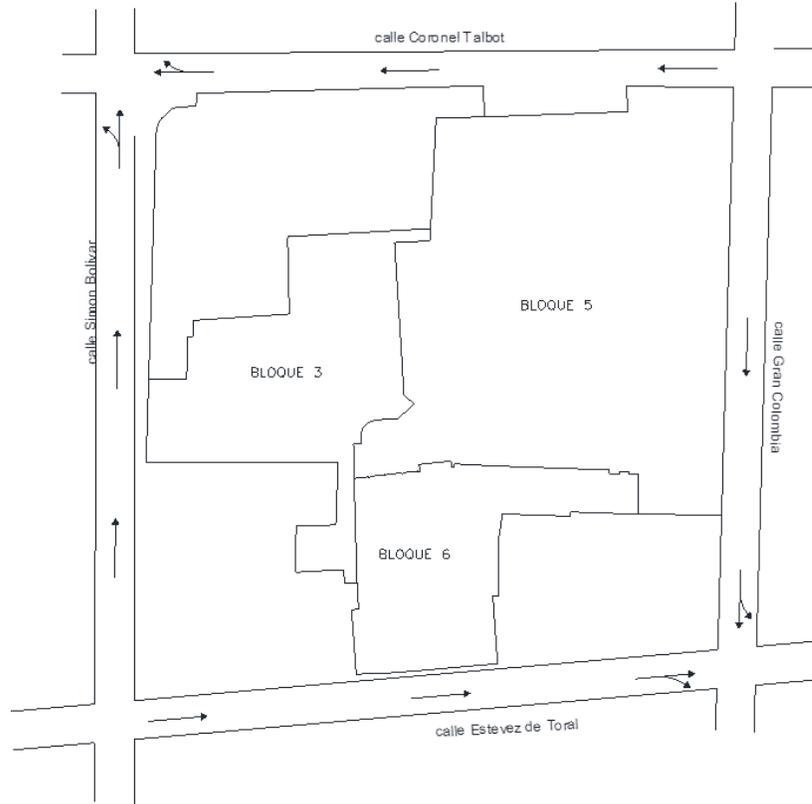


Figura 1.7 División del predio por bloques - planta alta
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 1.3 Catastro hidrosanitario - planta alta

Levantamiento hidrosanitario			
Planta alta			
Descripción	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
Baño simple	6	1	6
Baño completo	22	15	1
Inodoro	-	-	-
Lavadero	1	1	-
Ducha	1	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Incluye inodoro y lavamanos.*

**Incluye inodoro, lavamanos y ducha.*

1.3.3. Datos sanitarios externos

El sistema colector comprende de un sistema de alcantarillado combinado y sirve para la recolección pluvial y recolección sanitaria, el sistema funciona a gravedad y es de tipo convencional, su ubicación y dirección del flujo se observa en la figura 1.8.

En el Hogar Miguel León existen tres colectoras principales cada una de ellas con aportes de diferentes bloques, las áreas de aporte que conectan la calle Gran Colombia están constituidas por los bloques número 1, 4 y 5, en la calle Estévez de Toral conecta parte del el bloque número 1 y la totalidad del bloque 2 y 6 y en la calle Simón Bolívar conecta el bloque número 3 y 7, estas direcciones se pudieron identificar por las alturas que se obtuvieron en levantamiento topográfico y mediante ensayos realizados al evacuar el agua con colorante en los aparatos sanitarios de los diferentes bloques además se lo realizó visualmente al levantar las tapas de revisión de las cajas donde se aprecian las direcciones que tomaba el agua en las tuberías.

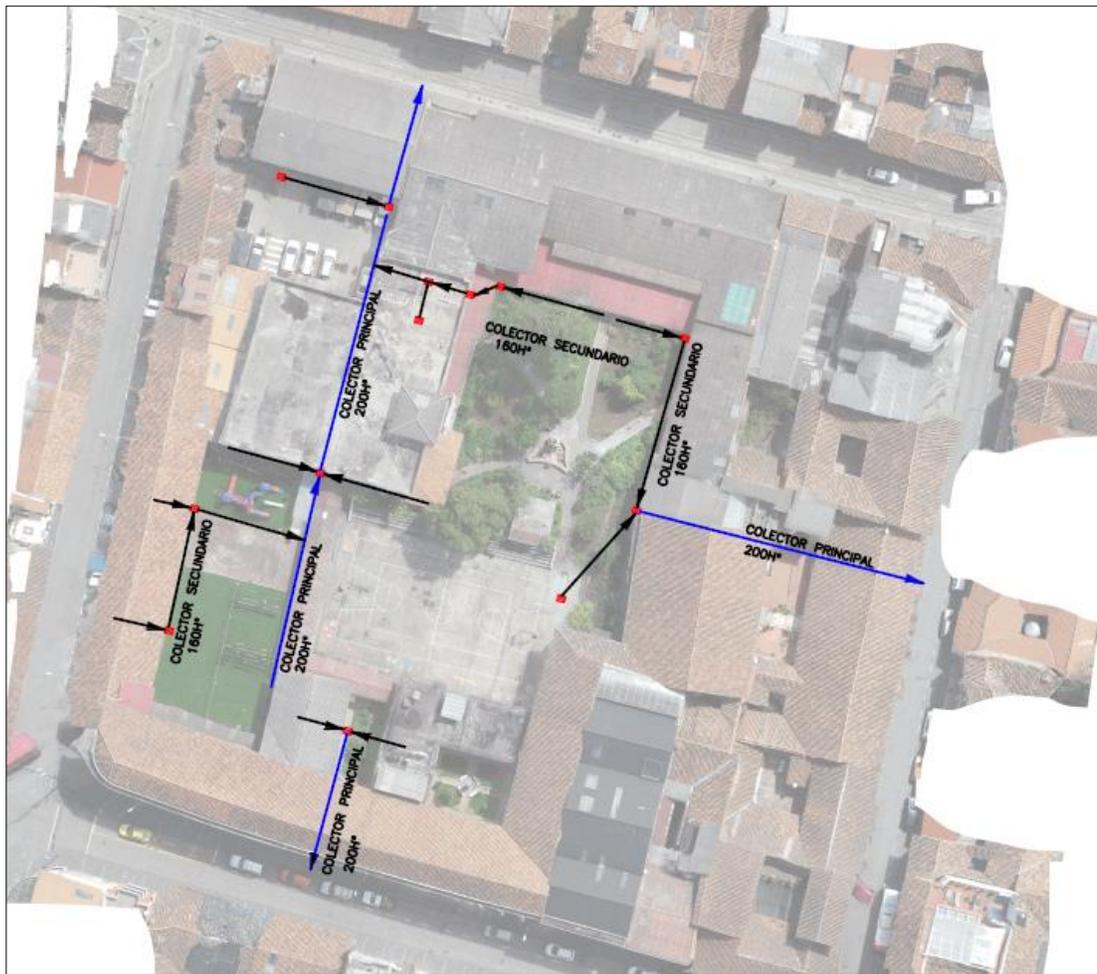


Figura 1.8 Red de evacuación de aguas existente
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LA RED ACTUAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO INTERNO

2.1 Necesidad de renovación de un sistema

La necesidad urgente de rehabilitación del sistema en su totalidad se deriva de los constantes cambios y expansiones que experimenta el hogar Miguel León para dar mayor cabida en sus servicios a la colectividad cuencana y regional, de acuerdo a la prospección in situ realizada se pudo constatar que las tuberías prácticamente han cumplido su periodo de vida útil y necesitan ser renovadas, al estar la mayor parte del sistema soterrado tanto bajo tierra como en las paredes de las edificaciones se teme que existan grandes fugas de agua tanto del sistema de agua potable como del sistema de evacuación de agua servidas y pluviales lo cual conlleva a un peligro inminente de colapso estructural, esto en gran parte a los materiales con los cuales están construidas las edificaciones.

Generalmente las edificaciones más antiguas del predio, cuentan con tuberías de drenaje y distribución de agua potable muy deteriorada, por el paso de los años. Hoy en día un sistema antiguo puede estar sub-dimensionado respecto a las solicitudes requeridas, así como su instalación pudo ser de baja calidad, dadas las limitaciones de la época. Si bien es cierto, en muchas zonas antiguas continúan en funcionamiento a pesar de la falta de mantenimiento, esto solo quiere decir que eventualmente ocurrirá una gran falla estructural y sus consecuencias serán graves y seguirán incrementándose a medida que el tiempo transcurra sin rehabilitación o renovación. (Robalino, 2015)

Los sistemas de alcantarillado y agua potable en buen estado son muy importantes para el bienestar de la población, ya que mediante estos se pueden abastecer de agua potable con caudal y presión adecuados; trasportar las aguas residuales y pluviales, hacia la red principal para ser transportados hacia la planta de tratamiento.

2.2 Problemas comunes causantes del deterioro

2.2.1 Factores de deterioro en tuberías

Corrosión por sulfuro de hidrógeno

Esto se presenta por la existencia de tuberías de drenaje con longitudes muy extensas; como también la existencia de muchos puntos de bombeo intermedios, los cuales

impulsan el biodeterioro del concreto. Este proceso es el resultado del ataque del Ácido Sulfúrico Biogénico sobre los elementos fabricados con cemento tipo Portland. Las bacterias que fomentan la producción de sulfuro de hidrogeno necesitan un medio anaerobio para desarrollo, el cual se genera en la parte sumergida de la tubería, donde se forma una película biológica, como se puede observar en la figura 2.1.

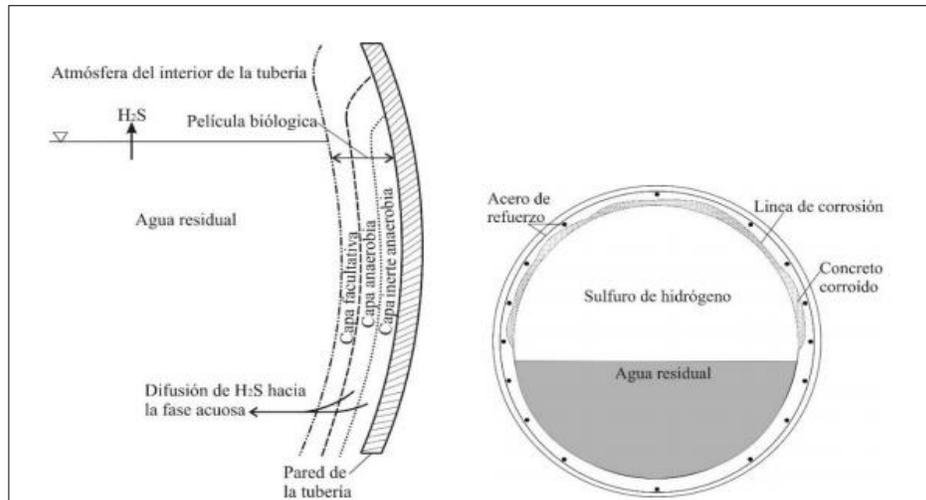


Figura 2.1 Daño en tubería, causado por sulfato de hidrogeno
Fuente: Basurto et al, 2012.

Incursión de raíces en las tuberías

Las tuberías pueden verse afectadas por la intrusión de raíces de árboles cercanos a las redes trazadas, presentando obstrucciones y daños considerables. Este suceso se origina debido a varios factores, como: una mala construcción, cargas excesivas, juntas con fugas, conexiones inadecuadas entre otras. Las aberturas existentes en las alcantarillas se pueden ampliar por la incursión de raíces, permitiendo que ingrese tierra lo cual debilita la estructura, esto encamina a una ruptura y posiblemente colapso total del alcantarillado.

Estas y otras causas pueden llevar a la necesidad de rehabilitación de las redes de alcantarillado, por lo cual es fundamental conocer las distintas formas que existen para reparar los daños en caso de ser necesarios. A continuación, se enumeran alternativas de prevención y control.

- Remoción de árboles: la eliminación de los árboles no garantiza una solución efectiva del problema, ya que las raíces pueden continuar su proceso de vida. Para una remoción eficaz se sugiere quitar el tocón o ser tratado químicamente con

herbicidas.

- Reemplazo de tuberías: es un método muy costoso, su ejecución con frecuencia daña la propiedad, interrumpe el tránsito entre otros daños. Consiste en retirar tuberías viejas y defectuosas para reemplazarlas por nuevas, se recomienda que las nuevas tuberías cuenten con juntas herméticas y sobre todo sean instaladas correctamente.
- Revestimiento: proceso realizado en sitio, consiste en curar con tubo plástico ajustable a la forma de la tubería, sirve para combatir la incursión de raíces a largo plazo, también corrige posibles defectos estructurales, y además es menos invasivo que el reemplazo total de la tubería. También existe un método similar llamado recubrimiento interior, consiste en introducir una tubería a lo largo de la red existente.

Obstrucciones en los sistemas de alcantarillado

Una de las funciones de una red de alcantarillado es la transportar los desechos sólidos hacia su disposición final, pero en ocasiones se pueden acumular materiales en ciertas partes de la red, esto se debe a varios factores, como una pendiente baja de la tubería, bajos caudales que no lavan los sólidos y tipo de sólidos como plásticos. Comúnmente los tipos de desechos sólidos pueden ser:

- Basura: Comúnmente la acumulación de la basura en las redes de alcantarillado se debe insensibilidad de las personas al desechar la basura en zonas designadas, ya que en ocasiones se presentan acumulaciones de basura en calles, los mismos que son transportados por los escurrimientos pluviales y posteriormente generan problemas en la red de alcantarillado.
- Grasas: los sólidos que comúnmente se presentan en áreas de cocina, son las grasas, las cuales, acompañadas de otros factores como la baja pendiente de la tubería, pueden generar acumulación y posterior endurecimiento de las grasas, formando un tapón de sebo que generalmente obstruye la tubería.

2.2.2 Factores de deterioro de la red agua potable

Una red de agua potable es un conjunto de obras civiles compuestas por sub-sistemas

(tuberías, cisternas, bombas, válvulas entre otros accesorios), cuya función principal es transportar y suministrar agua potable de buena calidad y en cantidades apropiadas. Las redes de agua potable sufren degradaciones con el paso del tiempo, las mismas que reducen su eficiencia, obligando a realizar trabajos de mantenimiento y renovación.

Es importante un adecuado mantenimiento de la red con el fin de asegurar un correcto funcionamiento y alcanzar la vida útil proyectada de cada elemento. Cuando no existen procesos establecidos de mantenimiento se pueden presentar fallos o deterioros los cuales se pueden clasificar en:

- Deterioro estructural: este fallo está vinculado con el envejecimiento del sistema, se presenta como la rotura física de una tubería o algún elemento de la red, en estos casos es necesario la reparación o posible reemplazo del elemento.
- Deterioro hidráulico: se presenta como la disminución de la presión y del caudal, debido a la reducción de la sección interna de la tubería causada por la corrosión o por la acumulación de sedimentos. Este deterioro también se puede presentar, por el aumento de la demanda de una red, ya que por el paso de los años el número de usuarios puede aumentar, esto desemboca en una clara disminución de los caudales y las presiones.
- Deterioro de la calidad de agua: se manifiesta a través de un aumento de la turbidez, altas concentraciones de hierro y manganeso lo que genera una disminución de la calidad de agua ocasionado por infiltraciones de sustancias en las tuberías. La imposibilidad de cumplir con los estándares de calidad de agua es uno de los factores que pueden impulsar a una rehabilitación o reemplazo de las tuberías, ya que pone en riesgo la salud de los consumidores.

2.3 Determinación del estado actual de las redes de agua potable interno

La red de agua potable del hogar Miguel León es un sistema complejo de analizar, debido a que sus edificaciones fueron construidas en diferentes épocas, y no cuentan con diseños, ni trazados adecuados de la red en general. Además de la falta de técnica al momento de realizar sus instalaciones se han mezclado diámetros y tipos de materiales de las tuberías, lo cual dificulta tener una evaluación exacta del sistema.

2.3.1 Componentes del Sistema

Acometidas desde la red pública: el hogar Miguel León actualmente cuenta con 6 acometidas domiciliarias cada una con un micro medidor para contabilizar el gasto de agua potable, las lecturas de estos micro medidores esta controlados por la empresa ETAPA EP de la ciudad de Cuenca.

Para ser más objetivos en cuanto a volumen de agua consumido en el predio se levantaron los consumos en metros cúbicos desde marzo hasta agosto del 2019, los mismos que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Consumos de agua potable en 2019

Número de Medidor	Ubicación	Consumos del año 2019 (m3)				
		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
2002009639	Simón Bolívar 14-58	95	57	44	48	42
2012001256	Coronel Talbot 9-30	58	70	57	42	41
2016933497	Coronel Talbot 9-80	38	36	101	183	66
2016960226	Gran Colombia 14-33	890	1124	953	910	654
2004121417	Estévez de Toral 9-61	215	293	219	238	168
2004121412	Estévez de Toral 9-23	10	11	9	10	9
	Total	1306	1591	1383	1431	980

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el consumo es sumamente alto, lo cual hace concluir que existen fugas en la red interna de distribución.

Sistema de bombeo: el hogar, tiene un sistema de bombeo conformado por 2 bombas de 2 HP y 2 tanques hidroneumáticos de 62 galones de capacidad; pero debido a la falta de mantenimiento del sistema el mismo está colapsado, este sistema presentó fallos y fue deshabilitado para su uso en el año 2012. El material del sistema de conexiones de las bombas es de hierro galvanizado, como se puede observar en la figura 2.2.



Figura 2.2 Sistema de bombeo existente deshabilitado
Fuente: Elaboración propia.

Cisternas: el sistema de agua potable cuenta con una cisterna subterránea, localizada en el bloque 1, con capacidad de 87.5 m³, está construido con paredes y tapa de hormigón armado, se observa su parte superior en la figura 2.3. Debido a la falta mantenimiento de la estructura y una inadecuada construcción, la cisterna presentó grietas y fugas, fue deshabilitada en el año 2012.



Figura 2.3 Cisterna existente - zona de fisuras
Fuente: Elaboración propia.

Tuberías: el sistema es ramificado, compuesto de la siguiente manera; matriz principal con, ramales secundarios y columnas principales, conexiones y accesorios. Todos estos elementos tienen diámetros que varían entre: 1/2", 3/4" y 1". En las edificaciones más antiguas se puede apreciar grandes daños de los elementos, debido a que ya cumplieron su vida útil, esto se aprecia en la figura 2.4.



Figura 2.4 Red de tuberías existentes - termino su vida útil

Fuente: Elaboración propia.

Válvulas: cada bloque cuenta con válvulas de compuerta para un control de reparaciones, además existen válvulas de compuerta en la toma de cada aparato sanitario. La instalación de estos elementos ha sido realizada de manera no técnica, lo cual se refleja en la complejidad de los seccionamientos.

Aparatos sanitarios: en cada punto de uso de todos los bloques existen aparatos sanitarios como duchas, lavabos, sanitarios de fluxómetro en regular estado de conservación, además existen llaves de chorro en los lavaderos de ropa y puntos de consumo como piletas y salidas para riego de jardines, todos en mal estado

Válvula siamesa contra incendios: la zona de estudio no cuenta con válvula contra incendios.

2.3.2 Uso y demanda actual

El uso de agua está constituido por dos tipos de consumo: locales comerciales y zona doméstica.

La zona comercial que esa constituida por 33 locales comerciales distribuidos en la periferia del predio y dedicado a diversas áreas productivas, los cuales cuentan con baño completo.

En zona doméstica el sistema abastece a 121 habitantes, entre adultos y niños, administradores, voluntarios, y monjas de la congregación religiosa.

Se determina un valor aproximado del consumo de agua en la zona doméstica mediante la multiplicación de una dotación diaria de 250 litros y la cantidad de habitantes, este cálculo se muestra es la tabla 2.2, la diferencia entre el consumo doméstico y el promedio indicado por los medidores cuyo cálculo se muestra en la tabla 2.3 indica el consumo en los locales comerciales.

Tabla 2.2 Calculo de consumo de agua domestico - comercial

Consumo de los habitantes del Hogar Miguel León		
Tipo de habitante	Cantidad	unidad
Niños	22	
Adultos	47	
Administradores	42	
Madres religiosas	7	
Voluntarios	3	
Total	121	personas
Consumo diario por persona	0.18	m ³
Días del mes	30	días
Consumo doméstico total	653.40	m ³
Promedio de consumo mensual	1343.17	m ³
Consumo de locales comerciales	689.77	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Observamos en las lecturas de los 6 medidores domiciliarios de los últimos 6 meses, un consumo variado, con una media mensual de 1343.16 m³.

Tabla 2.3 Consumo de agua mensual promedio

Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Promedio
1306	1591	1383	1431	980	1368	1343.16667

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2.5 se observa el porcentaje de consumo de cada zona.

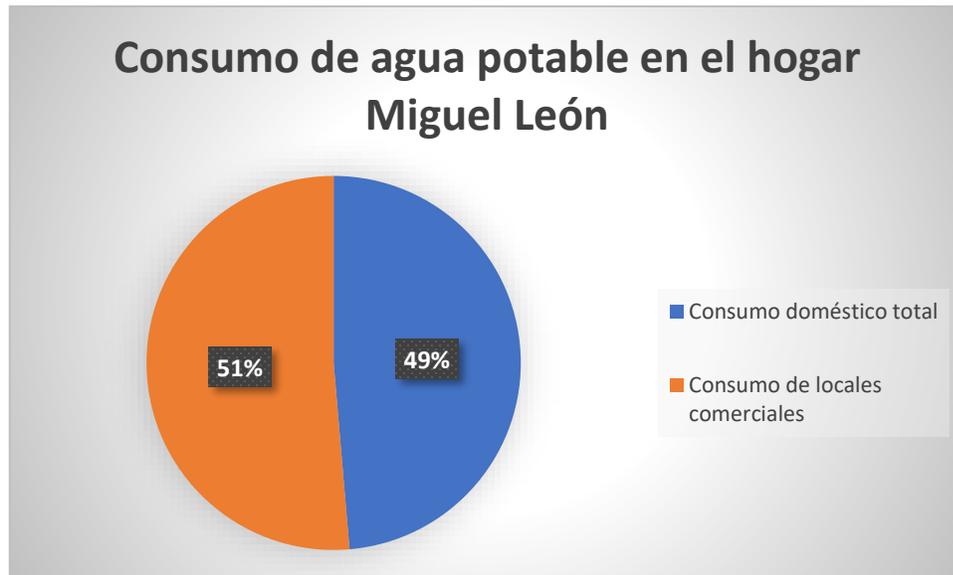


Figura 2.5 Clasificación del consumo de agua potable

Fuente: Elaboración propia.

Luego de este análisis se ha llegado a la conclusión de que toda la red requiere un rediseño y una readecuación para cumplir la normativa vigente a nivel nacional y cantonal, además con la información de consumo se diseñaran las nuevas redes para que cumplan con los requisitos de la empresa pública de agua en cuanto a la diferenciación del tipo de consumo y se acople al plan tarifario de la misma.

2.4 Determinación del estado de las redes de saneamiento interno y accesorios

El saneamiento interno de una edificación conduce aguas servidas a gravedad siguiendo la siguiente secuencia: sifones, ramal de descarga, tubo de caída, ramal de ventilación, columna de ventilación, cámara de inspección, colector predial, ramal de conexión, y colector público, en este tipo de redes se debe mantener un control sobre este sistema ya que pueden provocarse obstrucciones y generar malos olores o la desfiguración de la tubería por la incrustación de los sólidos penetrados y como consecuencia podría darse una fuga de agua servida y dañar otros materiales que componen la edificación. Para

evitar daños se recomienda no tirar restos orgánicos en los fregaderos, en los sanitarios no tirar compuestos de papel o plásticos, de esta manera se podrá impedir daños o fallos en los accesorios.

Para el levantamiento de información se ha dividido el análisis en dos áreas: comercial y doméstica.

2.4.1 Área comercial

En las tablas 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7, se indica un análisis detallado del estado de los accesorios en cada local comercial, como se observará en ciertos casos el mal estado del sistema de saneamiento se refleja en accesorios inservibles.

Tabla 2.4 Estado de instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 1 y 5

Bloque 1 y 5 -calle gran colombia			
Descripción	Local de referencia	Estado actual	Propuesta
Local 1	Dormi hogar	3 baños, dos deshabilitados	Adecuar dos baños en la planta baja.
Local 2			
Local 3	Centro de estilismo	1 baño en malas condiciones, los desagües no se usan por obstrucciones.	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.
Local 4	Ventas por catalogo	1 baño antiguo	
Local 5	Hiladora	1 baño en condiciones de humedad y se observa una tapa de revisión.	
Local 6	Funeraria	1 baño en condiciones de humedad.	
Local 7	Desocupado		
Local 8	Desocupado		Adecuar 1 baño para cada local.
Local 9	Olastik city	1 baño antiguo	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.
Local 10	Librería católica	1 baño en condiciones de humedad.	
Local 11	Presagio	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, los desagües en malas condiciones y emiten olores.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 2 y 6

Bloque 2 y 6 -calle estévez de toral			
Descripción	Local de referencia	Estado actual	Propuesta
Fisioterapia	Fisioterapia	3 baños remodelados con tubería antigua.	Verificar que las instalaciones no estén con problemas de emisión de malos olores o fugas.
Local 4	Ventas por catalogo	1 baño y una cocina en malas condiciones.	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.
Local 5	Hiladora	1 lavador y un baño en malas condiciones.	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 1 y 2

Bloque 3, 7-simón bolívar (local 1 y 2) - estévez de toral (viviendas 1 y 2, local 3 y 4)			
Descripción	Local de ref.	Estado actual	Propuesta
Local 1	Peluquería	1 baño antiguo	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.
Local 2	Tienda	1 baño en malas condiciones, sin presión suficiente en el inodoro y lavamanos.	
Vivienda 1	Vivienda 1	1 baño en malas condiciones, sin presión suficiente en el inodoro y lavamanos.	
Local 3	Hojalatería	1 baño y 1 cocina en malas condiciones.	
Local 4	Tienda	No dispone de baño	Adecuar instalaciones sanitarias.
Vivienda 2	Vivienda 2	2 baños, 1 cocina y 1 lavarropa en malas condiciones, todo el sistema tiene fugas.	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7 Estado de las instalaciones sanitarias en locales comerciales - Bloque 4

Bloque 3, 4 y 7-simón bolívar (hasta local 12) - coronel talbot (hasta local 20)			
Descripción	Local de referencia	Estado actual	Propuesta
Local 3	Consultorio odontológico	1 baño en malas condiciones y se observa un sumidero en el interior.	Readecuar las instalaciones y cambiar su sistema sanitario.
Local 4	Mueblería	1 baño	
Local 5	Duplicadora de llaves	1 baño y 1 cocina	
Local 6	Películas	1 baño	

Local 7	Herbalife	1 baño	
Local 8	Fotógrafo	1 baño en malas condiciones.	
Local 9			
Local 10	Despensa	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 11	Centro naturista	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 12	Abacería	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 13	Vicente Pulla	1 baño	
Local 14	Sastrería	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 15	Duplicadora de llaves	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 16	Grupo A. Vida	1 baño en malas condiciones con presencia de humedad.	
Local 17	Carpintería 1	1 baño en malas condiciones.	
Local 18	Carpintería 2	1 baño en malas condiciones.	
Local 19	Manufacturas Castillo	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	
Local 20	Peluquería	1 baño y 1 cocina en malas condiciones, con presencia de humedad.	

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Área domestica

En las tablas siguientes, se indica un análisis detallado del estado de los accesorios en cada local comercial, como se observará en ciertos casos el mal estado del sistema de saneamiento se refleja en accesorios inservibles.

Tabla 2.8 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 1 planta baja

Bloque 1-planta baja		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Pensión 17	Baños completos con presencia de fugas, no tienen ventilaciones adecuadas y sus sistemas sanitarios son antiguos.	Renovación total de los sistemas.
Pensión 18		
Pensión 19		
Pensión 20		
Pensión 21		
Baterías sanitarias	Tuberías y sanitarios instalados recientemente.	Verificar su funcionamiento y ubicación.
Ropería	Baños antiguos completos presentan fugas y humedad en sus áreas.	Renovación total de los sistemas.
Bodega		
Dormitorio		
Baños comedores	Baño social antiguo, presenta deterioro en tuberías y accesorios.	
Cocina central	2 fregaderos en condiciones normales.	Verificar su funcionamiento y ubicación.
Vestidor	Baño social antiguo.	Renovación total de los sistemas.
Baños aulas	3 baños, 2 urinarios y 3 lavamanos.	Verificar su funcionamiento y ubicación.
Comedor		
Baño capilla		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 2 planta baja

Bloque 2-planta baja		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Pensión 5	1 baño completo en cada uno, con signos de agrietamientos y humedad en las paredes y pisos.	Readecuar los baños con salidas de ventilación y nuevos sistemas sanitarios.
Pensión 6		
Pensión 7		
Pensión 8		
Pensión 9		
Pensión 10		
Comunidad		
Comunidad		
Pensión 11		
Pensión 12		
Pensión 13		
Pensión 14		
Pensión 15		
Pensión 16		

Bodega		
Aula 1	1 baño completo inactivo	Adecuar las instalaciones con nuevos sistemas hidrosanitarios.
Aula 2	2 baños completo inactivo	
Baños bodega	1 baño social y 1 lavamanos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.10 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 3 planta baja

Bloque 3-planta baja		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Dormitorio Elvia T.	2 baños sociales y 1 lavarropa en condiciones antiguas.	Adecuar 1 baño completo y 1 balo social.
Dormitorio 1	1 baño completo en cada uno, en malas condiciones.	Renovar su sistema sanitario y adecuar la posición de los muebles sanitarios.
Dormitorio 2		
Dormitorio 3		
Dormitorio 4		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.11 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 4 planta baja

Bloque 4-planta baja		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Lavadero patio de niños	Condiciones normales, sus desagües se conectan directamente a la red pluvial.	Mantener el mismo
Bodega	1 lavamanos	Renovar su sistema sanitario porque son antiguos.
Bodega	1 baño social	
Bodega	2 baños y 1 lavamanos	
Huerta	1 lavarropas	Reubicarlo.
Lavandería	2 baños, 1 lavamanos y 2 lavarropas	Adecuar un nuevo sistema sanitario.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.12 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 5 planta baja

Bloque 5-planta alta		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Baños de locales comerciales	3 dormitorios y 1 lavabo antiguos	Renovar su sistema sanitario.
Dormitorio alegría	Baños completos y antiguos que presentan fallas y humedad.	
Dormitorio santo ángel		
Dormitorio caridad		
Dormitorio dialogo		

Baños dormitorios de pensiones	2 baños completos con tuberías y accesorios antiguos.	
Baños balcón 1	3 baños sociales y 1 lavadero con tuberías y accesorios antiguos.	
Baños balcón 2	1 baño completo con 1 ducha adicional, sus paredes están deterioradas por la humedad.	
Pensión 28	1 baño completo, sus paredes están deterioradas por la humedad.	
Dormitorio 23	1 baño completo en cada dormitorio, daños en sus accesorios antiguos.	
Dormitorio 19		
Dormitorio 6		
Dormitorio 7		
Dormitorio gratitud		
Enfermería		
Dormitorio san vicente		
Dormitorio 12		
Lavandería	Malas condiciones	
Dormitorio 2	1 baño completo en cada dormitorio, daños en sus accesorios antiguos.	
Dormitorio 3		
Dormitorio 5		
Dormitorio 6		
Dormitorio 7		
Dormitorio 8		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.13 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 6 planta baja

Bloque 6-planta alta		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Coordinación	Baños completos, presentan daños en sus tuberías, existen fugas de agua y desprendimiento en sus paredes.	Renovar su sistema sanitario.
Pensión 31		
Trabajo social		
Psicología		
Pensión		
Pensión 32		
Cuartos cuidadores		

Pensión 33		
Pensión 34		
Pensión 35		
Pensión 36		
Pensión 37		
Dormitorio		
Lavandería	Deteriorado todo el sistema que lo compone.	Reubicar este espacio.
Departamento terapia 1	Baños completos con presencia de fugas, sin ventilación adecuada y sistemas sanitarios antiguos.	Renovar su sistema sanitario.
Departamento terapia 1		
Aulas abandonadas administrativas.	Baño social antiguo presenta humedad en sus paredes.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.14 Estado de las instalaciones sanitarias domesticas - Bloque 7 planta baja

Bloque 7-planta alta		
Descripción	Estado actual	Propuesta
Bodega cubierta	3 baños sociales antiguos	Renovar su sistema sanitario.
Bodega	1 baño completo antiguo	
Bodega	2 inodoros y 1 lavabo antiguo	
Baño biblioteca	1 baño social antiguo	

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se presentan la cantidad total de aparatos sanitarios en uso o desuso en el predio del hogar miguel león:

Tabla 2.15 Cantidad de aparatos sanitarios en predio

Tipo de aparatos	Total	Cantidad de aparatos sanitarios	
		locales comerciales	hogar miguel león
Caldera	2	0	2
Fregadero de cocina	2	0	2
Tanque de lavar ropa	16	0	16
Ducha	56	0	56
Inodoro	133	36	97
Lavabo	122	36	86
Grifo de garaje	4	0	4

Fuente: Elaboración propia

2.5 Análisis para la implementación de un sistema contra incendios

En el Ecuador el benemérito cuerpo de bomberos es la entidad que establece normas y reglamentos de prevención en el diseño de sistemas contra incendios. La cual especifica en el capítulo 1, artículo 1 del reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios lo siguiente:

Art. 1.- Las disposiciones del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas, privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro. Adicionalmente esta norma se aplicará a aquellas actividades que, por razones imprevistas, no consten en el presente reglamento, en cuyo caso se someterán al criterio técnico profesional del Cuerpo de Bomberos de su jurisdicción en base a la Constitución Política del Estado, Normas INEN, Código Nacional de la Construcción, Código Eléctrico Ecuatoriano y demás normas y códigos conexos vigentes en nuestro país.

Toda persona natural y/o jurídica, propietaria, usuaria o administrador, así como profesionales del diseño y construcción, están obligados a cumplir las disposiciones contempladas en el presente Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, basados en Normas Técnicas Ecuatorianas INEN.
(INEN, 2009)

Por lo tanto, la implementación de un Sistema Contra Incendios en base a la Norma NFPA (National Fire Protection Association) y Norma INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización) es de vital importancia para la Institución "Hogar Miguel León" por sus actividades de ayuda social a adultos mayores y niños huérfanos y la presencia de riesgos que puedan suscitar siniestros de diferente tipo, a más de eso es un requisito obligatorio de diferentes normas estandarizadas y reglamentos para prevenir incendios.

La falta de un sistema de prevención y combate contraincendios presenta un alto riesgo para las instalaciones de la institución, la norma NFPA describe que el sistema de prevención y la red contraincendios deben diseñarse en función del nivel de riesgo y la actividad para la cual la edificación está diseñada para de esta manera poder controlar en el menor tiempo posible un siniestro.

El Hogar Miguel León tiene una extensión de 9000 m² de terreno y 5860 m² de construcción, el cual se compone de 8 bloques destinados en áreas Administrativas, Auditorio, Lavandería, Aulas Educativas, habitaciones de Adultos Mayores y de Niños, Áreas Recreativas, Comedores, Parqueaderos y Locales Comerciales, sus conjuntos fueron construidos de un 70% de hormigón armado y un 30% de madera con una antigüedad de 150 años; se observa que en el área de la dirección se localizan 2 extintores caducados como se muestra en la figura 2.6 y en los otros conjuntos NO se dispone de un sistema de prevención de riesgos, señalización, extintores, detectores de humo, puntos de encuentro y red contra incendios.



Figura 2.6 Extintores existentes - terminaron su vida útil
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO INTERNO Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS

3.1 Diseño de la red de agua potable fría y agua caliente

Una red de agua potable fría, es el conjunto de tuberías, equipo de bombeo y cisterna de reserva, diseñadas para cubrir todas las necesidades de los usuarios de manera individual o simultánea, garantizando un suministro con excelentes condiciones, cumpliendo las normativas de cada municipio o país.

Red de distribución de agua caliente: sirve para distribuir el caliente a los diferentes puntos de consumo, consiste en una distribución simple. El material más recomendable para las tuberías es el Policloruro de vinil (PVC) revestido o la tubería de cobre es un excelente material, pero de elevado coste, se puede usar también hierro fundido, hierro forjado, acero o plástico.

Las instalaciones de agua caliente deben construirse de tal manera que garantice la conservación de la calidad del agua en cuanto a su temperatura se refiere, así como también su abastecimiento efectivo, sin ruido, presión óptima temperatura adecuada para el correcto funcionamiento en los puntos de consumo.

Además el diseño de la red de distribución dentro de la edificación debe contemplar su fácil mantenimiento, evitando dañar la estructura de la edificación.

3.1.1 Normativa aplicable

Es necesario que el diseño y ejecución de instalaciones hidrosanitarias en edificios sean referidos a una norma nacional que garantice su funcionalidad, con las características físicas y topológicas apropiadas, para su operación y mantenimiento por lo que toda nueva instalación hidrosanitaria al interior de edificaciones, bien sea por construcción nueva, por rehabilitación o por ampliación de instalaciones previamente existentes, deberán referirse a esta norma técnica, por lo que se deben establecer los parámetros mínimos que deben incluirse en todo diseño y construcción de instalaciones hidrosanitarias interiores, para garantizar bajo condiciones normales de utilización, su funcionamiento suficiente en cantidad y calidad, en todo espacio y tiempo dentro del predio, casa o edificación. (NEC 11, 2011)

Por lo tanto, para el diseño de la red interna del Hogar Miguel de León se usarán como guías:

- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC-11) - CAPÍTULO 16 – NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA.

- CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, PARTE IX OBRAS SANITARIAS - NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES

3.1.2 Partes de una red de agua potable

Una red de agua potable consta de las siguientes partes principales:

Red pública: es la red que distribuye el líquido vital a los usuarios desde los tanques de reserva de las plantas de tratamiento hasta las viviendas.

Red interna de abastecimiento: El agua potable es conducida por tuberías hasta llegar a los aparatos sanitarios, en su recorrido se preverá de válvulas en diferentes puntos con el fin de seccionar tramos de tuberías para efecto de mantenimiento y reparaciones.

Alimentación principal (matriz): Enlace hidráulico que va desde la válvula de retención hacia el montate.

Montantes: Columna de tubería, deben elevarse dentro de un encamisado o ducto tal que le brinde protección y accesibilidad para darle mantenimiento.

Instalaciones colectivas: Líneas hidráulicas que recorren dentro de un mismo predio y que abastecen a nudos de consumo comunitarios, como las llaves de riego, fuentes para beber, pilas ornamentales, abastecimiento de piscinas, entre otros. (NEC 11, 2011)

3.1.3 Accesorios de la red

De acuerdo al modelado en el programa CYPECAD MED, los accesorios requeridos para la construcción de la red de agua potable son los siguientes, como se ve en la figura 3.1:

Acometida: Es la tubería que conecta la tubería de la red de distribución pública con la

instalación general interior. Debe contar con los siguientes elementos:

- Llave de toma: conocida también como collarín, se encuentra colocado sobre la tubería de la red de distribución, cuando se abre deja libre el paso de agua.
- Tubo de acometida: enlaza la llave de toma con la llave de corte general.
- Llave de corte: se la conoce como llave de registro, sirve para interrumpir el suministro de agua desde el exterior del predio.
- Medidor General: mide el consumo general de todas las edificaciones del predio

Nudo de regulación, monitoreo y control interno (micros medidores): Consta de varios accesorios, los cuales son:

Filtro general: malla de acero inoxidable y baño de plata, sirve para retener partículas entre 25 μm y 50 μm .

- Contador: su montaje, operación y mantenimiento es exclusiva responsabilidad de la empresa que brinda el suministro de agua (ETAPA). No se admite la instalación de un solo contador para varios predios. Para el caudal mínimo el error de medición tiene que ser menor a $\pm 5\%$.
- Válvula limitadora de presión interna: está instalada después del filtro general, en nudos en los que la presión sea mayor a 50 m.c.a. y se calibra de modo que no supere este valor.
- Válvula de retención: instalada antes del contador para evitar el retorno de agua medida a la red de distribución.
- Ventosa: purga el aire que pudiera provenir de la red general, es instalada antes del contador y después de la válvula limitadora de presión
- Banco de contadores: se instala cuando se requieran conectar más de 3 contadores. Debe estar en una zona común dentro del predio.

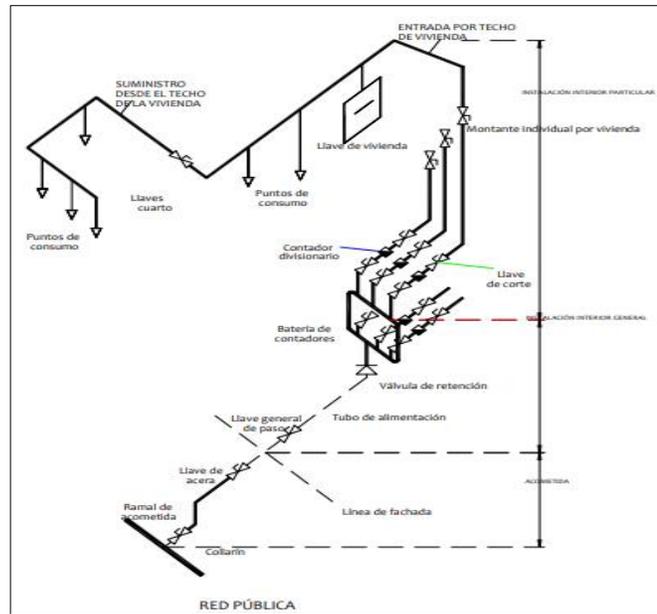


Figura 3.7 Esquema de una instalación de suministro de agua tipo
Fuente: NEC 11- NHE, norma hidrosanitaria.

Calentadores: la producción de agua caliente se realizará mediante “calentadores a gas (calefón)” o “Caldera eléctrica”, mediante llama o un alambre de níquel calienta el agua para su consumo.

Tuberías: son las que transportan el agua a los puntos de consumo, son de diferentes materiales como: acero galvanizado (AG), poli cloruro de vinilo clorado (PVC-C), polietileno reticulado (PER), polipropileno (PP) o poli cloruro de vinilo (PVC), en el mercado existen en diferentes gamas de costos y calidad

Tee: Accesorio que sirve para derivar el caudal en dos direcciones diferentes, tiene la forma de una letra T, de ahí su nombre.

Codo: Accesorio que sirve para unir dos tuberías que no se encuentra alineadas, es decir cuando se pretende cambiar la dirección del caudal, comercialmente los codos son ángulos de 45° o 90°.

3.1.4 Selección de tubería a utilizar

El material utilizado para la construcción de sistemas de tuberías y recomendado por ETAPA es tubería de PVC roscable resistente a una presión de 1MPa, certificada por la

norma INEN, los accesorios como tees y codos deben ser de la misma marca para garantizar una compatibilidad evitando así fugas.

Los diámetros comerciales disponibles para las tuberías se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3.16 Diámetros comerciales de tubería para agua potable

Serie: PVC 10		
Descripción: tubo de policloruro de vinilo - 10 Kg/cm ²		
Rugosidad absoluta: 0.0300 mm		
Referencias	Diámetro interno	
	mm	pulg
Ø15	12.6	1/2
Ø20	17.6	3/4
Ø25	22.6	1
Ø32	28.8	1 1/4
Ø40	36.2	1 1/2
Ø50	45.2	2
Ø63	57	2 1/2
Ø75	67.8	3

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD.

3.1.5 Dimensionamiento de la red de agua potable

El dimensionamiento o modelamiento consiste en definir los diámetros de cada tramo de la red, de tal manera que se garantice su adecuado funcionamiento, para este proceso se ha utilizado el software Cypecad, el mismo que permite ingresar los planos arquitectónicos de cada planta de las edificaciones nuevas o existentes de un proyecto, el proyectista deberá trazar las redes de distribución interna de la mejor manera posible, evitando daños en la estructura de la edificación, el programa computacional realiza los cálculos o iteraciones que se detallarán a continuación para indicarnos el diámetro a asimilar para cada uno de los tramos proyectados y además indicará las cantidades de obra requeridas para su construcción. Es muy importante señalar la simultaneidad de consumos dentro de la edificación para obtener resultados más prácticos. El modelado consiste en trazar tramos de tubería hasta cada uno de los puntos de consumo, en lo posible siguiendo la geometría de la edificación y teniendo en cuenta la normativa existente. Cada tramo de tubería esta entre dos nodos, los cuales son puntos de unión entre tuberías.

Los cálculos en el programa Cypcad se realizan tomando en cuenta un coeficiente de simultaneidad de 3, es decir el uso simultaneo de tres aparatos sanitarios en cada tramo y la acumulación de caudal en los diferentes nodos.

Dimensionamiento de la acometida de agua

Debemos mencionar que el cálculo de la acometida de agua potable fría se realizó mediante el cálculo del caudal de diseño para abastecer a todos los aparatos sanitarios simultáneamente:

Tabla 3.17 Cálculo de caudal Total de consumo dentro del predio

Cálculo de caudales

tipo aparatos	caudal l/s	cantidad aparatos	caudal total	locales comerciales		hogar miguel león	
				N° Apa sanitario	caudal	N° Apa sanitario	caudal
Calefón	0.30	2	0.6	0	0	2	0.6
Fregadero de cocina	0.20	2	0.4	0	0	2	0.4
Lavadora ropa	0.20	12	2.4	0	0	12	2.4
Ducha	0.20	56	11.2	0	0	56	11.2
Urinario con llave	0.15	2	0.3	0	0	2	0.3
Inodoro	0.10	124	12.4	36	3.6	88	8.8
Lavabo	0.10	124	12.4	36	3.6	88	8.8
Grifo de garaje	0.20	2	0.4	0	0	2	0.4
Σ CAUDALES (l/s)			40.10		7.20		32.90
factor de simultaneidad			0.11				
CAUDAL DE DISEÑO			4.411	0.792		3.619	

Fuente: Autor

Tabla 3.3 Dimensionamiento de la acometida domiciliaria

Dimensionamiento del medidor general

Descripción		Unidad
Caudal máximo probable	4.13	l/s
Diámetro	2 "	in.
Caudal nominal	4.17	l/s
% Capacidad nominal	98.92	%
Pérdida	9.79	Mca

Fuente: Autor

Nuestra acometida domiciliaria deberá ser de dos pulgadas o 50 mm de diámetro

Formulación usada en cypecad

El dimensionamiento de las tuberías interiores desde el depósito hacia cada uno de los puntos de consumo se realiza mediante el programa computacional CYPECAD MED el mismo que cumple con NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC-11) - CAPÍTULO 16 – NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA, la formulación utilizada se describe a continuación.

Para el cálculo del caudal de diseño de cada tramo se utiliza la sumatoria de los caudales de cada aparato sanitario existente en el tramo multiplicados por el factor de simultaneidad. La ecuación 3.1 describe la formulación para el cálculo del caudal en cada nodo de la red del programa mencionado.

$$Q_{MP} = k_s \times \sum q_i \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

q_i : representa el caudal de cada uno de los accesorios hidrosanitarios, cuyos valores se muestran en la tabla 3.2.

k_s : es el coeficiente de simultaneidad que varía entre 0.2 y 1 y se calcula mediante la ecuación 3.2.

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log)n)) \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde: n : es el número total de aparatos servidos.

k_s : es el coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1

F: factor que toma los siguientes valores

F=0, según norma francesa

F=1, para edificios de oficinas o semejantes

F=2, para edificios habitacionales

F=3, hoteles, hospitales y semejantes

F=4, edificios académicos, cuarteles y semejantes

F=5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores

En nuestro caso F=5

Cabe indicar que para cada tramo el cálculo se realiza con el caudal acumulado simultáneo hasta ese punto, es por ello que los diámetros son más grandes mientras más se aproxima la red a los medidores, ya que en estos puntos se acumula el caudal de diseño simultáneo de todo el edificio.

Tabla 3.4 Caudales instantáneos mínimos en aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

Fuente: NHE- Tabla 16.1. Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo

Todas las tuberías de las instalaciones interna, serán dimensionadas para trabajar como conductos bajo presión.

Pérdidas de carga

El flujo de agua pierde presión a lo largo de su trayectoria por la red de tuberías esto se debe a los accesorios presentes en la misma y además a la fricción entre el agua y las paredes de la tubería es por ello que se debe considerar está pérdida en el diseño, mediante la fórmula de Darcy-Weisbach que se describirá más adelante.

Numero de Reynolds

Para el diseño de redes de agua potable se debe considerar en primer lugar el tipo de flujo con el que se está trabajando, el número de Reynolds hace esta distinción considerando

que se es mayor a 2000 es un flujo turbulento y menor o igual a 2000 es un flujo laminar. Se debe considerar que el diseño no es el mismo para los dos tipos de flujo y que el número de Reynold se determina con la ecuación 3.3.

$$R_e = \frac{4 \times Q}{\pi \times D \times \nu} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Donde:

R_e : Número de Reynolds

Q : Caudal. (m³/s)

D : Diámetro interior. (m)

ν : Viscosidad cinemática del agua. (A 20°C es igual a 1.01E-6 m²/s)

Fórmula de Darcy-Weisbach

Mediante esta fórmula se determina la energía producida por la fricción entre las paredes de las tuberías rectilíneas y de sección redonda y un fluido que transita por ellas, se describe en la ecuación 3.4.

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde:

h_L : Pérdida de carga por fricción (m.c.a.)

f : Factor de fricción, determinado mediante la ecuación 3.5 para fluidos de régimen laminar y la ecuación 3.6 para fluidos de régimen turbulento.

L : Longitud de la tubería. (m)

D : Diámetro de la tubería. (m)

v : Velocidad del flujo. (m/s)

g : Aceleración de la gravedad. (m/s²)

$$f = \frac{64}{R_e}$$

Ecuación 3.5

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{2.51}{R_e \times \sqrt{f}} + \frac{k}{3.71 \times D} \right)$$

Ecuación 3.6

Donde:

 f : Factor de fricción R_e : Número de Reynolds D : Diámetro interior. (mm) k : Coeficiente de rugosidad de la tubería. (mm), varía de acuerdo a lo mostrado en la tabla 3.5

Tabla 3.5 Valores del coeficiente de rugosidad en función del material y estado de la tubería

Material y estado	k (mm)
Polietileno	0.002
PVC	0.02

Fuente: (Carrazón Alocén, 2007)

Longitud equivalente

Para el cálculo de la pérdida por accesorios que sufre la red de distribución utilizamos el método de la longitud equivalente, el cual es un valor que pretende reemplazar la existencia de un accesorio de la red por una longitud recta de tubería que tendrá una pérdida equivalente.

$$Le = \left(A * \left(\frac{d}{24.5} \right) \pm B \right)$$

Ecuación 3.7

$$* \left(\frac{120}{C} \right)^{1.8519}$$

Dónde: Le : longitud equivalente en metros

A, B: factores que dependen del tipo de accesorios

D: diámetro interno en milímetros

C: coeficiente según material de tubería

Accesorio	Factor A	Factor B
Codo de 45°	0.38	+ 0.02
Codo radio largo 90°	0.52	+ 0.04
Entrada normal	0.46	- 0.08
Reducción	0.15	+ 0.01
Salida de tubería	0.77	+ 0.04
Tee paso directo	0.53	+ 0.04
Tee paso de lado y tee salida bilateral	1.56	+ 0.37
Tee con reducción	0.56	+ 0.33
Válvula de compuerta abierta	0.17	+ 0.03
Válvula de globo abierta	8.44	+ 0.50
Válvula de pie con criba	6.38	+ 0.40

Figura 3.8 valores del Factor A, B para cálculo de Longitud equivalente

Fuente: NHE- Tabla 16.4. Factores para el cálculo de longitudes equivalentes

Mediante este método podemos variar teóricamente la longitud de la red de tuberías eliminando los accesorios y determinando la pérdida de toda la red. Estas pérdidas se determinan mediante la ecuación 3.8.

$$h_L = K \frac{v_p^2}{2g} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Donde:

h_L : pérdida de presión por un accesorio.

v_p : velocidad del flujo en la tubería.

g : aceleración de la gravedad. (m/s²)

K : coeficiente de resistencia, determinado con la ecuación 3.8.

$$K = f_T \frac{L_e}{D} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

f_T : factor de fricción, depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa, su valor se obtiene de la figura 3.9, la misma que representa el Diagrama de Moddy.

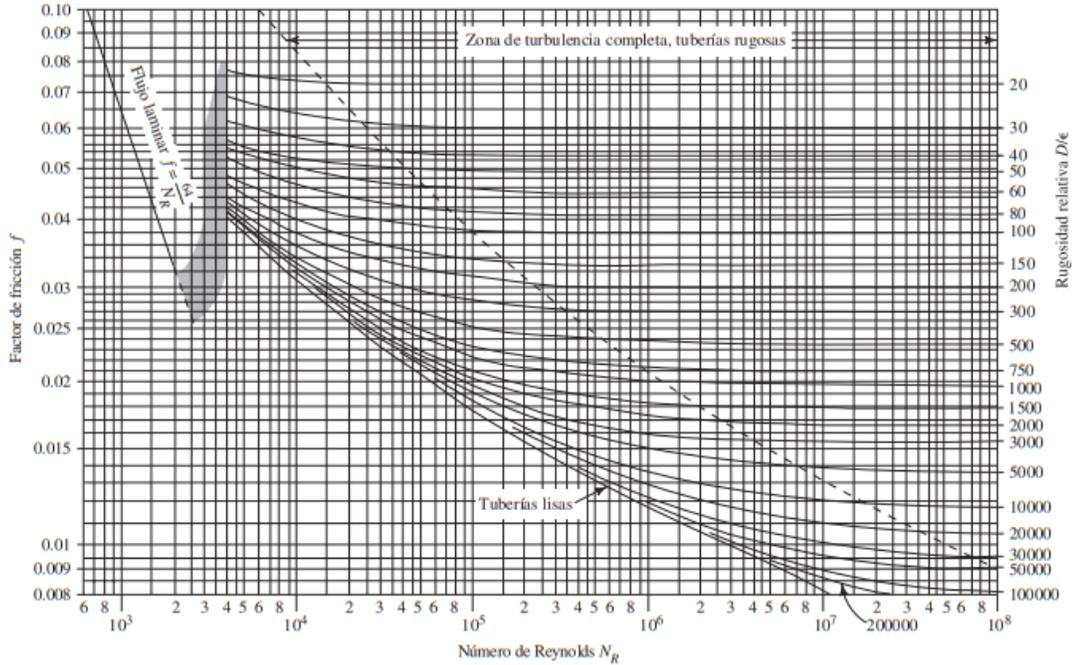


Figura 3.9 Diagrama de Moody
Fuente: (Mott, 2006)

La rugosidad relativa se determina con la ecuación 3.10.

$$R_r = \frac{D}{\epsilon} \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Donde:

R_r : rugosidad relativa.

D : diámetro de la tubería.

ϵ : rugosidad tomada de la tabla. 3.6

Tabla 3.6 Valores de la Rugosidad en tuberías

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (pies)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}

Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.2×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: (Mott, 2006)

De acuerdo con la formulación anterior ingresamos los datos de entrada para el cálculo en el programa computacional, el mismo que luego de varias iteraciones da como resultado los diámetros comerciales que cumplen con toda la normativa.

Datos de entrada para el cálculo

Los datos usados en el programa Cypecad son los siguientes:

- Hipótesis de caudal acumulado con simultaneidad
- Presión de suministro en acometida: 35.0 m.c.a.
- Velocidad mínima: 0.5 m/s
- Velocidad máxima: 2.0 m/s
- Coeficiente de pérdida de carga: 1.2
- Presión mínima en puntos de consumo: 10.0 m.c.a.
- Presión máxima en puntos de consumo: 40.0 m.c.a.
- Viscosidad de agua fría: $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Viscosidad de agua caliente: $0.478 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Factor de fricción: Colebrook-White
- Pérdidas en la red: Darcy-Weisbach
- Pérdida de temperatura admisible en red de agua caliente: 5 °C

Cabe aclarar que la base para el cálculo en Cypecad es la arquitectura de la edificación, es decir la ubicación precisa de cada aparato hidrosanitario y su tipo mediante el cual se define su caudal. El modelado se ha basado en la mencionada arquitectura obtenida de la planimetría, definiendo los niveles mostrados en la tabla 3.7 y en la tabla 3.8 se observa la cantidad de cada uno de los aparatos hidrosanitarios que conforman el proyecto. Finalmente, la arquitectura se encuentra en el Anexo 1, el mismo que se realizó a partir del levantamiento topográfico.

Tabla 3.18 Alturas de cada nivel en las edificaciones

Planta	Altura	Cotas	Grupos (fontanería)
Cubierta	0.00	6.00	Cubierta
Planta 1	3.00	3.00	Planta 1
Planta baja	3.00	0.00	Planta baja

Fuente. Memoria de cálculo CYPECAD.

Cantidad de puntos de consumo o de aparatos sanitarios en las edificaciones del predio

Tabla 3.19 Puntos de consumo para el calculo

tipo aparatos	cantidad total de aparatos sanitarios	cantidad de aparatos sanitarios	
		locales comerciales	hogar miguel león
Caldera	2	0	2
Fregadero de cocina	2	0	2
Tanque de lavar ropa	12	0	16
Ducha	56	0	56
Inodoro	123	36	87
Lavabo	102	26	76
Grifo de garaje	2	0	2

Fuente. Memoria de cálculo CYPECAD.

Los cálculos y comprobaciones de dimensionamiento de la red de agua fría y de agua caliente se presentan en el ANEXO 2

3.1.6. Dimensionamiento de la cisterna de consumo y sistema de bombeo

Volumen necesario de agua a ser almacenada deberá cubrir la demanda interna de los ocupantes de las edificaciones por un periodo de 24 horas, debe considerarse también que el periodo máximo recomendado para mantener agua potable almacenada es de 24 horas de acuerdo a la NHE-16

Se utilizaron los datos de dotaciones que nos da la norma NHE-16

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300

Figura 3.10 Dotación para cálculo de la reserva de agua fría

Fuente: NHE- Tabla 16.2 Dotaciones para edificaciones de uso específico

La cantidad de ocupantes en el hogar miguel león es de 121 personas como lo muestra la tabla 2.0.2, con estos datos se procede al cálculo del volumen de agua de reserva:

Datos de cálculo:

- La demanda máxima probable se ha determinado en 3.10 l/s.
- Carga estática

Nivel de succión (cisterna) N= -7.75 m.

Nivel del aparato sanitario más elevado N= 5.80 m.

De donde la carga estática de la red hidráulica es 13.55 m

- Carga de trabajo según la tabla de cálculos

El cálculo de caudales, diámetros y pérdidas de carga para las tuberías y accesorios de conexión del sistema se calculará en base a la fórmula de Hazen Williams.

$$Q=0.28C*2.63D*0.54J \qquad \text{Ecuación 3.10}$$

Dónde:

Q: Caudal de circulación

D: Diámetro de tubería

J: Gradiente hidráulico

C: Constante del material

Para el cálculo de la potencia de la bomba se deberá utilizar la siguiente expresión y basarse en los ábacos de cada tipo de bomba para escoger la más conveniente:

$$\text{Potencia} = ((G*Q*H))/(75*n) \qquad \text{Ecuación 3.11}$$

En donde:

G = 1000 Kgf/m³

Q = Caudal m³/s

H = altura mts.

n = rendimiento del conjunto motor-bomba (0.80)

Potencia será igual a 0.7 HP semejante a 1 HP (potencia comercial)

3.1.7 Resultados

La red diseñada para este proyecto cuenta con 33 micro medidores para uso comercial, 1 micro medidor para uso doméstico y un medidor general para todo el hogar, en total son

35 medidores de agua, mediante los cuales se divide el caudal total consumido para cada local comercial y para el Hogar, además se ha incorporado una cisterna con su respectivo sistema de bombeo, en el Anexo 2 se pueden observar los resultados para el cálculo de los diámetros de cada uno de los tramos de la red de agua fría y de la red de agua caliente, así como también en los planos del Anexo 3 se gráfica la ubicación de las tuberías.

La red de agua caliente nace de los calentadores (2 en total) del tipo calderas, que reciben agua potable fría y distribuyen agua caliente hacia los puntos requeridos, los resultados del cálculo de la red de agua caliente están presentes en el ANEXO 2 y los planos de la red en el ANEXO 3.

3.2 Diseño de la red de saneamiento

La red de saneamiento interno sirve para recolectar las aguas servidas de la edificación y transportarlas hasta la red pública, la misma que llevará estos residuos a las plantas de tratamiento municipales. Esta red trabajará a gravedad por lo que tendrá una pendiente adecuada y su diámetro será el suficiente para garantizar que no se produzcan taponamientos ni malos olores.

El sistema está modelado con tuberías colectoras principales que se unen a través de posos de revisión y tienen una sola salida que da a la calle Coronel Talbot, a estas matrices se unen las tuberías colectoras secundaria tanto de agua servidas como de agua pluvial. Estas a su vez están unidas mediante accesorios de PVC a los ramales que son las tuberías que se conectan a los puntos de consumo o aparatos sanitarios.

3.2.1. Partes de una red de saneamiento

Red interna: es un conjunto de tuberías con una pendiente que varía entre 1° y 4° con respecto a la horizontal, en ella se van incorporando los caudales de los accesorios y de las bajantes. Este sistema de tuberías transporta el agua servida hacia los pozos TILL ubicados en los exteriores de la edificación.

Bajantes: son tuberías perpendiculares a la horizontal y su objetivo es transportar las aguas servidas desde los diferentes niveles de la edificación hacia la red interna.

Pozo TILL: es una estructura en donde se desembocan las aguas servidas que circulan por la red interna y de ahí se conectan a la red pública.

Red pública de alcantarillado: es el sistema de tuberías que captan el agua de consumo de cada vivienda y la transportan de manera segura hacia la planta de tratamiento para su posterior vertido en un afluente.

3.2.2. Accesorios de una red de saneamiento

Una red de saneamiento está constituida por los siguientes elementos:

Sifones: son accesorios con una doble curvatura que evitan que el caudal expulsado regrese a los aparatos, así como también impiden el paso de malos olores hacia la habitación.

Codos sanitarios: los codos tienen ángulos a 45° que impiden el estancamiento de agua y su retorno.

Yees sanitarias: reciben caudal de dos fuentes y lo desembocan generalmente en una tubería mayor.

Cajas de revisión: son estructuras que sirven para inspeccionar el funcionamiento de la red en un punto donde se supone que se puede generar conflicto, generalmente en la unión de dos tuberías con un gran aporte de caudal.

3.2.3. Selección de la tubería a utilizar

Las tuberías utilizadas para desagüe serán de los diámetros indicados en cada tramo, de PVC, deben ser certificadas por INEN. Las juntas entre tuberías y accesorios podrán ser pegadas o tener uniones elastoméricas, no se deben deformar los tubos o accesorios en obra más allá de lo permitido por el fabricante y se debe colocar las tuberías de manera que sean accesibles con fines de mantenimiento. En las tablas 3.9 y 3.10 se observan los diámetros comerciales de tuberías y accesorios.

Tabla 3.20 Diámetros comerciales de tubería de PVC sanitaria

Serie: PVC liso	
Descripción: serie B (UNE-EN 1329)	
Coef. Manning: 0.009	
Referencias	Diámetro interno
Ø32	26.0
Ø40	34.0
Ø50	44.0
Ø63	57.0
Ø75	69.0

Ø80	74.0
Ø82	76.0
Ø90	84.0
Ø100	94.0
Ø110	103.6
Ø125	118.6
Ø140	133.6
Ø160	153.6
Ø180	172.8
Ø200	192.2
Ø250	240.2
Ø315	302.6

Fuente. Memoria de cálculo CYPECAD.

Tabla 3.21 Diámetros comerciales de accesorios de PVC comerciales

Serie: PVC	
Descripción: policloruro de vinilo	
Coef. manning: 0.009	
Referencias	Diámetro interno
Ø32	29.6
Ø40	37.6
Ø50	47.6
Ø75	72.0
Ø90	86.8
Ø110	105.6
Ø125	120.0
Ø140	134.4
Ø160	153.6
Ø200	192.0
Ø250	240.2
Ø315	302.6
Ø400	392.3
Ø500	485.7
Ø600	594.6

Fuente. Memoria de cálculo CYPECAD.

3.2.4. Dimensionamiento de la red de saneamiento

Se lo realizó en el software computacional Cypecad el mismo que utiliza la ecuación 3.10 para dimensionar estas redes.

Donde el caudal se define por la ecuación

$$Q_d = k \times Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ind} + Q_{esp} \quad \text{Ecuación 3.12}$$

Donde:

k : Factor de mayoración

Q_d : Caudal de diseño

Q_{dom} : Caudal domiciliar

Q_{inf} : Caudal de infiltración

Q_{ind} : Caudal de aguas ilícitas

Q_{esp} : Caudal debido a aportes especiales

Cada uno de estos caudales se define a continuación.

Caudal domiciliar

Es el agua desechada desde los domicilios hasta el colector principal, este caudal es proporcional al caudal del suministro de agua potable. Por lo general el agua que se utiliza para jardines, aseo del hogar o lavado de vehículos no ingresa a la red de alcantarillado, por lo que afectamos el caudal de suministro de agua potable con un coeficiente de retorno ya definido y es de 0.8.

El caudal domiciliar es calculado mediante la ecuación 3.11

$$Q_{dom} = \frac{Dot \times R \times Hab}{86400} \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Donde:

Q_{dom} : Caudal domiciliar (lt/s)

Dot : Dotación (Lt/hab-día)

R : Factor de retorno

Hab : Cantidad de habitantes de la edificación

Caudal de infiltración

Existe un caudal de agua que penetra en los conductos de la red de alcantarillado. Este caudal depende del nivel freático, de la permeabilidad del terreno, de la profundidad y tipo de tubería. En el caso de tuberías de alcantarillado un problema puntual es la infiltración a través de las juntas deficientes y deterioros en las paredes de la tubería.

Se tienen los siguientes valores obtenidos de estudios anteriores 1 lt/s/km (consultora ACSAM, 1986), 0.10 – 0.25 lt/s/km (Consultpiedra, s/f-b), (Lopez, 2010) indica un valor de 0.5 lt/s/km para zonas con un nivel de infiltración baja, por otra parte el mismo autor plantea un aporte de infiltración por área drenada igual a 0.05 lt/s/ha, valor que es asumido pues representa mejor el aporte a cada tramo y los valores son similares al aporte de infiltración por longitud de tubería.

Caudal de aguas ilícitas

Es el caudal de agua lluvia que es evacuado en la red de alcantarillado sanitario, principalmente debido a las bajantes de agua lluvia instaladas en las viviendas.

La Norma Ecuatoriana señala “...los sistemas de alcantarillado sanitario no deben admitir entrada de agua lluvia a través de conexiones clandestinas...”, por otro lado, ETAPA recomienda asumir un valor de 115 lt/hab/día.

Se mencionó que con la presencia de lluvias los pozos tienden a llenarse y dejar expuestas las aguas residuales, lo cual indica una cantidad considerable de conexiones ilícitas, de acuerdo a las bibliografías consultadas 2 lt/s/ha es un valor alto, debido a esto se asume un valor de 1 lt/s/ha que presenta un comportamiento similar al recomendado por ETAPA EP.

3.2.5 Resultados

La red de saneamiento recoge el agua servida de los accesorios mostrados en la tabla 3.11

Tabla 3.22 Cantidad de aparatos sanitarios que descargan en la red proyectada

Aparatos de descarga	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv): 1 Unidades de desagüe	113
Ducha (Du): 2 Unidades de desagüe	52
Bañera (Ba): 3 Unidades de desagüe	8
Inodoro con cisterna (Ic): 4 Unidades de desagüe	124
Inodoro con fluxómetro (If): 8 Unidades de desagüe	2
Fregadero de cocina (Fr): 3 Unidades de desagüe	9
Lavadero (Ld): 3 Unidades de desagüe	20

Fuente. Memoria de cálculo CYPECAD.

Caudal pluvial

Hace referencia a la cantidad de agua recolectada por precipitaciones sobre la edificación, debido a que las cubiertas de la misma depositan el fluido recolectado en los canales y estos a su vez en la red de alcantarillad, para su cálculo se usa el Método Racional que se aplica en cuencas de hasta 200 hectáreas y de características hidrológicas e hidráulicas simples, es decir sin elementos de retención o retardos, el método consiste en la ecuación 3.14.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{0.36} \quad \text{Ecuación 3-14}$$

Donde:

Q : es el caudal máximo de esorrentía. (l/s)

C : coeficiente de escurrimiento. (adimensional)

I : intensidad de la lluvia. (mm/hora)

A : área total de drenaje aportante. (ha)

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia se consideran dos parámetros el primero es la duración (minutos) o el tiempo que transcurre una tormenta desde que inicia la precipitación hasta que termina en un área aportante al flujo de salida, el segundo parámetro es el periodo de retorno (TR) que es el número de años que en promedio se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad. Para este estudio se determina con la ecuación del cálculo de intensidades máximas en la zona del aeropuerto de la ciudad de Cuenca (Inamhi, 2015).

$$i = 201.93 \times Tr^{0.1845} \times t^{-0.4926} \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Donde:

i : intensidad (mm/h)

Tr : Periodo de retorno (años)

t : duración de la precipitación (min)

Para el cálculo del periodo de diseño se adoptan los siguientes criterios establecidos por (Etapa, 2009) que están en función del área de aporte

Tabla 3.23 Periodos de retorno establecidos en función de las áreas de aporte.

Rangos de áreas aportantes (Ha)	Período de retorno (T) (años)
Menor a 3	3
3 a 10	5

Fuente: (Etapa, 2009)

La duración de la precipitación tiene 2 intervalos de tiempo el primero $5\text{min} < 60\text{min}$ y el segundo $60\text{min} < 1440\text{min}$ (Inamhi, 2015)

En este caso se utilizaron los siguientes datos: rango de áreas de aporte menor a 3 años por lo tanto se escogió un T_r de 3 años y un tiempo de precipitación del primer intervalo de 5 min, reemplazando en la ecuación 3.16 se obtiene un valor de $i = 112 \text{ mm/h}$, una vez obtenido este valor se asume en el diseño en el programa CYPECAD un valor semejante al recomendado que es de 113mm/h .

En los planos del Anexo 7 y en las tablas del Anexo 6 se observan los resultados del dimensionamiento de la red de saneamiento interno.

3.3. Diseño de la red de protección contraincendios

Una red de protección contra incendios consiste en todos los accesorios que protegen a una edificación es caso de que se produzca un incendio que llegue a afectarla. Esta ampliamente relacionada con el diseño hidráulico ya que el uso de agua es una forma eficaz de combatir el fuego, sin embargo, consta de otros accesorios. Es por ello que una red de protección contra incendios consta de señalética, centrales de alarma, sistemas de rociadores, entre otros, que en conjunto brindan la seguridad necesaria. El diseño de la red de rociadores requiere un cálculo hidráulico de la red húmeda de tuberías y accesorios y la implementación de todos los accesorios contraincendios (rociadores y bocas de incendio equipadas) se basan en la normativa de las entidades pertinentes de control que en el caso de la ciudad de Cuenca es el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Cuenca, institución que tiene como una de sus funciones prevenir la formación de incendios o

atacarlos y eliminarlos en el menor tiempo posible protegiendo así la vida de las personas y sus bienes materiales.

3.3.1. Normativa usada

El desarrollo del proyecto para su diseño hace referencia a la norma NFPA la cual especifica los parámetros relevantes para sus aprobaciones por las entidades competentes, en este documento se hace hincapié a los capítulos detallados a continuación:

- NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10, PARTE 11 - SEGURIDAD HUMANA Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO
- REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DEL MINISTERIO DE INCLUSIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL
- NORMA NFPA 10 EXTINTORES PORTATILES CONTRA INCENDIO
- NORMA NFPA 13 INSTALACION DE SISTEMAS DE ROCIADORES
- NTE INEN 0439 (1984): COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD
- CPE INEN 005-8-1 (1986): PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. SECCIÓN I: PRINCIPIOS GENERALES Y CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS.
- NFPA 20 NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS

3.3.2. Sistemas contraincendios incorporados al proyecto

El dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de la red se hace controlando un rango de velocidades entre 5 a 20fps (1.5 a 6.0m/s) durante tres escenarios:

1. Solamente los rociadores entran en funcionamiento.
2. Solamente los BIE's entran en funcionamiento.
3. Los rociadores y los BIE's funcionan al mismo tiempo.

Después de varias simulaciones se determinó que el caso más crítico es el tercero, dando como resultado los cálculos indicados en el Anexo 8.

Sistema de rociadores

Un sistema de rociadores para protección contra incendios se diseña de acuerdo a la norma NFPA 13, este sistema consiste en un conjunto de rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías, que se alimenta del agua reservada en una cisterna mediante un sistema de bombeo.

Partes de un sistema de rociadores:

Un sistema de rociadores automáticos está constituido por:

Rociadores automáticos: los mismos que se colocan de tal manera que se respeten los distanciamientos mínimos y máximos entre ellos y la estructura, su función es liberar agua sobre su superficie de acción en forma de una lluvia artificial, el caudal de agua liberado debe ser suficiente para contralar el incendio en una habitación y apagar el fuego evitando que se propague al resto de la edificación. Dependiendo del área de protección se puede activar uno o varios rociadores al mismo tiempo.

Datos del programa computacional asumidos para los rociadores

Sistema de tuberías: mediante este se transporta agua hacia todos los rociadores, debe estar diseñado de tal forma que se asegure el caudal necesario en los mismos, al dimensionar este sistema se deben considerar las pérdidas causadas por su longitud propia y por los accesorios que la compone tales como tees y codos. Su material debe ser metálico y pintado de color rojo.

Sistema de bombeo: para que el agua llegue con presión y caudal necesario a los rociadores es necesario que se implemente uno de estos sistemas que se encargará de mover el agua en reposo de la cisterna a través de la red de tuberías. Consta de una bomba de eje vertical o una bomba tipo lápiz sumergible, un hidroneumático, válvulas de paso y la tubería necesaria para conectarlo todo.

Cisterna: es una estructura en la que se almacena el agua que alimenta la red de rociadores, se diseña de tal manera que sea capaz de abastecer la red por un periodo largo (30-120 minutos) el mismo que depende del tipo de edificación y su uso.

3.3.3. Diseño del sistema de rociadores

El diseño de esta red está basado en la norma NFPA, el mismo que indica un proceso que incluye: clasificación de acuerdo al uso y ocupación de la edificación, selección del rociador y definición de sus características, selección de zona más desfavorable en caso de incendio, cálculo de presión y caudal máximos, definición de bomba, cálculo de cisterna y dimensionamiento de la red de tuberías. Por lo tanto, se procede a diseñarlo usando el software Cypecad, y a continuación se explica la formulación usada.

Clasificación de la edificación

Para el inicio del diseño se considera el tipo de ocupaciones y su riesgo que implica en cada uno de ellos para así seleccionar el tipo de sistema, instalación y requerimiento de suministro de agua para los rociadores, por lo tanto, la NFPA 13 indica que para aquellas instituciones como asilos y hogares de convalecía son de baja combustibilidad con bajo índice de liberación de calor se determina como riesgo de tipo leve.

Tomando como referencia un tipo de riesgo ligero o leve se ha definido dos tipos de área la pasiva como medida de prevención y la activa, involucrando el uso directo de extintores, boca de incendios y rociadores de esta manera se reducen riesgos de un accidente.

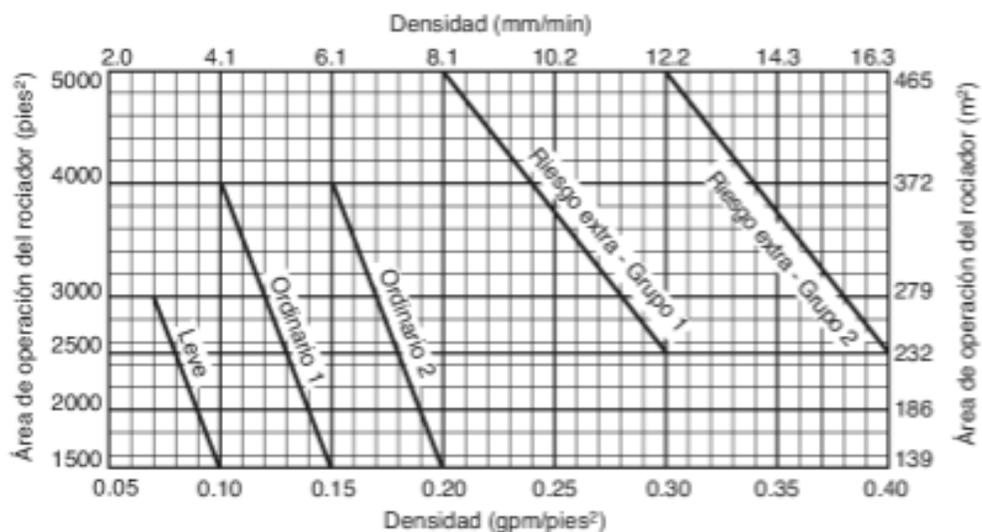


Figura 3.11 Curvas de densidad/área - riesgo de fuego

Fuente: (NFPA, 2013)

De la figura 3.3 se obtiene la relación densidad/área para la edificación estudiado y el riesgo leve.

Para riesgo leve la densidad de diseño es 0.10 gpm/ft² y el área de operación 1500 ft².

Selección de rociador

La normativa que se contempla para el diseño es la referida por la NEC – 15, la cual es la Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores NFPA 13. Además, se consideran también las siguientes especificaciones dadas por la normativa del Benemérito Cuerpo de Bomberos:

Art. 38.- La instalación de rociadores automáticos estará condicionada y diseñada particularmente para cada caso. Deben colocarse en los sectores considerados de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad a realizarse en ellos, conformando sectores de incendio debidamente aislados de las restantes zonas del edificio mediante elementos de separación de una resistencia mínima de un RF-120.

Características del rociador		Datos generales	
Tipo	1: SPL	Área protegida	4.00 m ²
Comprobaciones	Riesgo Ligero	Densidad de descarga	2.3 mm/min
<input type="checkbox"/> Con descuelgue		Separación máxima a otro rociador	2.00 m
		Separación mínima a otro rociador	2.00 m
		Disposición 3D	
		<input type="checkbox"/> Disponer el elemento en el plano de referencia de la instalación	
		Altura sobre la planta (m)	3.00
Comprobaciones			
Cálculo de la protección		Disposición del rociador	
Área máxima de operación	6.25 ≤ 84 m ²	Separación máxima entre rociadores	2 ≤ 4.6 m ✓
Área protegida máxima admisible	4 ≤ 21 m ² ✓	Separación mínima entre rociadores	2 ≥ 2 m ✓
		Separación máxima a las paredes	0 ≤ 2.3 m ✓
✓ Consultar comprobaciones			

Figura 3-12. Datos hidráulicos de los rociadores

Fuente: Salida de datos de CYPE CAD FIRE HYDRAULIC

La norma NFPA establece para los rociadores

4 – 6.2.2. Área máxima de protección de cobertura. El área máxima de protección de cobertura permitida para un rociador debe estar en concordancia con el valor indicado en

la Tabla 4-6.2. En ningún caso el área máxima de cobertura permitida para un rociador puede superar los 225 ft² (21m²).

Tabla 4-6.2 Área Protegida y Espaciamiento Máximo (Rociadores Normales Montantes y Rociadores Normales Pendientes)

Tipo de Construcción	Riesgo Leve		Riesgo ordinario		Riesgo Extra		Almacenamiento en Pilas Altas	
	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)
	pies ²	pies	pies ²	pies	pies ²	pies	pies ²	pies
No combustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones	225	15	130	15	100	12	100	12
Combustible obstruida	168	15	130	15	100	12	100	12

Para unidades SI: 1 pie² = 0.0929 m²; 1 pie = 0.3048 m

Figura 3.13 Área protegida y espaciamiento de rociadores
Fuente: (NFPA, 2013)

Para los requerimientos de presión se establece el factor de descarga K de acuerdo con la Tabla 2-2.2

Tabla 2-2.2 Identificación de las Características de Descarga de los Rociadores

Diámetro Nominal del Orificio		Factor K ¹	Porcentaje de la Descarga Nominal de ½ pulgada	Tipo De Rosca (NPT)	Pivote	Diámetro Nominal de Orificio Marcado sobre el Armazón
(Pulgadas)	(mm)					
1/4	6,4	1,3-1,5	25	½ pulgada NPT	SI	SI
5/16	8,0	1,8-2,0	33,3	½ pulgada NPT	SI	SI
3/8	9,5	2,6-2,9	50	½ pulgada NPT	SI	SI
7/16	11,0	4,0-4,4	75	½ pulgada NPT	SI	SI
1/2	12,7	5,3-5,8	100	½ pulgada NPT	NO	NO
17/32	13,5	7,4-8,2	140	¾ pulgada NPT o ½ pulgada NPT	NO	NO
5/8	15,9	11,0-11,5	200	½ pulgada NPT o ¾ pulgada NPT	SI	SI
				¾ pulgada NPT	SI	SI
3/4	19,0	13,5-14,5	250	¾ pulgada NPT	SI	SI

¹: El factor K es la constante en la fórmula $Q = K \sqrt{p}$

Donde: Q = caudal en gpm
p = presión en lb/pulg²

Para unidades SI: $Q_m = K_m \sqrt{P_m}$
Donde: Q_m = caudal en L/min
P_m = presión en bar
K_m = 14K

Figura 3.14 Características de descarga de los rociadores
Fuente: (NFPA, 2013)

Se obtiene un valor de K = 5.6 para un diámetro nominal del orificio de ½”.

El área y tipo de rociador deberá estar basado en la siguiente tabla.

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección máxima		Espaciamiento máximo	
		en pies ²	en m ²	en pies	en m
No combustible, no obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
No combustible, no obstruida	Tablas de tubería	200	18.6	15	4.6
No combustible, obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
No combustible, obstruida	Tablas de tubería	200	18.6	15	4.6
Combustible, no obstruida, sin miembros expuestos	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible, no obstruida, sin miembros expuestos	Tablas de tubería	200	18.6	15	4.6
Combustible, no obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible, no obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Tablas de tubería	200	18.6	15	4.6
Combustible, obstruida o no obstruida, con miembros de menos de 3 pies (0.91 m) entre centros	Todos	130	12.1	15	4.6
Combustible, obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Todos	168	15.6	15	4.6
Combustible, obstruida o no obstruida, con miembros de menos de 3 pies (0.91 m) entre centros	Todos	130	12.1	15	4.6
Espacios ocultos combustibles que cumplan con lo establecido en 8.6.4.1.4	Todos	120	11.1	15 paralelo a la pendiente 10 perpendicular a la pendiente*	4.6 paralelo a la pendiente 3.05 perpendicular a la pendiente*

Figura 3.15 Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores colgantes y montantes para riesgo leve

Fuente: (NFPA, 2013)

De la figura 3.15 se tiene que, para el caso de no combustible, no obstruida, sin miembros expuestos el área de protección máxima es de 225 pies cuadrados y el espaciamiento máximo es 15 pies, el mismo que se aplicará para toda la edificación.

Cálculo para zonas de mayor riesgo

Para dimensionar la bomba y cisterna se analiza el caso más desfavorable que puede darse en caso de un incendio, es decir las zonas más alejadas, más altas o con más material combustible, dependiendo de la edificación se analizan 2 o más casos, y se realizan los cálculos necesarios.

Para el presente caso se realizó el cálculo para los rociadores instalados en un dormitorio de la segunda planta ubicado en el bloque número 3, considerado el más desfavorable.

Sistema de tubería húmeda.

La tubería comercial seleccionada cumple con la norma ASTM 795 – SCH 40 (Cédula 10), la cual contempla las especificaciones para tubos de acero negro y acero galvanizado, permitida por la norma NFPA 13. Las especificaciones, diámetros comerciales y espesores de la tubería se indican a continuación:

ASTM A 53 - SCH 40

Designaciones Diámetro Exterior		Espesor	Peso	Presión de Prueba	
D		e	P		
pulg.	mm	mm	kg/m	lb/pulg ²	kg/cm ²
1/2	21,30	2,77	1,27	687	48,30
3/4	26,70	2,87	1,69	687	48,30
1	33,40	3,38	2,50	687	48,30
1 1/4	42,20	3,56	3,39	980	68,90
1 1/2	48,30	3,68	4,05	980	68,90
2	60,30	3,91	5,45	980	68,90
2 1/2	73,00	5,16	8,64	980	68,90
3	88,90	5,49	11,29	980	68,90
3 1/2	101,60	5,74	13,58	1176	82,70
4	114,30	6,02	16,09	1176	82,70
5	141,30	6,55	21,79	1176	82,70
6	168,30	7,11	28,29	1176	82,70

Figura 3.16 Datos técnicos de la tubería para el cálculo hidráulico

Fuente: Catalogo de tuberías

La norma NFPA establece

Art. 39.- Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de: hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.

Art. 40.- La colocación reglamentaria de estos elementos estará determinada por el uso del local y el tipo de riesgo de incendio, previa aprobación del Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción.

Pérdida por fricción: Las pérdidas por fricción de las tuberías deben determinarse en base a la fórmula de Hazen – Williams:

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Donde:

 p = Resistencia de fricción, psi/ft Q = Flujo, gpm C = Coeficiente de pérdida de fricción d = Diámetro interior real de la tubería, in

Pérdidas locales

Son producidas por la colocación de accesorios en determinados nudos de la red seca. Las pérdidas locales se determinan mediante longitudes equivalentes o mediante el Coeficiente de Pérdidas K. Pérdidas por Longitudes Equivalentes: A excepción de los tramos de tubería que se conectan directamente con los rociadores (y los BIEs), las pérdidas locales se consideran como longitudes equivalentes dentro de los tramos donde se tengan nudos con accesorios. Para la determinación de las longitudes equivalentes se sigue la Tabla 6-4.3.1. de la norma NFPA 13

Tabla 6-4.3.1 Tabla de Longitudes Equivalentes de Tubería de Acero Cédula 40.

Accesorios y Válvulas (en pulgadas)	Accesorios y Válvulas expresados en Pies Equivalentes de Tubería														
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4	5	6	8	10	12
Codo a 45°		1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
Codo estándar a 90°	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
Codo Largo a 90°	0,5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Té o Cruz (giro de flujo de 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Válvula Mariposa		-	-	-	-	6	7	10	-	12	9	10	12	19	21
Válvula de Cortina		-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Válvula de Retención tipo charnela*		-	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm; 1 pie = 0,3048 m

*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, las longitudes de tubo equivalentes indicadas en el cuadro anterior deben ser consideradas como promedios.

NOTA 1: Esta tabla se aplica a todos los tipos de tubo listados en la Tabla 6-4.4.5.

NOTA 2: La información sobre tubería de 1/2 pulg. se incluye en la tabla sólo porque se permite bajo 4-13.18.2 y 4-13.18.3.

Figura 3.17 Tabla de longitudes equivalentes de accesorios de tuberías de acero

Fuente: (NFPA, 2013)

La cual corresponde a tramos con tuberías de Cédula 40. De acuerdo a la disposición y configuración de la red seca se encontraron los siguientes valores de longitudes equivalentes que corresponden a cada uno de los accesorios en todo el sistema:

Pérdidas por el coeficiente K

Como se indicó anteriormente, solamente los tramos de tubería de los cuales se deriven directamente nodos que se conectan a rociadores (y BIEs), las pérdidas se calculan mediante la siguiente expresión:

$$p = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 3.17}$$

Donde:

p = Pérdidas locales, m

K = Coeficiente de descarga

V = Velocidad en el tramo de tubería, m/s

g = Gravedad, 9.807m/s²

Determinación de Parámetros Hidráulicos

Se tiene un sistema Clase II, el cual tienen conexiones desde las 4” hasta 1 ½” en determinados lugares de la edificación, para proporcionar una primera ayuda en caso de incendio.

La normativa establece que la red de tuberías deberá proporcionar, durante 30 minutos, como mínimo, una caudal de 100gpm a salida de manguera más remota del sistema (Tabla 11.2.3.1.2).

Tabla 11.2.3.1.2 Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente

Ocupación	Mangueras interiores		Total combinado de las mangueras interiores y exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Leve	0, 50, ó 100	0, 189, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60 – 90
Riesgo extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90 - 120

Figura 3.18 Duración de abastecimiento según el tipo de riesgo
Fuente: (NFPA, 2013)

De igual manera, la norma NFPA 14 establece que la presión mínima requerida en la salida es de 65psi en la conexión más remota (Artículo 7.8.1), y que la presión máxima es de 350psi (NFPA, 2019). Las pérdidas por la válvula a la salida de la conexión se calculan como longitudes equivalentes según se indicó anteriormente.

Con los parámetros descritos anteriormente se procede a realizar los cálculos respectivos de la red de agua contraincendios para el hogar Miguel León.

En la siguiente tabla se indican las longitudes totales y número de tuberías requeridas para cada diámetro, considerando que las longitudes comerciales de la tubería son de 6m.

Tabla 3.24 cantidad de tuberías según su diámetro

Tuberías			
Código	Unid	Descripción	Cantidad
2.001	m	Acero, Schedule 40. 100 mm.	635.34
2.002	m	Acero, Schedule 40. 40 mm.	1691.62
2.003	m	Acero, Schedule 40. 50 mm.	531.46
2.006	m	Acero, Schedule 40. 25 mm.	20.50

Fuente: Autor

3.3.4 Diseño de la red de agua para BIEs (boca de incendio equipadas)

La normativa que se contempla para el diseño es el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios del Ministerio de Inclusión Económica y Social (Benemérito Cuerpo de Bomberos).

El diseño debe considerar las siguientes especificaciones dadas por la normativa mencionada NFPA 10 Y NEC10.:

Bocas de incendios equipadas (BIEs)

En casos especiales de inaccesibilidad del vehículo contra incendios a la edificación del proyecto de diseño como en el presente caso, se dotará de una boca de incendio equipada con su válvula siamesa en un sitio accesible.

Sistemas de Bocas de Incendio equipadas (BIEs) como un conjunto de elementos necesarios para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una fuente de abastecimiento de agua por una red de tuberías hasta el lugar del fuego, incluyendo la propia BIE, los elementos de soporte (caja metálica), medición de presión (manómetro) y protección del conjunto (Válvula).

La normativa establece las siguientes disposiciones que se deben considerar:

Art. 33.- Este mecanismo de extinción constituido por una serie de elementos acoplados entre sí y conectados a la reserva de agua para incendios que cumple con las condiciones de independencia, presión y caudal necesarios, debe instalarse desde la tubería para servicio contra incendios y se derivará en cada planta, para una superficie cubierta de quinientos metros cuadrados (500 m²) o fracción, que dispondrá de una válvula de paso con rosca NST a la salida en mención y estará acoplada al equipo de mangueras contra incendio.

Art. 34.- Los elementos constitutivos de la boca de incendios equipada (BIE) son:

- Manguera de incendios: Será de material resistente, de un diámetro de salida mínima de 1 1/2 pulgadas (38 mm) por 15 metros de largo y que soporte 150 PSI de presión, en casos especiales se podrá optar por doble tramo de manguera, en uno de sus extremos existirá una boquilla o pitón regulable.
- Boquilla o pitón: Debe ser de un material resistente a los esfuerzos mecánicos, así como a la corrosión, tendrá la posibilidad de accionamiento para permitir la salida de agua en forma de chorro o pulverizada. Para el acondicionamiento de la manguera se usará un soporte metálico móvil, siempre y cuando permita el tendido de la línea de manguera sin impedimentos de ninguna clase.

Gabinete de incendio a ser instalada en el hogar Miguel León: todos los elementos que componen la boca de incendio equipada, estarán alojados en su interior, colocados a 1.20 metros de altura del piso acabado, a la base del gabinete, empotrados en la pared y con la señalización correspondiente. Tendrá las siguientes dimensiones 0.80 x 0.80 x 0.20 metros y un espesor de lámina metálica de 0.75mm con cerradura universal (triangular). Se ubicará en sitios visibles y accesibles sin obstaculizar las vías de evacuación, a un máximo de treinta metros (30 m) entre sí. El gabinete alojará además en su interior un extintor de 10 libras (4.5 kilos) de agente extintor, con su respectivo accesorio de identificación, una llave spanner, un hacha pico de cinco libras (5 lb), la que debe estar sujeta al gabinete. Los vidrios de los gabinetes contra incendios tendrán un espesor de dos a tres milímetros (2 a 3 mm) y bajo ningún concepto deben ser instalados con masillas o cualquier tipo de pegamentos.



Figura 3.19 ejemplo de BIE's a ser instalada
Fuente: (NFPA, 2013)

Bocas de impulsión para incendio (siamesas)

La justificación para la colocación de una única boca de impulsión comúnmente denominada llave siamesa está dada por la siguiente disposición de la normativa:

Art. 5.- Cuando la edificación sea de más de cuatro (4) plantas de construcción o un área correspondiente a un sector de incendios de quinientos metros cuadrados (500 m²), deben disponer al menos de una BOCA DE IMPULSIÓN, la misma que estará ubicada al pie de la edificación según las exigencias que para el caso determine el Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción.

La normativa establece las siguientes disposiciones que se deben considerar para el cálculo hidráulico:

Art. 35.- La red hídrica de servicio contra incendios dispondrá de una derivación hacia la fachada principal del edificio o hacia un sitio de fácil acceso para los vehículos de bomberos y terminará en una boca de impulsión o hidrante de fachada de doble salida hembra (con anillos giratorios) o siamesa en bronce bruñido con rosca NST, ubicada a una altura mínima de noventa centímetros (90 cm) del piso terminado hasta el eje de la siamesa; tales salidas serán de 2 1/2 pulgadas (63.5 milímetros) de diámetro cada una y la derivación en hierro galvanizado del mismo diámetro de la cañería.

La boca de impulsión o siamesa estará colocada con las respectivas tapas de protección señalizando el elemento conveniente con la leyenda <USO EXCLUSIVO DE BOMBEROS> o su equivalente; se dispondrá de la válvula check incorporada o en línea a fin de evitar el retroceso del agua.

Columna de agua para incendios

Art. 36.- La columna de agua es una instalación de uso exclusivo para el servicio de extinción de incendios, es una tubería dispuesta verticalmente con un diámetro mínimo de 2 1/2 pulgadas dependiendo del cálculo hidráulico y el número de equipos instalados para mayores secciones, a éstas se acoplarán las salidas por piso en diámetro mínimo de 1 1/2 pulgadas, será de hierro galvanizado o cualquier material resistente al fuego contemplado en norma INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción y con un RF-120, capaz de soportar como mínimo, una presión de 20 Kg/cm² (285 PSI).

En la base misma de la columna de agua para incendios entre la salida del equipo de presurización y la derivación hacia la boca de impulsión, existirá una válvula check a fin de evitar el retroceso del agua cuando se presurice la red desde la boca de impulsión para el caso de tanque de reserva bajo.

Cálculo hidráulico

Para proceder con el cálculo hidráulico se consideran los siguientes factores:

- La fuente de abastecimiento de agua para la red será un depósito de 40 m³ de capacidad, ya existente y ubicado en el centro del predio. Junto a esta irá un sistema de bombeo. El sistema de bombeo se ubicará en una caseta junto al depósito de agua.
- De la columna seca se derivará la salida para la siamesa, la cual se ubicará a la entrada al garaje del hogar miguel león, en la calle Coronel Talbot, vía principal de acceso.

Metodología del Cálculo Hidráulico

Dada la cantidad de nudos y variables hidráulicas que tiene la red abierta a ser diseñada, se opta por la solución del sistema a través de un método iterativo ejecutado en el software CYPE CAD.

El comportamiento de la red, de acuerdo a las características de los elementos de la red, dado por la velocidad en las tuberías y la presión en los nudos de la red está gobernado básicamente por la ecuación de continuidad y por la ecuación de Bernoulli, respectivamente:

$$Q = A * V$$

$$P_1 + \frac{1}{2} d_1 V_1^2 + d_1 g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} d_2 V_2^2 + d_2 g h_2$$

El software establece el sistema de equilibrio de energías (cinética y potencial) en cada uno de los nudos de la red, y de manera progresiva (de acuerdo a la dirección del flujo) resuelve en 40 iteraciones las ecuaciones de gobierno con una precisión de 0.01, la cual es una tolerancia que prácticamente representa la respuesta exacta al sistema.

Volumen de reserva de agua contraincendios

El volumen de la cisterna de agua para incendio deberá abastecer el consumo de todos los puntos de uso por un periodo de tiempo de dos horas, según lo estipula la normativa vigente

Datos de entrada:

-Caudal total (rociadores + BIE's): 347.7 lpm (área máxima de protección), dato tomado de la tabla de resultados del cálculo de la red húmeda. Caso más desfavorable

-Uso simultaneo de un BIE's y 4 rociadores

-Tiempo de duración de incendio: 0.5 horas, especificado en la norma NFPA 13 ver figura 3.18

Aplicando la fórmula del caudal:

$$Q=V/t$$

Ecuación 3.18

$$Q = 347.7 \text{ l/m} = 20.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t = 2 \text{ h}$$

El volumen de agua requerido para la reserva es de:

$$V = 41.72 \text{ m}^3$$

Volumen de la cisterna

Volumen total: El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación que es el volumen necesario para suplir una falla del sistema de distribución de agua pública más el volumen para incendios.

$$VT = V_{ap} + V_{ci}$$

Ecuación 3.19

$$VT = 30.25 + 41.72$$

Volumen total de la cisterna al final del Periodo de Diseño

$$VT = 71.97 \text{ m}^3$$

De acuerdo al levantamiento topográfico realizado, en la actualidad se tiene una cisterna con un volumen de almacenamiento de 87.56 m³, lo cual cubre la demanda actual.

Por lo que se escoge esta opción como válida para este diseño.

Sistema de bombeo

Con el fin de asegurar las condiciones de caudal y presión requeridas por el sistema hidráulico húmedo contra incendio diseñado para el Hogar Miguel León, se preveé el uso de un sistema de presión constante e independiente energéticamente, el cual constará de los siguientes elementos:

- BOMBA PRINCIPAL ELÉCTRICA
- BOMBA DE RESERVA DIESEL
- CAJA DE CONTROL ELECTRICO
- ACCESORIOS (valvulería, tuberías, etc...)

La estación de bombeo se ha dispuesto que este ubicada en la caseta de control que estará construida sobre la cisterna, el equipo tomará agua de la cisterna, siendo esta reserva de agua exclusiva para que atienda al consumo de incendios, el mismo que se mantendrá en forma permanente para atender los casos de esta naturaleza.

Se considerará para el cálculo los siguientes datos iniciales:

Presión mínima:	70 psi
Presión máxima:	273.15 psi
Presión de Trabajo:	180 psi
Viscosidad de agua:	1.01 x10 ⁻⁶ m ² /s
Caudal:	347.7 gpm

Para esto se colocará la tubería de succión de agua hasta las alturas recomendadas.

El equipo de bombeo que atenderá el sistema contra incendios está indicado en los planos correspondientes, constará de un equipo de bombeo para el sistema, deberán ser accionadas por una red eléctrica independiente.

- La demanda máxima probable se ha determinado en 26.34 l/s.
- Carga estática

Nivel de succión (cisterna) N= -7.75 m.

Nivel del BIEs más elevado N= 5.80 m.

De donde la carga estática de la red hidráulica es 13.55 m

- Carga de trabajo según la tabla de cálculos

El cálculo de caudales, diámetros y pérdidas de carga para las tuberías y accesorios de conexión del sistema se calculará en base a la fórmula de Hazen Williams.

$$Q=0.28C*2.63D*0.54J \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Dónde:

Q: Caudal de circulación

D: Diámetro de tubería

J: Gradiente hidráulico

C: Constante del material

Para el cálculo de la potencia de la bomba se deberá utilizar la siguiente expresión y basarse en los ábacos de cada tipo de bomba para escoger la más conveniente:

$$\text{Potencia} = ((G*Q*H))/(75*n) \quad \text{Ecuación 3.21}$$

En donde:

G = 1000 Kgf/m³

Q = Caudal m³/s

H = altura mts.

n = rendimiento del conjunto motor-bomba (0.65)

Se necesita una bomba de 6.9 HP, de acuerdo a datos comerciales será una bomba de 7HP
Por lo tanto, los datos para la potencia de la bomba centrífuga de eje horizontal principal eléctrica y la bomba secundaria a diésel serán:

Caudal: 347.7 gpm

Presión: 186.75 psi

3.3.5. Dimensionamiento de red de tuberías para rociadores

La red de tuberías se diseña hidráulicamente mientras que la bomba y ubicación de rociadores deben cumplir normas estandarizadas es por ello que se ha separado su cálculo a continuación se presenta el cálculo del dimensionamiento de la red de tuberías, el mismo que tiene la misma base teórica que lo expuesto para las redes de agua potable fría y caliente.

3.3.6. Resultados

De acuerdo a todo lo expuesto se ha dimensionado el sistema usando el software CypeCad, en el mismo que se usaron los siguientes datos de entrada:

La configuración geométrica de las redes se indica gráficamente en las figuras de Anexos 9.

El dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de la red se hace controlando un rango de velocidades entre 5 a 20fps (1.5 a 6.0m/s) durante tres escenarios:

4. Solamente los rociadores entran en funcionamiento.
5. Solamente los BIE's entran en funcionamiento.
6. Los rociadores y los BIE's funcionan al mismo tiempo.

Después de varias simulaciones se determinó que el caso más crítico es el tercero, dando como resultado los diámetros indicados en la tabla del Anexo 8.

Referencia del área de operación:

- Localización del área de operación: PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA
- Clasificación de la zona: Riesgo Ligero
- Densidad de descarga: 2.3 mm/min
- Área de operación: 82.50 m²
- Área protegida media: 5.50 m²
- Tipo de rociador calculado: Residential sprinkler
- N° de rociadores calculados: 4
- Caudal de los rociadores intermedios: --
- Caudal de la BIE: 380.0 lpm

- Caudal total requerido (incluyendo las BIE): 11.53 bar @ 347.7 lpm
- Tipo de sistema: Sistema húmedo
- Volumen del sistema seco o de acción previa: --

Los resultados del cálculo se encuentran en el Anexo 8 y en los planos adjuntos en el Anexo 9.

3.4 Medidas de prevención contra incendios

Pasivas. - son aquellas que se incorporan como parte misma de la construcción, por ejemplo: compartimentación, revestimientos, puertas corta fuegos, sellado de conductos, iluminación de emergencia, señalización y diseño propio del edificio.

Activas. - son aquellos equipos o materiales que se incorporan a la edificación con el objeto de controlar el incendio en su primera fase, por ejemplo: bocas de incendio, extintores, hidrantes, rociadores, sistemas de detección y alarma.

Diseño de sistemas de protección contra incendios

Los sistemas de protección contra incendios son automáticos y deben tener los siguientes componentes: tablero central, fuente de alimentación eléctrica, detectores de humo, alarmas manuales, difusores de sonidos, sistema de comunicación y señal de alarma sonora y visual.

3.4.1 Iluminación de emergencia

La norma ecuatoriana indica: Art. 21.- La iluminación de emergencia es aquella que debe permitir, en caso de corte de energía eléctrica, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Art. 221.- Las vías de evacuación deben contar con lámparas autónomas de emergencia las mismas que deben cumplir con las normas establecidas en este reglamento, además de la respectiva señalización de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 439.

Los medios de egreso deben ser provistos de iluminación de acuerdo a cada edificación o estructura cuando sea requerida. Para los propósitos de estos requisitos los accesos de las salidas deben incluir únicamente las escaleras, pasillos, corredores, rampas y pasajes que cumplirán con la señalización, de acuerdo a NTE INEN 439, y que desemboque a una vía pública.



Figura 3.20 Modelo de luz de emergencia
Fuente: fotos de google

3.4.2 Señal de alarma sonora

La norma indica: Art. 223.- Detección y alarma de incendios. - Sistema que tiene como función activar una instalación de respuesta ante la iniciación de un incendio o avisar a las personas posiblemente afectadas.

Todo sistema de detección y alarma de incendios debe estar instalado cumpliendo lo especificado en las normas NFPA 70 y 72, debe estar compuesta por:

- a) Central de detección y alarma, donde se reflejará la zona afectada, provista de señales ópticas y acústicas (para cada una de las zonas que se proyecten), capaces de transmitir la activación de cualquier componente de la instalación;
- b) Si no está permanentemente vigilada debe situarse en zona calificada como accesible.



DESCRIPCIÓN	TAMAÑO	DIÁM. TUBERÍA
CAMPANA ELÉCTRICA  Caja BBK-1	24 V DC 24 V DC 120 V AC 120 V AC	Ø 6" Ø 8" Ø 6" Ø 8"
		150 mm 200 mm 150 mm 200 mm

Figura 3.21 Modelo de pulsador de incendio

Fuente: fotos de google

3.4.3 Señalización de emergencia

En el plano de diseño se indican donde deberán ser colocados cada uno de los elementos que se especifican a continuación y que recomienda la norma ecuatoriana:

Art. 220.- Los recorridos para las salidas de emergencia no superaren tramos de veinte y cinco metros (25 m), salvo que la edificación tenga un sistema automático de extinción se considerará un tramo máximo de cuarenta y cinco metros (45 m).

Art. 221.- Las vías de evacuación deben contar con lámparas autónomas de emergencia las mismas que deben cumplir con las normas establecidas en este reglamento, además de la respectiva señalización de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 439.

Se utilizarán las siguientes señales, las cuales estarán colocadas en pasillos y en lugares visibles. Además, que cumplirán con la norma NTE INEN 439.

Los letreros de señalización se mandarían a confeccionar respetando las medidas impuestas por el reglamento y de acuerdo a los colores y con las leyendas respectivas, por ejemplo:

- Ruta de Evacuación
- Peligro no fumar
- Lugar de reunión

- Extintores, etc.

Ejemplos de señales a utilizarse:



Figura 3.22 modelo de señalética
Fuente: fotos de google

3.4.4 Extintores portátiles contra incendios

Art. 29.- Todo establecimiento de trabajo, comercio, prestación de servicios, alojamiento, concentración de público, parqueaderos, industrias, transportes, instituciones educativas públicas y privadas, hospitalarios, almacenamiento y expendio de combustibles, productos químicos peligrosos, de toda actividad que representen riesgos de incendio; deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo.

Art. 30.- El Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción, determinara el tipo de agente extintor que corresponda de acuerdo a la edificación y su funcionalidad, estos se instalaran en las proximidades de los sitios de mayor riesgo o peligro, de preferencia junto a las salidas y en lugares fácilmente identificables, accesibles y visibles desde cualquier punto del local, además no se debe obstaculizar la circulación (NFPA 10).



Figura 3.23 Modelo de extintor de polvo CO2
Fuente: fotos de google

Extintores de Incendio Portátil. Dispositivo portátil que contiene un agente extintor el cual puede expelerse bajo presión con el fin de eliminar o extinguir un fuego, que puede ir sobre ruedas.

Art. 31.- Se colocará extintores de incendios de acuerdo a la Tabla 2, esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tornare en cuenta aquellos que formen parte de las bocas de incendios equipadas (BIE).x

Tabla: Tamaño y Localización de Extintores para Clase A.

	Ocupación Riesgo Leve (bajo)	Ocupación Riesgo Ordinario (moderado)	Ocupación Riesgo Extra (alto)
Clasificación mínima Extintor individual	2A	2A	2A
Área máxima por unidad de A	3.000 pies 280m	1.500 pies 140m	1.000 pies 93m
Área máxima cubierta por extintor	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m
Distancia máxima a recorrer hasta el extintor.	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m

Figura 3.24 tamaño y localización de extintores en una edificación
Fuente: (NFPA, 2013)

CAPÍTULO IV: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO

4.1. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son un conjunto de normas que debe cumplir cada material usado en la construcción del sistema, así como las normas que se deben cumplir en su instalación o construcción, se basan en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Las especificaciones técnicas para la construcción de las redes de agua potable, agua caliente, desagües y sistema contraincendios del Hogar Miguel de León se encuentran en el Anexo 10.

4.2. Cantidades de obra

Las cantidades de obra son las cantidades de cada material que se requiere para la completa construcción del proyecto, estas se obtienen de la modelación del proyecto es decir, una vez dibujada la red propuesta se calcula la cantidad de tuberías y accesorios requeridos,

las cantidades de obra para la completa construcción del Hogar Miguel de León se encuentran en el Anexo 11.

4.3. Análisis de precios unitarios

Los precios unitarios representan el valor monetario que cuesta construir una unidad de cada uno de los rubros requeridos, para su análisis se usó el software INTERPRO. El valor de cada rubro se determina incorporando el costo del material, la mano de obra requerida, tanto ejecutora como supervisora y el costo de alquiler de la maquinaria necesaria. El análisis de precios unitarios para la construcción del hogar Miguel de León está en el Anexo 12

4.4. Presupuesto

Finalmente, el presupuesto referencial para la construcción es la suma de los costos de cada rubro, es decir representa el valor económico que tendrá la construcción de todo lo diseñado, el presupuesto se calculó para el año 2020 y se observa en el Anexo 13.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El acceso a agua potable y saneamiento es un derecho básico de todos los seres humanos, es por ello que los sistemas que transporten estos recursos deben estar contruidos adecuadamente, por ello el Hogar Miguel de León requiere arreglar estos sistemas para brindar un buen nivel de vida a las personas que allí habitan.

La empresa pública ETAPA EP garantiza un servicio adecuado de agua potable y saneamiento, sin embargo, para acceder a este servicio se deben cumplir sus normativas, en el caso del Hogar Miguel de León es necesario dividir el caudal de agua consumida en los diferentes locales comerciales y zonas de vivienda para ser respetuosos con la normativa mencionada y para poder cancelar los servicios de manera adecuada. Los caudales necesarios que se presentan en la siguiente tabla son los resultados obtenidos del cálculo hidráulico del Cypecad indicando primeramente los nodos de referencia en el plano con sus características del material, diámetro y longitud, cada uno de los caudales están comprobados mediante el método de los caudales que se encuentran en la tabla 3.2.

Grupo: Planta baja				
Nodo	Descripción	Resultados	Comprobación	Referencia
N1 -> N125 Matriz-> acometida principal	PVC 10-Ø63	Caudal: 4.55 l/s	Se cumplen todas las comprobaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tramo de acometida domiciliaria Ø 2". Ref. detalle 1 plano hidráulico • Caudal requerido para todo el predio
	Longitud: 9.16 m	Caudal bruto: 35.90 l/s		
		Velocidad: 1.78 m/s		
		Pérdida presión: 0.64 m.c.a.		
N125 -> N3 Acometida principal-> acometida locales comerciales	PVC 10-Ø50	Caudal: 0.97 l/s	Se cumplen todas las comprobaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tramo de acometida locales comerciales Ø 1". • Caudal requerido para los locales comerciales
	Longitud: 1.23 m	Caudal bruto: 7.10 l/s		
		Velocidad: 0.61 m/s		
		Pérdida presión: 0.02 m.c.a.		
N125 -> N127 Acometida principal-> acometida hogar	PVC 10-Ø63	Caudal: 3.10 l/s	Se cumplen todas las comprobaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tramo de acometida hogar Ø 2". • Caudal requerido para el hogar
	Longitud: 1.23 m	Caudal bruto: 28.80 l/s		
		Velocidad: 1.78 m/s		
		Pérdida presión: 0.09 m.c.a.		

El saneamiento en una edificación es de vital importancia para la comodidad y salud de sus habitantes, en el caso del Hogar Miguel León el diseño sanitario y pluvial busca optimizar con una red condominial con una tubería principal de PVC de diámetro de 315mm, esta red hace su descarga en la red pública ubicada en la calle Coronel Talbot por motivo de que esta calle no se encuentra rehabilitada y no existan inconvenientes que impidan construir el mismo.

El sistema se compone de colectores secundarios de PVC de diámetro de 160mm y colectores principales de diámetros entre 200 y 315mm con una pendiente del 2% para que sea un sistema a gravedad, para los cambios de dirección se ha considerado el mínimo derrocamiento de alguna estructura existente utilizando pozos de revisión.

De esta manera garantiza que el sistema sea eficiente, evitando malos olores y empozamientos que pueden ser fuentes de bacterias.

La situación actual del hogar es que no cuentan con un sistema contraincendios en diferentes áreas de vital importancia como la cocina, dormitorios, aulas, cuartos de juegos, etc. se constató que disponen de extintores PQS como medida de protección, por tal motivo para contrarrestar cualquier tipo de peligro en las áreas mencionadas se implementa un diseño contraincendios amigable que mantenga su patrimonio con una red de tuberías de hierro negro y un sistema de prevención.

El diseño de red contraincendios se evaluó mediante tres escenarios para poder determinar los diámetros de las tuberías:

1. Solamente los rociadores entran en funcionamiento.
2. Solamente los BIE's entran en funcionamiento.
3. Los rociadores y los BIE's funcionan al mismo tiempo.

Después de varias simulaciones se determinó que el caso más crítico es el tercero, dando como resultado los diámetros indicados en la tabla del Anexo 8.

El presupuesto muestra claramente la necesidad de realizar un cambio total de la red hidrosanitaria e implementar el sistema contraincendios para el hogar, los precios de los materiales fueron tomados de proveedores de materiales de la ciudad.

Es por ello que el presente trabajo de titulación presenta un diseño adecuado a la situación actual del Hogar Miguel de León y respetuoso con las normativas vigentes, cuando este sea construido brindara todas las garantías y comodidades para sus habitantes. El presente diseño contiene toda la información requerida para la correcta implementación de los sistemas diseñados.

Recomendaciones

Realizar de manera inmediata las obras civiles para la construcción de las nuevas redes de saneamiento y contra incendio en las instalaciones del hogar Miguel León, con el fin de evitar algún tipo de siniestro causado por la fallo o ausencia de una de las redes.

Para la implementación de estos sistemas en el Hogar Miguel de León se deben considerar y respetar los planos constructivos adjuntos y las especificaciones técnicas.

Se recomienda monitorear constantemente el nivel de servicio de la edificación para asegurarse que no se vuelva a llegar a un estado de deterioro como el actual.

Se recomienda realizar los trabajos de repotenciación de la cisterna actual, para evitar gastos innecesarios de construir una nueva.

Para realizar la contratación de los trabajos respectivos se deberá realizar una actualización de los precios tanto de mano de obra como de materiales y equipos en los análisis de precios unitarios.

Finalmente, y con la intención de proteger las viviendas y edificaciones históricas de la ciudad de Cuenca se recomiendan trabajos similares que actualicen los sistemas de agua potable y saneamiento y brinden un buen nivel de servicio a los habitantes de las mismas.

Bibliografía

- Carrazón Allocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Honduras.
- Etapa. (2009). *Especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2*. Cuenca. Cuenca.
- Inamhi. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Quito: INAMHI.
- INEN. (2009). *REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS*.
- Lopez, G. (2010). *Curso de Hidrología e Hidráulica Aplicada*.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearsón Educación.
- NEC 11. (2011). *Norma Hidrosanitaria NHE Agua*. Quito.
- NFPA. (2013). *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. Boston: NFPA.
- NFPA. (2019). *NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras*. Boston: NFPA.
- Robalino, L. (2015). *Estado del arte en la determinación de la condición de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación o rehabilitación*. Colombia.

ANEXOS

Anexo 1

Levantamiento topográfico y arquitectura. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 2 y 4

Resultados de cálculo de red de agua potable fría y red de agua caliente. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 3 y 5

Planos de la red de agua potable fría y red de agua caliente (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 6

Resultados de cálculo de red de desagües. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 7

Planos de la red de desagües. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 8

Resultados de cálculo de red de rociadores y bocas de incendio. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 9

Planos de la red de rociadores y bocas de incendio. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 10

Especificaciones técnicas. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 11

Cantidades de obra. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 12

Precios unitarios. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)

Anexo 13

Presupuesto referencial. (Ver memoria digital, carpeta de anexos.)