



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“ALTERNATIVAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA  
DE VARIACIÓN DE PRESIÓN EN UN SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UN  
EDIFICIO DE GRAN ALTURA”**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA**

**P R E S E N T A:  
ING. JOSÉ ALBERTO VELA BARRERA**

**DIRECTOR DE TESINA:  
DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ**



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, agosto de 2021.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

*“Si lo puedes imaginar lo puedes crear.”*

Christian Cruz

---

---

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....  | 3  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | 5  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | 6  |
| AGRADECIMIENTOS.....  | 7  |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....   | 9  |
| 1.1 Antecedentes.....   | 13 |
| 1.2 Normativa de aplicación .....   | 15 |
| 1.3 Objetivos .....   | 15 |
| 1.4 Alcances .....  | 16 |
| 1.5 Limitaciones .....  | 16 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO DEL PROBLEMA.....   | 17 |
| 2.1 Teorema de Bernoulli .....  | 17 |
| 2.2 Tipos de suministro de agua para edificaciones.....   | 21 |
| 2.2.1 Sistema de abastecimiento directo a la red de distribución.....   | 22 |
| 2.2.2 Sistema de abastecimiento directo a depósito elevado .....  | 22 |
| 2.2.3 Sistema de abastecimiento directo con bombeo a depósito elevado.....  | 23 |
| 2.4 Carga requerida por la instalación.....   | 24 |
| 2.5 Zonas de presión en una edificación .....   | 24 |
| 2.6 Alternativas para resolver el problema de variación de presión en un sistema de abastecimiento de agua potable en un edificio de gran altura..... | 26 |

---

---

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO III MODELACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA EDIFICACIÓN ..... | 28 |
| 3.1 Descripción del edificio .....  | 28 |
| 3.1.1 Propuesta de arreglo de muebles sanitarios y red de distribución .....                    | 32 |
| 3.1.2 Propuesta de zonas de presión .....   | 34 |
| 3.2 Diseño de la instalación para suministro de agua potable para la edificación .....          | 37 |
| 3.2.1 Cálculo de la provisión mínima de agua potable .....                                      | 38 |
| 3.2.2 Cálculo de la capacidad de la cisterna .....  | 40 |
| 3.2.3 Localización de los muebles de consumo (muebles sanitarios).....                          | 41 |
| 3.2.4 Cálculo del $Q_{mi}$ para cada zona de presión .....                                      | 42 |
| 3.2.5 Equipo de bombeo .....  | 49 |
| 3.2.6 Equipo hidroneumático.....  | 49 |
| 3.3 Obtención de presiones en puntos específicos a lo alto de la edificación .....              | 52 |
| CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 60 |
| 4.1 Presiones obtenidas por zonas .....   | 60 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....  | 62 |
| 5.1 Conclusiones .....  | 62 |
| 5.2 Recomendaciones.....  | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 64 |

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Elementos de la ecuación de Bernoulli en conducto de sección variable. .... | 18 |
| Ilustración 2 Ejemplo de aplicación “planteamiento” . ....                                | 19 |
| Ilustración 3 Ejemplo de aplicación “solución” . ....                                     | 21 |
| Ilustración 4 Vista de corte 1 del edificio. ....   | 29 |
| Ilustración 5 Vista de corte 2 del edificio. ....   | 30 |
| Ilustración 6 Planta general del edificio. ....   | 31 |
| Ilustración 7 Zonas de departamentos, 2 departamentos por zona. ....                      | 32 |
| Ilustración 8 Propuesta de muebles sanitarios. ....                                       | 33 |
| Ilustración 9 Arreglo red de distribución por zona de departamentos. ....                 | 34 |
| Ilustración 10 Propuesta zona de presiones. ....  | 35 |
| Ilustración 11 Isométrico de la instalación. ....   | 36 |
| Ilustración 12 Seccionamiento para cálculo de $Q_{mi}$ . ....                             | 42 |
| Ilustración 13 Seccionamiento en columna de distribución. ....                            | 43 |
| Ilustración 14 Zonas de presiones finales. ....   | 61 |

---

---

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Cargas mínimas de trabajo (NTC DEOIH). .....                                      | 25 |
| Tabla 2 Rangos de presión por tipo de uso de edificaciones. ....                          | 25 |
| Tabla 3 Provisión mínima de agua (NTC DEOIH). ....  | 38 |
| Tabla 4 Cálculo capacidad de cisterna (NTC DEOIH). ....                                   | 40 |
| Tabla 5 Cálculo $Q_{mi}$ , método de Hunter, zona de presión 1.....                       | 44 |
| Tabla 6 Cálculo $Q_{mi}$ , método de Hunter, zona de presión 2.....                       | 46 |
| Tabla 7 Cálculo de la pérdida de carga al mueble más desfavorable, zona de presión 1..... | 51 |
| Tabla 8 Resultados para selección de tanque hidroneumático.....                           | 51 |
| Tabla 9 Valores de presión obtenidos. ....  | 60 |

---

---

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo es el resultado de todo el esfuerzo y dedicación durante un año por estudios de posgrado, por esta razón me permito dirigir estas palabras a mis seres queridos y a todas las personas que he conocido a lo largo de mi vida y que algún día convivieron conmigo.

De manera muy especial y con mucho cariño agradezco mucho a mis padres, Zenaida Barrera Lujano y Javier Vela Domínguez por apoyarme a lo largo de mi carrera, por estar a cada momento junto a mí, por enseñarme a ser un hombre responsable, honesto y humilde, a mis hermanos David y Ulises ya que son parte de mi vida y me hacen reír a todo momento.

A mis amigos que durante el transcurso del posgrado que convivieron conmigo, de los cuales he aprendido mucho, muchas gracias por brindarme su amistad, en especial a Eduardo e Israel, por su apoyo.

Quizás la emoción de escribir estas palabras de agradecimiento para ustedes haga que muchas palabras que quiero escribir, no lo estén, ya que la memoria falla cuando tienes una emoción tan grande, a todos aquellos que conozco quisiera que estuvieran en estas líneas, aunque no los mencione siempre estarán en mis recuerdos.

A la UNAM por mostrarme cosas interesantes a lo largo de mi carrera y enseñarme a ser una mejor persona, pertenecer a ella ha marcado una etapa importante en mi vida.

A la Facultad de Ingeniería ese lugar donde forjé un carácter profesional y responsable, donde conocí muchas cosas y personas interesantes, en cada aula donde tomé clase y aprendí demasiado gracias a los maestros que tuve.



---

A mi director de tesina el Dr. Enrique César Valdez, por el apoyo que me brindó en la realización de este trabajo, por los buenos consejos y por ser una gran persona, también con mucho aprecio a mis sinodales.

Al M. en I. Cristian Emmanuel González Reyes, por la amistad, por el apoyo y la orientación para tomar esta especialidad.

Hice mi mejor esfuerzo en esta etapa de la vida, deséenme que todo me vaya bien.  
Muchas gracias a todos...

*Ciudad Universitaria, agosto de 2021.*

*José Alberto Vela Barrera.*

---

---

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La instalación de suministro de agua para edificios, es un conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y diferentes materiales para alimentar y distribuir agua dentro de una edificación, tanto fría como caliente, surtirá de agua a todos los puntos y lugares de la obra arquitectónica que lo requieran, de manera que este líquido ha de llegar en cantidad, presión y de forma continua a todas las zonas del inmueble en las que se distribuirá el vital líquido a muebles y equipos de consumo que lo requieran.

Existen factores que condicionan el diseño de una instalación para el suministro de agua potable, como son la presión mínima requerida para que la instalación funcione de forma correcta, el tipo de consumo, así como las intermitencias y/o simultaneidades de uso de los muebles y aparatos sanitarios de la edificación.

Dependiendo del sistema utilizado para abastecer a un edificio de agua potable, se pueden presentar problemas de presión en diferentes zonas. En edificaciones de gran altura, suelen presentarse problemas de exceso de presión y/o falta de presión.

<sup>1</sup>La presión mínima requerida para que una instalación funcione, depende exclusivamente de la pérdida de presión que se pueda producir en la instalación.

Se deben tomar en cuenta los diferentes materiales disponibles comercialmente para instalaciones de suministro de agua, ya que tienen diferentes rugosidades, así como elementos de paso, corte o control en la instalación que condicionan el valor de la presión final que se quiere obtener para el aparato más desfavorable, esto quiere decir que dadas las circunstancias de la edificación, habrá un mueble sanitario que requiera esta presión, existiendo valores teóricos para muebles sanitarios.

---

<sup>1</sup> Fuente: César E 1997 Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 1 Facultad de Ingeniería, UNAM, México  
Facultad de Ingeniería

---

Por otra parte la presión máxima admisible en cualquier punto de una instalación de suministro de agua se puede ajustar entre 4.5 a 5 kg/cm<sup>2</sup>, si se da el caso de que la presión se encuentre por encima de estos valores, se pueden instalar válvulas para reducir la presión. Como recomendación se puede establecer que no es conveniente aceptar presiones mayores de 4 kg/cm<sup>2</sup> como carga disponible en la red interior de abastecimiento de agua.

Con base en experiencias en el cálculo de instalaciones hidráulicas, un sistema de distribución no debe alimentar más de 9 o 10 plantas de un edificio de manera simultánea, si es un sistema a gravedad, donde se cuenta con un almacenamiento y se bombea el agua a tanques al nivel superior, en los niveles más altos se tendrá una presión adecuada solo con darle una altura suficiente al tanque que distribuirá el agua, pero en los niveles inferiores se tendrá un problema de exceso de presión por la energía potencial debida a la altura de la edificación.

En otro escenario, se tiene la distribución con un equipo de presión independiente, en este caso y tomando la consideración del párrafo anterior se tendrán presiones muy grandes en los niveles inferiores, por la carga que tiene que vencer el equipo hasta el mueble más desfavorable en el nivel superior, y en los niveles superiores se puede tener un déficit en la presión, ocasionando el mal funcionamiento de los muebles sanitarios.

Estos dos últimos son los casos típicos de sistemas de distribución, ya que en muy pocas ocasiones no se cumple con que el suministro de agua por parte del municipio sea continuo o con las condiciones de presión mínimas necesarias.

Esto conlleva a que se opte por un sistema de suministro de agua para la edificación a gravedad o por bombeo.

Cabe mencionar los problemas que pueden enfrentar las instalaciones al estar expuestas al exceso o déficit de presión, teniendo como antecedente que en edificaciones puede haber existencia de distintos materiales, la edad de los mismos, la manera en que se suministra de agua en las edificaciones, la forma de operación del sistema, el mantenimiento preventivo y

---

correctivo que se le dé a las instalaciones, si es el caso. Con base en estos factores puede haber fugas de agua en la red de distribución o mal funcionamiento de los aparatos sanitarios.

A continuación se resume lo que se tratará en cada capítulo, describiendo de manera general el contenido de cada uno.

En el capítulo uno se muestra una introducción donde se mencionan las características de los sistemas de distribución de agua potable para edificaciones, y los factores que condicionan el diseño de éstas, también se hace mención de las presiones que comúnmente se toman como parámetros para el diseño y correcto funcionamiento del sistema al final, se mencionan los principales problemas que tienen las edificaciones de gran altura con base en el sistema de abastecimiento empleado.

Se mencionan los antecedentes del porque es necesario contar con una presión adecuada en el sistema, se hace mención de la reglamentación aplicable en la Ciudad de México y sus normas complementarias.

Se planteó el objetivo principal y los objetivos particulares, asimismo se delimitó el tema de tesina con los alcances y limitaciones.

El capítulo dos trata acerca de del marco teórico del problema que se desarrollará en el capítulo tres, asimismo para tener las bases teóricas necesarias para el entendimiento de las alternativas analizadas para mitigar el exceso o escases de presión que se puedan presentar en un inmueble.

Se muestra el teorema de Bernoulli, base fundamental para la obtención de valores de carga de presión y solución a problemas de conductos sujetos a presión.

Se describen los tipos de suministro de agua típicos en edificios, y las variaciones que se pueden producir en un inmueble de gran altura dependiendo del sistema utilizado.

---

Se menciona el concepto de carga requerida por la instalación y se explica qué son las zonas de presión en un edificio, ya que es necesario para el resolver y diseñar la red de distribución de agua.

Al final de este capítulo se mencionan las alternativas que el proyectista podría tomar en cuenta para solucionar a este tipo de problemas, realizando una serie de combinaciones, de las cuales se eligió una para el diseño de la red de suministro del edificio que se presenta en el capítulo tres.

En el capítulo tres se realizó el diseño de la red de suministro de agua fría, tomando en cuenta una de las alternativas del capítulo dos, mostrando los resultados obtenidos y verificando que las presiones se encuentren dentro del rango donde los muebles y aparatos sanitarios funcionen correctamente, usando un método probabilístico para la obtención del gasto máximo instantáneo.

En el capítulo cuatro se analizaron las presiones obtenidas por zonas en el mueble más desfavorable y el más crítico, esto para revisión de los valores de carga de presión y verificación de que se encuentren dentro del rango de presión aceptable.

En el capítulo cinco se dan las conclusiones de este trabajo, así como las recomendaciones a este tipo de problemas que se pueden llegar a presentar y cómo resolverlos.

Por último se muestra la bibliografía usada para la realización de este trabajo.

---

---

## *1.1 Antecedentes*

Es importante tener una adecuada presión en las instalaciones hidráulicas de un inmueble, ya que determina el componente del flujo en la energía que presenta un fluido en movimiento. Una presión demasiado baja puede ocasionar un mal funcionamiento e incomodidad en instalaciones de edificios, mientras que un exceso de presión podría propiciar el consumo excesivo de agua, dañar la instalación y ocasionar importantes daños en conductos, válvulas y otros componentes. Uno de los principales perjuicios cuando se supera la presión máxima es la aparición de golpes de ariete originados por el cierre de válvulas y grifos, lo que trae como consecuencias pérdidas debidas a fugas, y mal funcionamiento de muebles sanitarios.

En contra de lo que en ocasiones se considera de una manera incorrecta, el hecho de contar con mucha presión en una instalación no es sinónimo de que sea de calidad. La forma de detectar un funcionamiento incorrecto de la instalación en cuanto a la presión del agua es cuando ésta es inferior a 1,5 bares o superior a 3 bares, (1.5 kg/cm<sup>2</sup> a 3.0 kg/cm<sup>2</sup>) reduciendo la eficiencia de la red.

<sup>2</sup>Los edificios, cualquiera que sea el uso a que estén destinados, estarán provistos de agua potable, en cantidad y presión suficientes para satisfacer las necesidades y servicios de los mismos.

- Efectos del exceso de presión

Cuando la presión es excesiva en la instalación hidráulica de un edificio o rebasa los límites indicados en las fichas técnicas de muebles y aparatos sanitarios, se pueden presentar problemas, como los siguientes:

1. Existencia de fugas
2. Daños en muebles y aparatos sanitarios.
3. Vibración en tuberías.

---

<sup>2</sup> Fuente: Art 51. Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

- 
4. Ruido excesivo debido a las vibraciones en tuberías.
  5. Rupturas en las tuberías.
  6. En un caso extremo el usuario final puede salir lastimado.
  7. Uso de la presión en exceso para actividades que no son propias del suministro de agua para muebles de consumo. (desperdicio de agua).

Algunos aparatos sanitarios no funcionarán si la presión del agua no es la correcta, garantizando una presión adecuada en los puntos de entrega se puede asegurar el adecuado funcionamiento.

- Efectos de escasez de presión

El principal problema por baja presión es el mal funcionamiento o nulo funcionamiento de los muebles y aparatos sanitarios que estén abastecidos por esa instalación.

Por lo tanto, se tiene que encontrar un punto tal de equilibrio en donde todos los niveles del edificio tengan una presión razonablemente adecuada, y que no sea excesiva para evitar los problemas de alta presión como los ya mencionados. Esta circunstancia implica hacer un análisis hidráulico del edificio para evitar que existan estos problemas y al mismo tiempo no se carezca de la presión mínima de trabajo suficiente de acuerdo con las normas.

---

---

## *1.2 Normativa de aplicación*

Es preciso disponer de una normativa en la que el diseñador se apoye como fundamento de los cálculos realizados.

La reglamentación aplicable para el diseño de instalaciones de suministro de agua es la siguiente:

Competencia federal:

- Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

A nivel local, en la Ciudad de México:

- Reglamento de Construcción del Distrito Federal
- Norma Técnica Complementaria para el proyecto arquitectónico
- Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas

## *1.3 Objetivos*

Objetivo principal:

Analizar y resolver el problema de alimentar y distribuir agua en un edificio alto, suministrándola a todos los espacios que lo requieran, de manera que se satisfaga la cantidad y presión adecuada en todas las zonas de muebles y equipos que lo demanden.

Objetivos particulares

- Analizar las opciones de abastecimiento de agua potable para los edificios y proponer una solución al problema de falta y/o exceso de presión que se presente.
- Se pretende buscar un balance donde se tenga una propuesta a la solución de este tipo de problemas de presión.
- Realizar el diseño de la instalación de distribución de agua fría del edificio en estudio.
- Analizar las presiones obtenidas con base en la propuesta solución.



- 
- Analizar viabilidad de colocación de válvulas reguladoras de presión (VRP).

### *1.4 Alcances*

Se analizarán las diferentes alternativas de distribución de agua en edificios.

Se abordará la instalación de un edificio de 16 niveles de tipo habitacional para abastecer una población de 576 habitantes, con ubicación en la Ciudad de México.

El diseño se realizará de acuerdo con la reglamentación de la CDMX, Reglamento de construcciones para la el Distrito Federal con sus normas complementarias.

Se determinarán las presiones en puntos específicos del edificio, verificado que se encuentren dentro de los límites permisibles, con base en las zonas de presión propuestas.

### *1.5 Limitaciones*

- No se realizó el diseño del almacenamiento de agua, solo se calculó la capacidad de éste, no se realizó la selección de equipo de bombeo se da por hecho que cumple con las condiciones requeridas de carga y gasto, con base en la normatividad vigente para poder abastecer de agua a la edificación, para su distribución.
- No se contó con la planta arquitectónica de los muebles de consumo, por lo que se realizó una propuesta.
- Debido a que no es el objetivo que se pretende en esta tesina, no se realizó un análisis detallado de los elementos que conforman todo el sistema de distribución de agua potable, solo se mencionan los principales, así como sus características.

---

---

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO DEL PROBLEMA.

### *2.1 Teorema de Bernoulli*

La aplicación de este teorema a los problemas de presión que puede tener un edificio es fundamental para conocer la presión de un punto desconocido a partir de un punto conocido.

El teorema establece que la energía total de cada partícula de fluido es la misma a condición de que no entre o salga energía del sistema en ningún punto.

De ahí que el teorema es un aspecto de la ley de conservación de la energía y si hay una pérdida de un tipo de energía debe haber una ganancia correspondiente en otro o viceversa.

La ecuación entre dos puntos del campo de flujo se escribe:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum_1^2 H_{f,l}$$

$Z_1$  = Altura con respecto a un Plano Horizontal de Comparación (PHR) a la que se encuentra el punto 1 en m.c.a.

$Z_2$  = Altura con respecto a un Plano Horizontal de Comparación (PHR) a la que se encuentra el punto 2 en m.c.a.

$\frac{p_1}{\rho g}$  = Carga de Presión presente en el punto 1 en m.c.a.

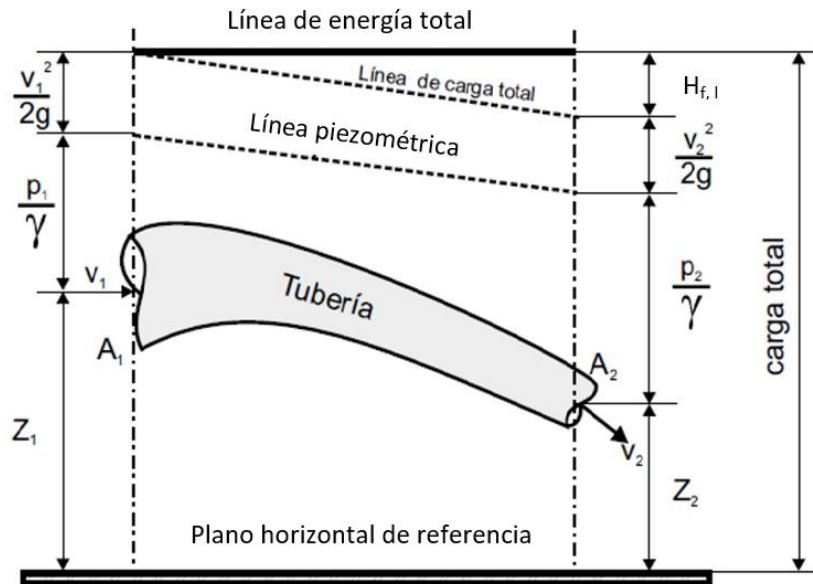
$\frac{p_2}{\rho g}$  = Carga de Presión presente en el punto 2 en m.c.a.

$\frac{v_1^2}{2g}$  = Carga de Velocidad en el punto 1 en m.c.a.

$\frac{v_2^2}{2g}$  = Carga de Velocidad en el punto 2 en m.c.a.

$H_{f,l}$  = Pérdida de energía por fricción y accesorios en m.c.a.

En un sistema cerrado la energía total en sólo dos puntos debe ser igual a condición de que no haya ganancias o pérdidas.

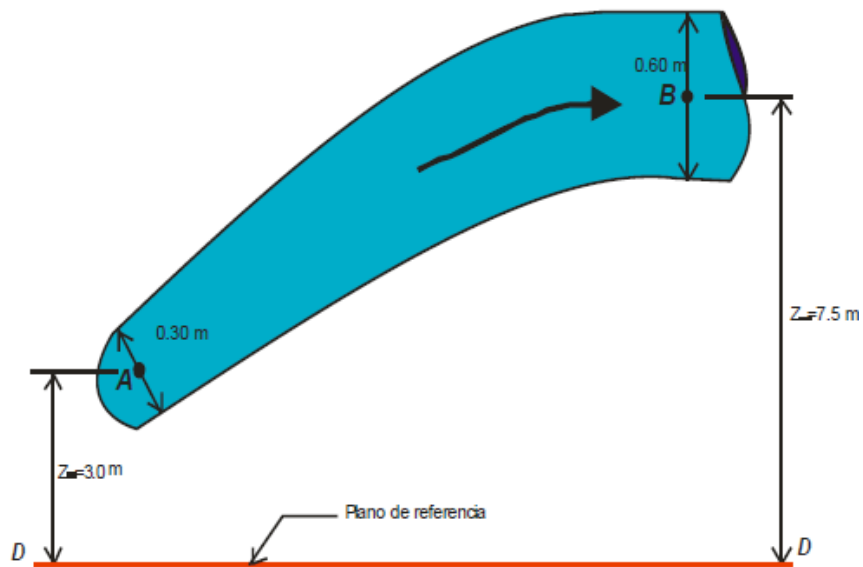


**Ilustración 1 Elementos de la ecuación de Bernoulli en conducto de sección variable.**

La ecuación de Bernoulli relaciona presión, velocidad y elevación entre dos puntos cualesquiera del campo de flujo, se puede usar para predecir la distribución de presión dentro del fluido o la distribución de presión sobre un cuerpo si se conoce la trayectoria del flujo con respecto al cuerpo.

- Ejemplo de aplicación

En la tubería están circulando  $0.370 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua de A a B, existiendo en A una energía de presión (carga de presión) de 6.6 m, suponiendo que no existen pérdidas de energía entre A y B, determinar la energía de presión en B.



**Ilustración 2** Ejemplo de aplicación “planteamiento”.

Solución:

Datos

$$Q=0.370\text{m}^3/\text{s}$$

$$d_A= 0.30 \text{ m}, d_B= 0.60 \text{ m}$$

Solución conceptual:

Con base en el teorema de Bernoulli y despreciando las pérdidas de energía por fricción y locales por los accesorios que se pudieran encontrar estos dos puntos y calculando la velocidad en el punto A y en el punto B con base en la ecuación de continuidad, después realizar el cálculo de la carga de velocidad, se tendrá solo la variable de la carga de presión en el punto B.

Ecuación de Bernoulli

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + \sum_A^B H_{f,l}$$

Despejando la carga de presión en B

$$\frac{P_B}{\rho g} = Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - Z_B - \frac{v_B^2}{2g} - \sum_A^B H_{f,l}$$

Cálculo de la velocidad

Con base en la ecuación de continuidad se puede calcular la velocidad en el punto A y el punto B, despejando de esta ecuación la velocidad.

Ecuación de continuidad:

$$Q = VA$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_A = \frac{0.370m^3/s}{\frac{\pi * (0.3m)^2}{4}} = 5.23m/s$$

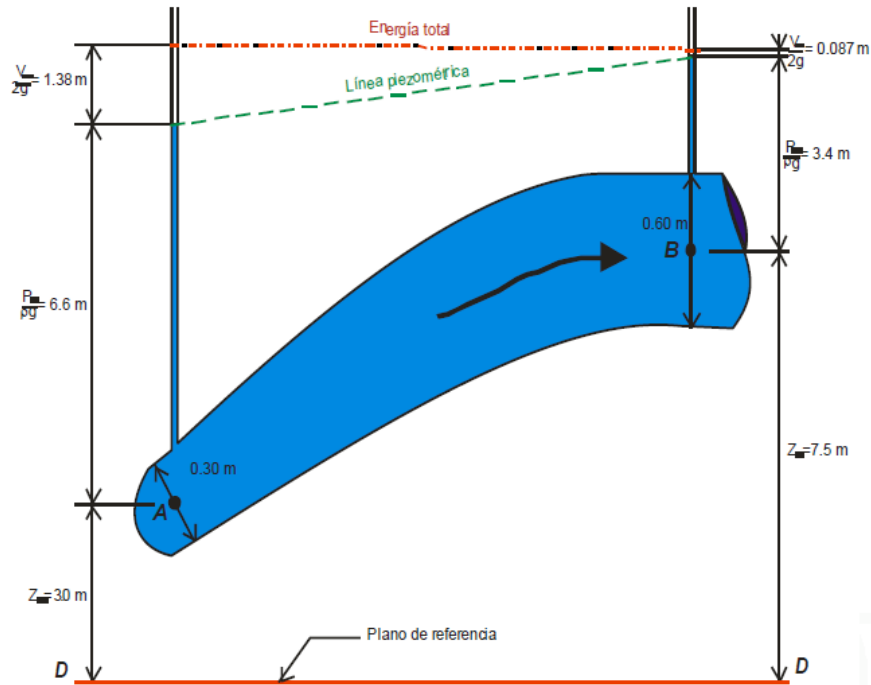
$$V_B = \frac{0.370m^3/s}{\frac{\pi * (0.6m)^2}{4}} = 1.31m/s$$

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{5.23m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 1.38 m$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{1.31m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.087 m$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$\frac{P_B}{\rho g} = 3m + 6.6m + 1.38m - 7.5m - 0.087m - 0m = 3.4m$$



**Ilustración 3** Ejemplo de aplicación “solución”.

### Conclusión

Se observa que tiene lugar la transformación de una forma de energía en otra durante el flujo. En dicho caso, parte de la energía de presión y de la energía cinética en A se transforma en energía potencial en B.

Por otra parte cabe mencionar que en un caso real se tienen que considerar las pérdidas de energía, este solo fue un ejemplo simple para comprender el concepto.

## ***2.2 Tipos de suministro de agua para edificaciones***

Existen diferentes tipos de sistemas hidráulicos en una edificación, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera: sistema de abastecimiento directo, sistemas de abastecimiento a depósito elevado, sistema de abastecimiento con bombeo a depósito elevado y sistemas de abastecimiento por equipo de presión independiente.

Los diferentes tipos de sistemas de suministro de agua para edificaciones son los siguientes:

---

---

### *2.2.1 Sistema de abastecimiento directo a la red de distribución*

El sistema, en principio, no presenta inconvenientes mientras el gasto y presión de la red pública sean suficientes y constantes para las necesidades del edificio. Se usa, por ejemplo, en unidades habitacionales con edificios homogéneos abastecidos directamente por un pozo, o a partir de un tanque de regularización exclusivo para la unidad habitacional, entre otros, el punto es que no se requiere un sistema interno en la edificación para distribuir el agua.

### *2.2.2 Sistema de abastecimiento directo a depósito elevado*

También conocido como sistema por gravedad, si el gasto proporcionado por la red pública es irregular e insuficiente para las necesidades de los usuarios, existe la posibilidad de acumular en depósitos el agua que garantice el suministro que fijan las normas, mientras haya presión suficiente para alcanzar la altura del depósito.

La ubicación de los depósitos en la parte alta de los edificios puede plantear algunos inconvenientes, como el de la falta de presión de llegada del agua al depósito o el de requerimiento de una mayor presión de la que por simple caída puede proporcionar el agua que proviene del depósito elevado, sobre todo en las plantas altas del edificio.

- Diseño de sistemas de abastecimiento directo a depósito elevado

El diseño de este tipo de sistemas puede dividirse en dos partes la primera es el diseño de la red de distribución interior, que consiste en obtener los diámetros de sus distribuidores, columnas y derivaciones y la segunda consiste en el diseño de la línea de alimentación al depósito elevado.

Debe iniciarse el diseño con la red de distribución interior, ya que así se determinará la altura conveniente del depósito elevado que propicie una presión adecuada en el mueble más desfavorable.

---

Teniendo la posición del depósito (tanque elevado) se diseña la línea de alimentación y se revisa si existe la presión requerida en la red pública para que el agua llegue hasta el depósito.

### ***2.2.3 Sistema de abastecimiento directo con bombeo a depósito elevado***

También conocido como sistema combinado o sistema por gravedad, este tipo de sistemas de abastecimiento directo con bombeo a depósito elevado requieren contar con cisternas, las cuales deberán ser completamente impermeables y tener registros con cierre hermético y sanitario.

Si la bomba tomara el agua directamente de la red pública de abastecimiento no sería lo conveniente, ya que la bomba estaría sujeta a variaciones muy grandes de gasto y presión.

Se adopta cuando la presión que se tiene en la red general para el abastecimiento de agua fría no es la suficiente para que llegue a los tinacos o tanques elevados.

## ***2.3 Principales problemas de presión en la red de suministro de agua en edificaciones de gran altura***

Con base en el sistema utilizado en las edificaciones, en particular las de gran altura puede que se presenten problemas de exceso o falta de presión dependiendo del sistema empleado.

Si el sistema de abastecimiento de una edificación de gran altura es desde depósitos elevados, se podría presentar el problema de presión insuficiente en los niveles más altos si no se le da una altura suficiente a los depósitos, otra situación es que en los niveles inferiores, exista una presión excesiva a la recomendada por la normatividad.

Otro ejemplo es el uso de equipos de bombeo o equipos de presión independiente, estos equipos por lo regular se colocan en la planta baja de la edificación o cuarto de máquinas, dada esta circunstancia al emplear este sistema los niveles inferiores tendrán una presión muy alta ya que estos equipos tendrán que vencer una carga muy grande en edificios altos, por otra parte los niveles superiores tendrán una presión baja en comparación de los otros niveles.



---

Sea de una u otra forma de abastecer a una edificación de gran altura, pueden presentarse problemas de presión, por ello se propondrán alternativas que logren mitigar estos efectos.

Estos cambios de presión en la red pueden llevar consigo a efectos o problemas de exceso o escasez de presión como se mencionan en los antecedentes.

### ***2.4 Carga requerida por la instalación***

Las condiciones de presión intervienen en el diseño de los sistemas en cuanto a su capacidad mínima. Por ello es necesario realizar un cálculo exhaustivo de la instalación, para definir qué presión es necesaria para alimentar a todo el edificio.

La presión necesaria debe de ser la presión requerida en el mueble más desfavorable.

Al garantizar la presión en el mueble o aparato más desfavorable se asegura el correcto funcionamiento de toda la instalación.

### ***2.5 Zonas de presión en una edificación***

Una zona de presión en un edificio se definirá como el rango de presiones establecido por el proyectista de la instalación en donde las piezas sanitarias y tuberías tendrán un buen funcionamiento.

- Presiones de trabajo

Para poder diseñar una zona de presión en un edificio es indispensable conocer lo siguiente:

Los rangos de presión máximos y mínimos son aquellos en los que un mueble o aparato sanitario puede funcionar correctamente, estos valores se pueden consultar en las fichas técnicas de cada pieza o aparato sanitario que se proponga en cada proyecto.

Se deben tomar en cuenta las cargas de mínimas de trabajo establecidas en las normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas las cuales podemos observar en la ilustración siguiente:

**Tabla 1 Cargas mínimas de trabajo (NTC DEOIH).**

| Mueble o equipo                | Diámetro | Carga de trabajo |
|--------------------------------|----------|------------------|
|                                | mm       | m.c.a.           |
| Inodoro (fluxómetro)           | 32       | 10               |
| Inodoro (tanque)               | 13       | 3                |
| Lavabo                         | 13       | 3                |
| Lavadero                       | 13       | 3                |
| Mingitorio (fluxómetro)        | 25       | 10               |
| Mingitorio (llave de resorte)  | 13       | 5                |
| Regadera                       | 13       | 10               |
| Salida para riego con manguera | 19       | 17               |

| Mueble o equipo            | Diámetro | Carga de trabajo |
|----------------------------|----------|------------------|
|                            | mm       | m.c.a.           |
| Vertedero de aseo          | 13       | 3                |
| Fregadero (por mezcladora) | 13       | 3                |
| Lavadora de loza           | 13       | 14               |

Un sistema de agua debe mantener una presión suficiente para superar cualquier pérdida de presión debida a las pérdidas por fricción, diferencias en elevación y presión de trabajo en las salidas de los muebles sanitarios. Los valores mínimos de presión necesarios para muebles y accesorios de tipo estándar y los diámetros mínimos de alimentación se presentan en la tabla 1. Se recomienda consultar los requerimientos particulares para cada accesorio con los fabricantes.

Con base en los criterios anteriores en la experiencia profesional, se sabe que los muebles requieren de cierta carga en (m.c.a.) para un buen funcionamiento por lo que las zonas de presión deben de estar diseñadas para cumplir con los requerimientos de estos, por lo tanto, se puede determinar que los rangos de presión para los cuales un edificio puede funcionar correctamente, dependiendo su tipo de uso son los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 2 Rangos de presión por tipo de uso de edificaciones.**

| USO DEL EDIFICIO | RANGOS DE PRESIÓN                               |
|------------------|---|
| OFICINAS         | 1.5 kg/cm <sup>2</sup> – 4.0 kg/cm <sup>2</sup> |
| COMERCIO         | 1.5 kg/cm <sup>2</sup> – 4.0 kg/cm <sup>2</sup> |
| VIVIENDA         | 1.0 kg/cm <sup>2</sup> – 4.0 kg/cm <sup>2</sup> |
| MIXTO            | 1.5 kg/cm <sup>2</sup> – 4.0 kg/cm <sup>2</sup> |
| HOTEL            | 1.5 kg/cm <sup>2</sup> – 4.0 kg/cm <sup>2</sup> |

---

Se puede observar que las cargas de presión mínimas para los edificios de oficinas, comercio, mixto y hotel son diferentes a los de vivienda, esto se debe a que en los edificios de vivienda se utilizan inodoros de tanque y en los demás recintos se usa inodoros de fluxómetro, es decir que la carga de presión para que un fluxómetro funcione es mayor que la de un inodoro de tanque.

### *2.6 Alternativas para resolver el problema de variación de presión en un sistema de abastecimiento de agua potable en un edificio de gran altura*

Es importante mencionar que estas alternativas son de forma general, pero estarán sujetas a las condiciones de la edificación.

#### 1. Sistema a gravedad con tanques en el último nivel y niveles intermedios

La primera alternativa se trata de un sistema en el cual, dependiendo de las zonas de presión que se definan en la edificación, se proponga la colocación de tanques elevados a cada cierto número de niveles (tanques intermedios), esto para mitigar los efectos de sobrepresión que se pudieran presentar, tratando de que haya una similitud en las presiones, por zonas de presión.

#### 2. Sistema mixto de distribución, a gravedad usando depósitos elevados y uso de tanques de presión independiente

La segunda alternativa propuesta es un sistema mixto, a gravedad con depósito elevado con ayuda de un equipo de bombeo, ya que probablemente la presión de la red municipal no sea suficiente para llegar a los depósitos, esto para suministrar agua a los niveles superiores de la edificación, se propone el uso de equipos de presión independiente (tanque hidroneumático), para los niveles inferiores, tratando de que el sistema en general cuente con las presiones adecuadas para el funcionamiento de los muebles sanitarios, el uso de esta alternativa estará sujeta al tipo de uso que se le pueda dar a la edificación o si las condiciones de la edificación así lo requieran. Este sistema mixto podría ser la propuesta para una edificación que tenga 2 a 3 zonas de presión.

---

### 3. Sistema de distribución a gravedad, haciendo uso de VRP's

La tercera propuesta es el uso de un sistema a gravedad desde depósitos elevados, y realizando el cálculo de zonas de presión, se propone la colocación de válvulas VRP's, realizando una sectorización para el control de presiones, haciendo la función como en la primera propuesta, esta propuesta se podría proponer a edificaciones de más de 4 zonas de presión y a edificaciones que tengan la capacidad de darle una adecuada operación y mantenimiento a las válvulas reductoras de presión.

Todas estas alternativas estarán sujetas condiciones de la edificación, tipo de uso, revisión por parte del proyectista, el cliente, el presupuesto destinado a este tipo de instalación sanitaria y si es el caso la participación de un ingeniero capacitado en estructuras que determine a partir de un análisis dinámico modal el comportamiento de la edificación dependiendo de la propuesta que se seleccione, si es requerido.

Se podría realizar una serie de combinaciones de los sistemas comúnmente usados para distribuir agua en un inmueble, las antes mencionadas son las propuestas para el sistema que se desarrollará en el siguiente capítulo.

---

---

## **CAPÍTULO III MODELACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA EDIFICACIÓN**

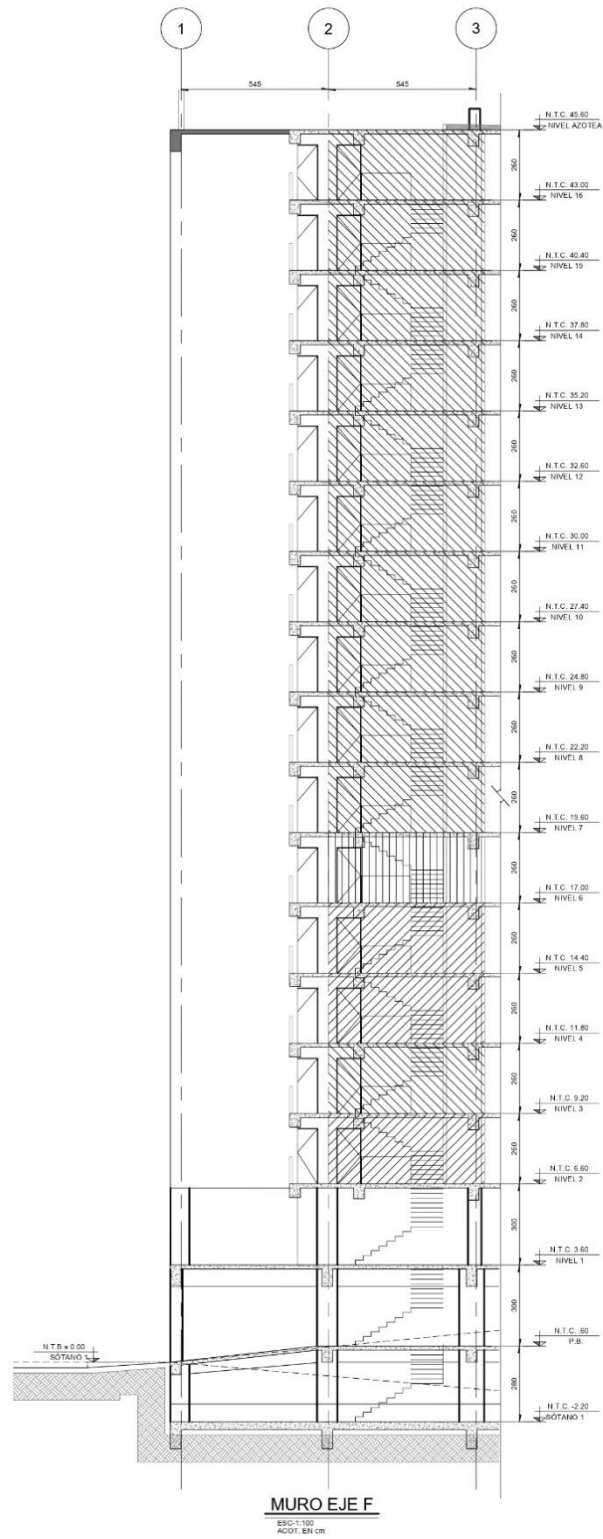
Se decidió usar la segunda alternativa del subcapítulo 2.6, siendo la edificación de uso habitacional y de otros usos en los primeros niveles, con base en la altura se tendrá un primer parámetro para saber la energía potencial disponible, tomando en cuenta que esta energía disponible se verá afectada por las pérdidas de fricción y accesorios, se pretende que las presiones obtenidas se encuentren en un rango medio del rango de presiones aceptables que se mostraron en el capítulo dos por lo que la propuesta es un sistema a gravedad, del nivel 16 al nivel 7 el cual constara de depósitos de agua en la parte superior de la edificación, por otra parte para abastecer de agua los niveles de planta baja hacia el nivel 6 será por medio de un equipo de presión independiente.

Resolviendo con este modelo se tendrán 2 zonas de presión, tomando en cuenta las características del edificio, niveles, departamentos y muebles sanitarios se realizará la propuesta y diseño de tuberías, asimismo se calcularan las presiones en puntos específicos para verificar que estas se encuentren dentro de los rangos que aseguren que los muebles y aparatos sanitarios funcionaran bien.

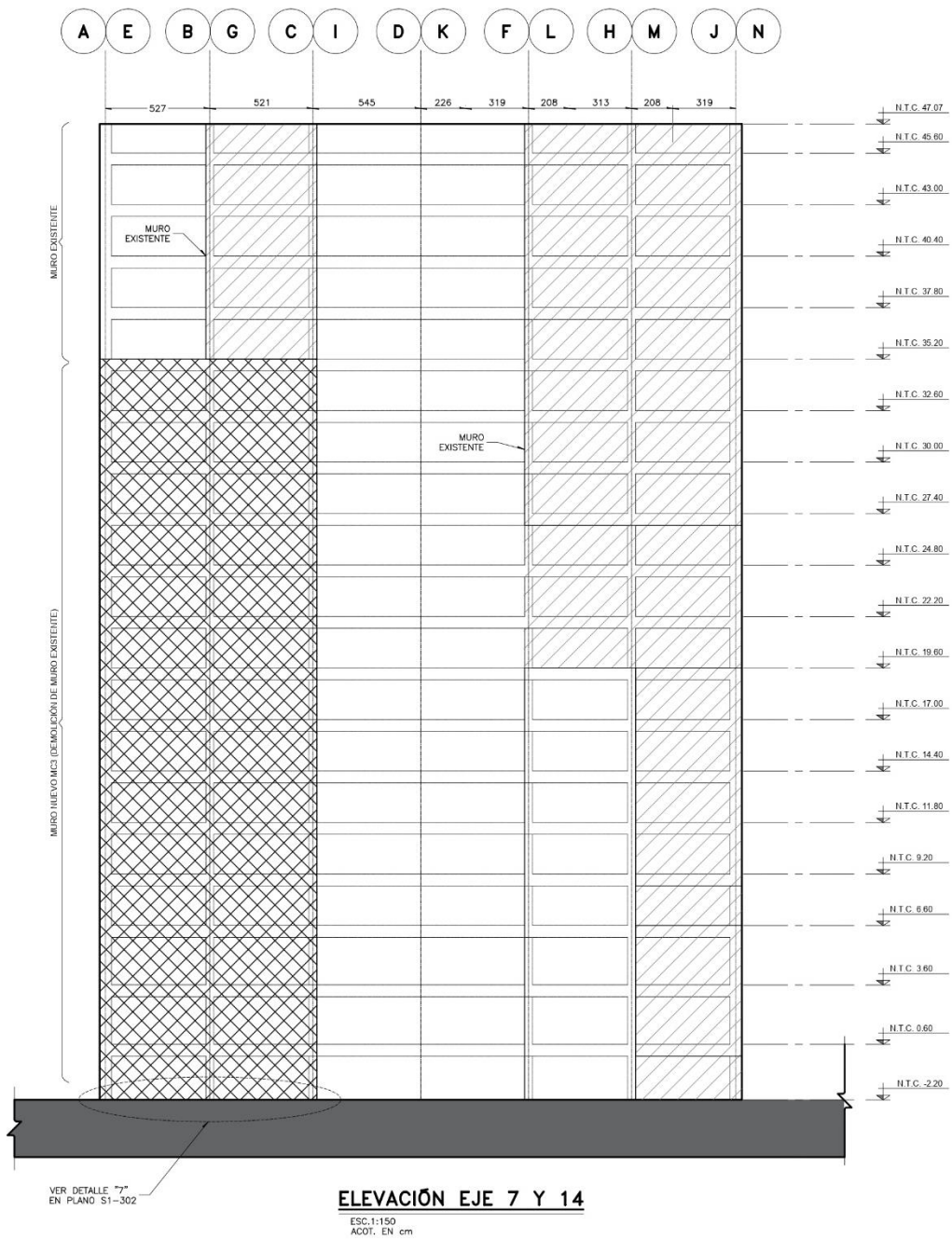
### ***3.1 Descripción del edificio***

El sistema de suministro de agua potable es para un edificio el cual es un proyecto real, se trata de un conjunto residencial, por recomendación del propietario se hace mención que no se puede colocar ningún dato que pueda afectar la integridad de terceros.

El edificio es de tipo habitacional, el inmueble cuenta con un sótano en él se encuentra la cisterna que sirve como almacenamiento de agua potable, la planta baja este espacio se usa como recepción, de los niveles 01 al 16, es de uso habitacional y finalmente se tiene la azotea, en la Ilustración 5 se muestra un corte donde se pueden apreciar a detalle los niveles de la edificación.

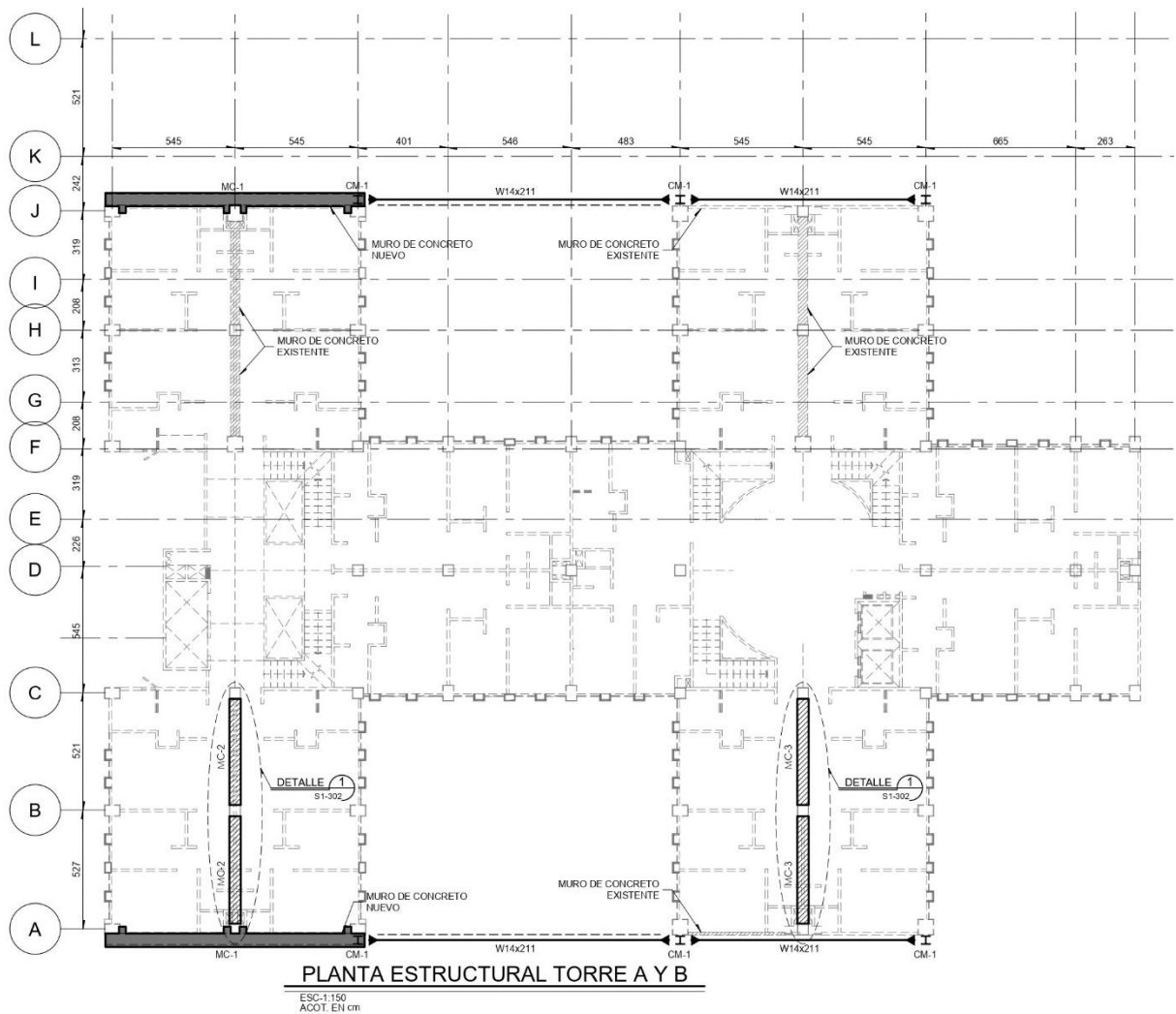


**Ilustración 4 Vista de corte 1 del edificio.**



**Ilustración 5 Vista de corte 2 del edificio.**

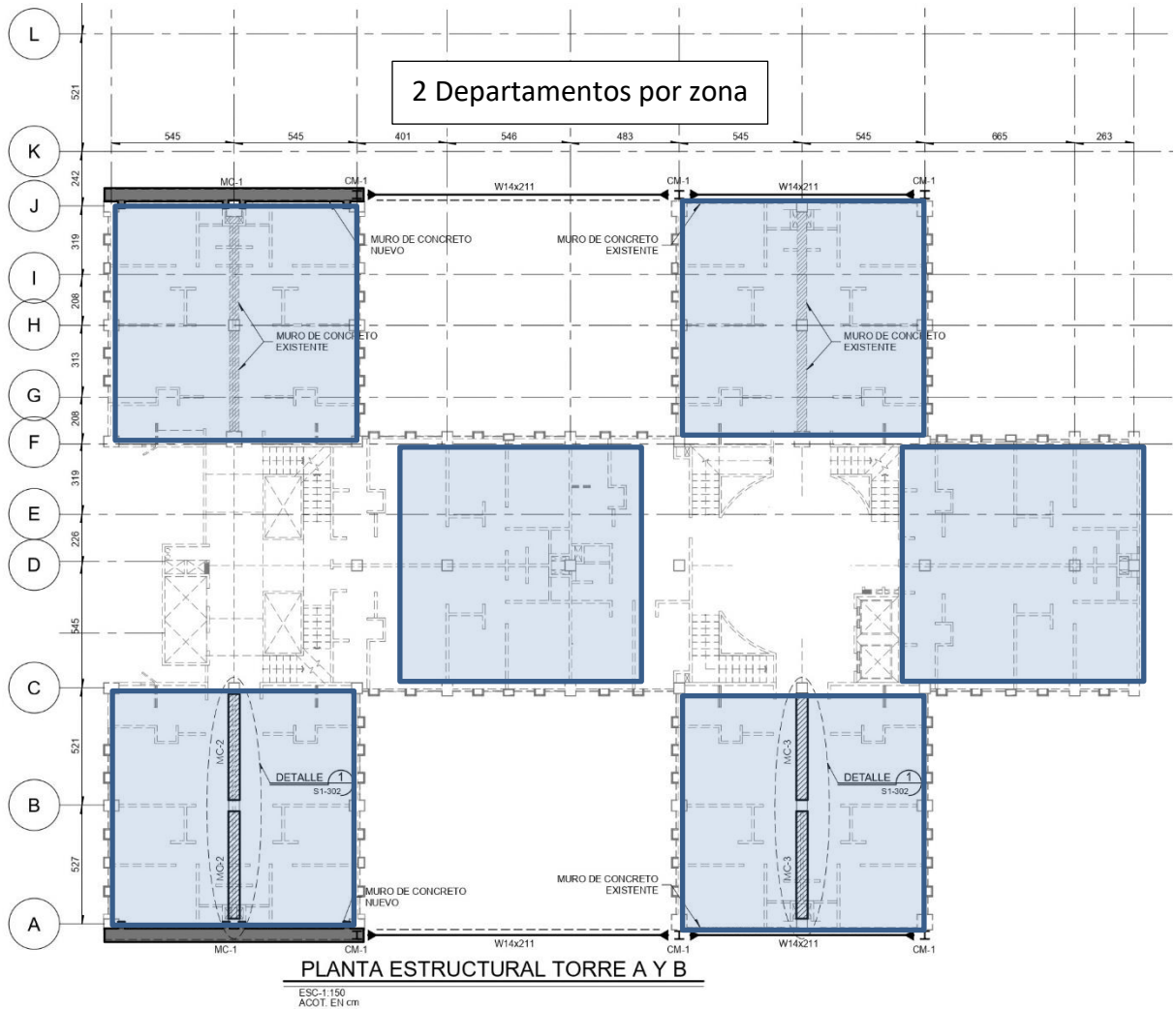
La edificación cuenta con 12 departamentos tipo, por cada planta, se muestra la planta general.



**Ilustración 6 Planta general del edificio.**

En la ilustración siguiente se visualizan 6 zonas de departamentos, cada cuadro contiene 2 departamentos, haciendo un total de 12 departamentos por nivel, se propone que por cada zona de 2 departamentos exista un sistema de distribución de agua, esto con fines de que esa columna de departamentos este distribuida por una sola red y no este comunicada con las demás zonas de departamentos, también con fines prácticos de diseño, para la operación y el mantenimiento de la misma.



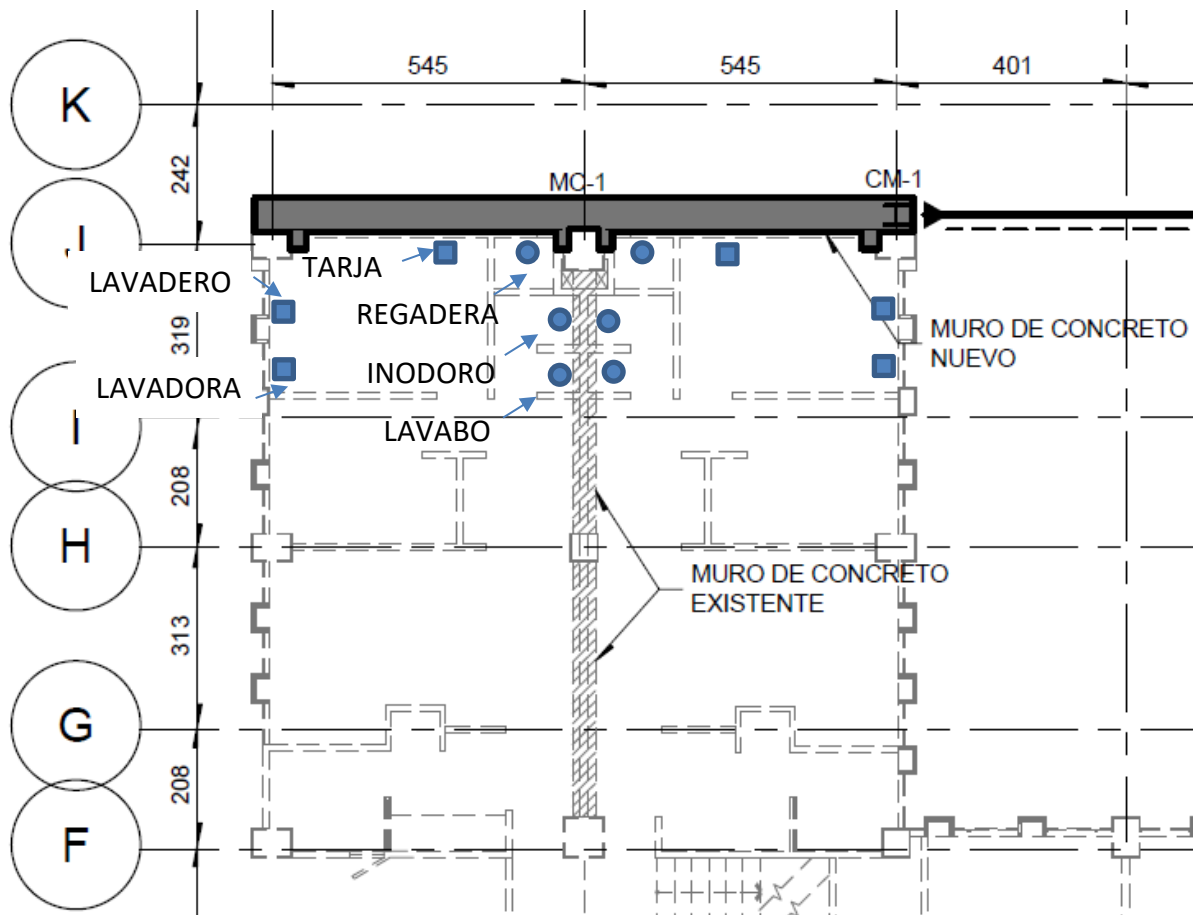


**Ilustración 7 Zonas de departamentos, 2 departamentos por zona.**

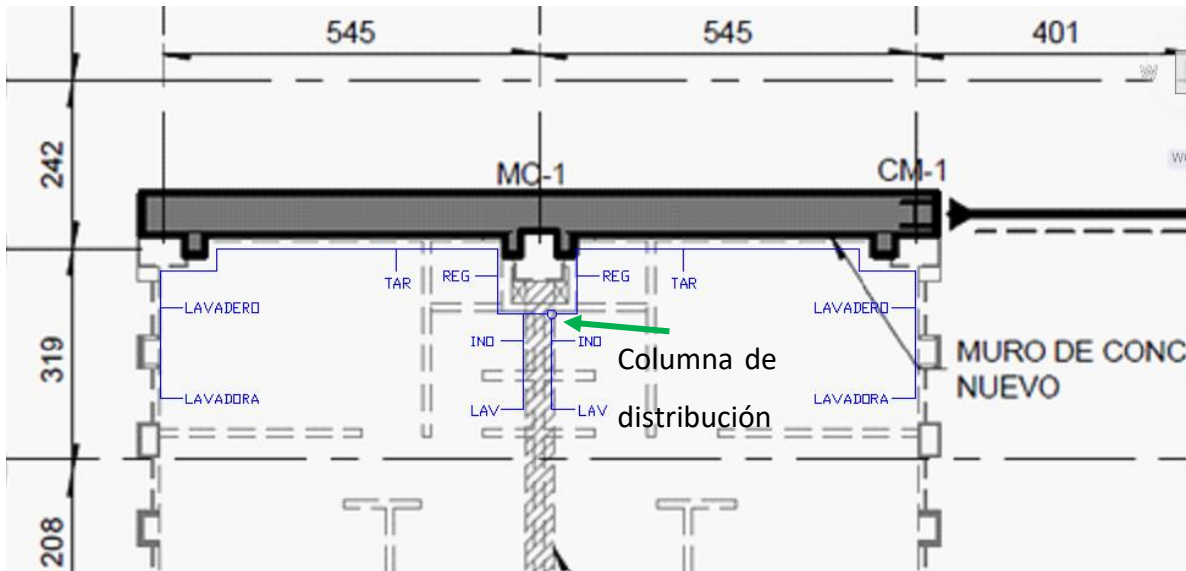
Se realizó la propuesta del arreglo de la distribución de muebles sanitarios para la planta arquitectónica ya que no se tuvo acceso a esos datos, quedando de la siguiente forma, como se muestra en el siguiente subcapítulo.

### *3.1.1 Propuesta de arreglo de muebles sanitarios y red de distribución*

Se muestra el sembrado de muebles sanitarios que se tendrán por departamento, siendo departamentos tipo, el arreglo será simétrico, así para cada una de las zonas de departamentos.



**Ilustración 8 Propuesta de muebles sanitarios.**



**Ilustración 9 Arreglo red de distribución por zona de departamentos.**

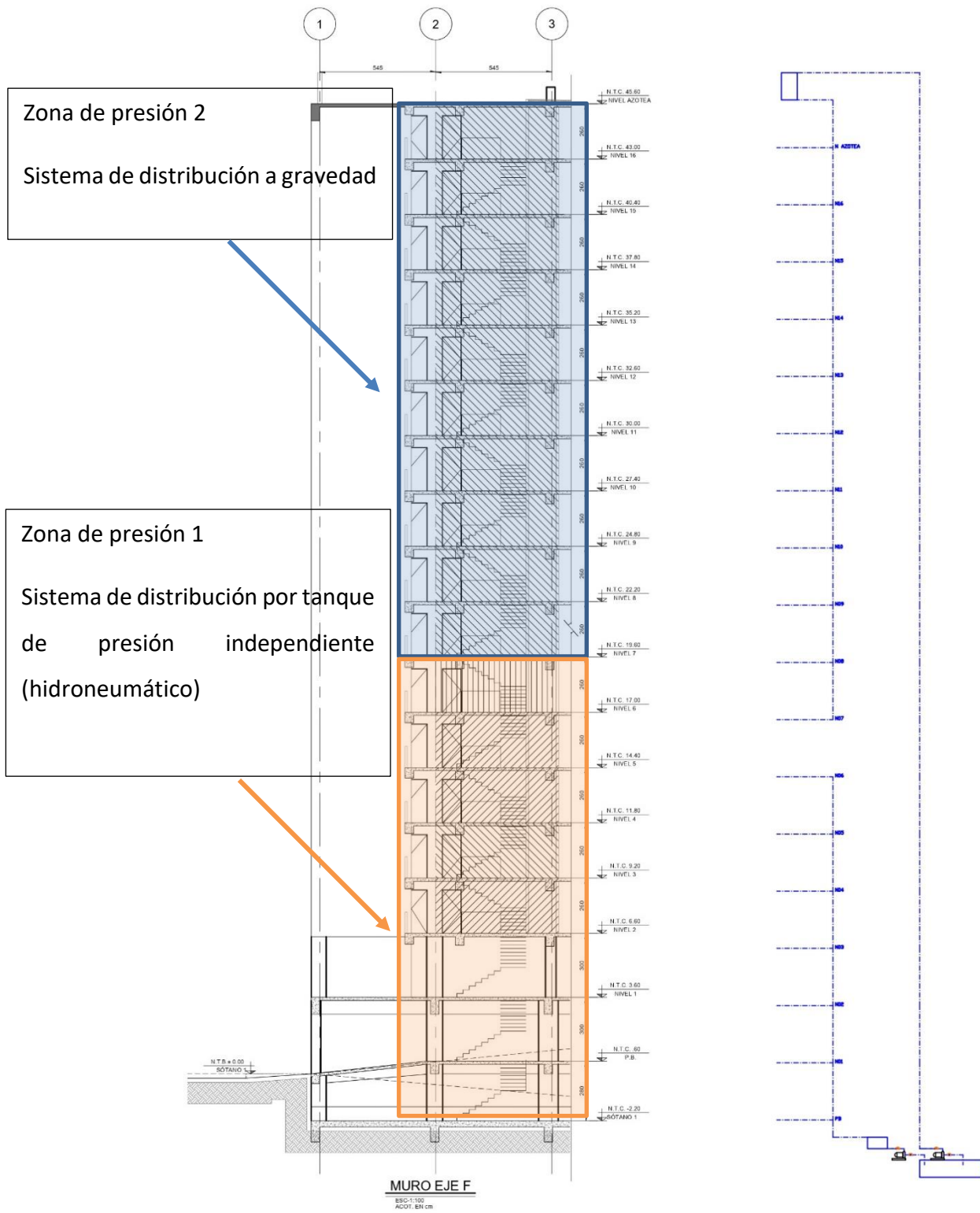
En la ilustración anterior se visualiza el recorrido de las tuberías y la columna que distribuirá agua a cada nivel.

A continuación se hace mención de las principales características del edificio, las cuales son:

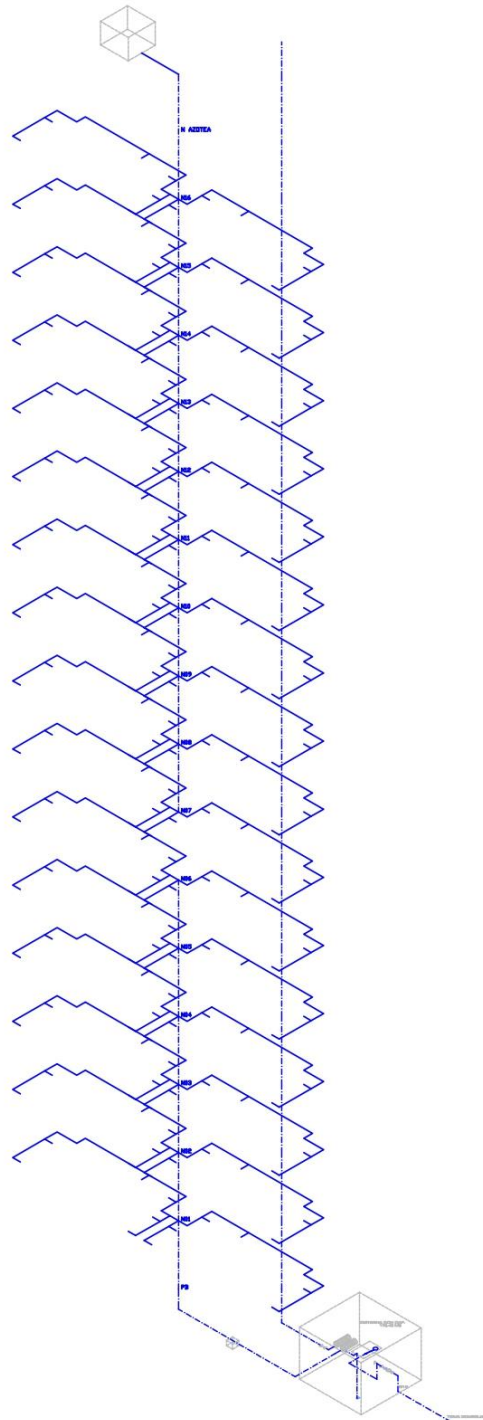
- Superficie por departamento:  $10.48 \text{ m} \times 5.45 \text{ m} = 57.116 \text{ m}^2$
- Altura total:  $47.07 \text{ m}^2$
- Numero de niveles: 16 + planta baja + sótano
- Departamentos por planta: 12

### ***3.1.2 Propuesta de zonas de presión***

Con base en la alternativa seleccionada se mostrará la propuesta de zonas de presión para la edificación así como el sistema empleado por zona de presión.



**Ilustración 10 Propuesta zona de presiones.**



**Ilustración 11 Isométrico de la instalación.**

---

---

### *3.2 Diseño de la instalación para suministro de agua potable para la edificación*

<sup>3</sup>Del Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE).

ART 41 Para los casos en que se necesite tener en cuenta el número de habitantes por vivienda para la aplicación de algunas disposiciones de este reglamento, se considerará lo siguiente

- Para viviendas de una recámara o dormitorio, 3 habitantes.
- Para viviendas de dos recámaras o dormitorios, 5 habitantes.
- Para viviendas de tres recámaras o dormitorios, 7 habitantes.
- Y para viviendas de más de tres recámaras o dormitorios, 2 habitantes más por cada recámara o dormitorio adicional

De estos últimos puntos se elige el primer criterio por dimensiones del departamento, teniendo en cuenta 3 habitantes por departamento.

Art 51.-Los edificios, cualquiera que sea el uso a que estén destinados estarán provistos de agua potable, en cantidad y presión suficientes para satisfacer las necesidades y servicios de los mismos.

ART 54 Cada una de las viviendas o departamentos de un edificio, debe tener por separado su instalación interior para fines de almacenamiento, en caso de que el servicio público no sea continuo durante las veinticuatro horas, así como para interrupciones imprevistas, se instalarán depósitos en las azoteas con capacidad de cien litros por habitante El número de habitantes se calculará de acuerdo con lo establecido en el artículo 41

ART 57 Los depósitos que trabajen por gravedad, se colocarán a una altura de dos metros por lo menos, arriba de los muebles sanitarios del nivel más alto.

---

<sup>3</sup> Fuente: Notas de clase ISEAE Prof.: M. I. José Luis Sánchez Galarza 2021-2

### 3.2.1 Cálculo de la provisión mínima de agua potable

Se tomarán como población y dotación de proyecto, en caso de edificios o unidades habitacionales, el número de recámaras con tres ocupantes por recámara, y en los casos de edificios comerciales o de servicios e industrias la que se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla 3 Provisión mínima de agua (NTC DEOIH).**

| <b>NTC PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS</b> |   |                 |                  |
|--|---|-----------------|------------------|
| <b>EDIFICACIÓN</b>   | <b>TIPOLOGIA</b>                                | <b>DOTACIÓN</b> | <b>UNIDAD</b>    |
| Habitacional   | Vivienda de hasta 90 m <sup>2</sup> construidos | 150             | L/hab/día        |
|  | Vivienda mayor de 90 m <sup>2</sup> construidos | 200             | L/hab/día        |
| Comercial  | Comercios                                       | 6               | L/m2/día         |
|  | Mercados públicos y tianguis                    | 100             | L/puesto/día     |
| Servicios diversos   | Servicios administrativos y financieros         | 50              | L/persona/día    |
|  | Oficinas de cualquier tipo                      |                 |                  |
|  | Servicios automotrices                          | 100             | L/trabajador/día |
|  | Baños públicos                                  | 300             | L/bañista/día    |
|  | Servicios sanitarios públicos                   |                 |                  |
|  | Limpieza  | 40              | L/kg ropa seca   |
|  | Otros servicios                                 | 100             | L/trabajador/día |
|  | Dotación para animales, en su caso              | 25              | L/animal/día     |
| Servicios de salud y asistencia  | Atención médica a usuarios externos             | 12              | L/sitio/paciente |
|  | Servicios de salud a usuarios internos          | 800             | L/cama/día       |
|  | Orfanatorios y asilos                           | 300             | L/huésped/día    |
| Educación, ciencia y cultura   | Educación preescolar                            | 20              | L/alumno/turno   |
|  | Educación básica y media                        | 25              | L/alumno/turno   |
|  | Educación media superior y superior             | 25              | L/alumno/turno   |

|                              |  |  |                   |
|------------------------------|--|--|-------------------|
|                              | Institutos de investigación  | 50   | L/persona/día     |
|                              | Museos y centros de información  | 10   | L/asistente/día   |
| Centros de reunión           | Servicios de alimentos y bebidas   | 12   | L/comida/día      |
|                              | Espectáculos y reuniones   | 10   | L/asistente/día   |
|                              | Recreación social  | 25   | L/asistente/día   |
|                              | Prácticas deportivas con baños y vestidores  | 150  | L/asistente/día   |
|                              | Espectáculos deportivos  | 10   | L/asiento/día     |
|                              | Lugares de culto: Templos, iglesias y sinagogas  | 10   | L/asistente/día   |
|                              | Servicios turísticos   | Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes | 300               |
| Campamentos para remolques   |  | 200  | L/persona/día     |
| Seguridad                    | Defensa, policía y bomberos  | 200  | L/persona/día     |
|                              | Centros de readaptación social   | 200  | L/interno/día     |
| Servicios funerarios         | Agencias funerarias  | 10   | L/sitio/visitante |
|                              | Cementerios, crematorios y mausoleos   | 100  | L/trabajador/día  |
|                              | Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos  | 10   | L/sitio/visitante |
| Comunicaciones y transportes | Estacionamientos   | 8  | L/cajón/día       |
|                              | Sitios, paraderos y estaciones de transferencia  | 100  | L/trabajador/día  |
|                              | Estaciones de transporte y terminales de autobuses foráneos  | 10   | L/pasajero/día    |
|                              | Estaciones del sistema de transporte colectivo   | 2  | L/m2/día          |
| Industria                    | Industrias   | 100  | L/trabajador/día  |
| Infraestructura              | Equipamiento e infraestructura. Aplica las necesidades de uso y funcionamiento y además los índices de los locales correspondientes. | 100  | L/trabajador/día  |



### 3.2.2 Cálculo de la capacidad de la cisterna

Der reglamento de construcciones del distrito federal.

#### CAPÍTULO VI DE LAS INSTALACIONES

#### DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS (Reformado 17 de junio de 2016)

ARTÍCULO 124 Las edificaciones nuevas de más de tres niveles deben contar con un almacenamiento con capacidad para satisfacer dos veces la demanda diaria de agua potable y estar equipadas con sistema de bombeo

Se muestra la hoja de cálculo programada en Excel tomando los datos básicos para el cálculo y obtención de las dimensiones de la cisterna.

**Tabla 4 Cálculo capacidad de cisterna (NTC DEOIH).**

| TIPO DE EDIFICACIÓN: HABITACIONAL                         |                                     |              |
|---|-------------------------------------|--------------|
| CÁLCULO DE PROVISIÓN MÍNIMA DE AGUA POTABLE CON NTC DEOIH |                                     |              |
| TIPO DE EDIFICACIÓN                                       | Vivienda de hasta 90 m2 construidos |              |
| CONCEPTO  | CANTIDAD                            | UNIDAD       |
| DOTACION MÍNIMA   | 150                                 | L/hab/día    |
| HABITACIONES POR VIVIENDA                                 | 1                                   | habitaciones |
| NÚMERO DE NIVELES   | 16                                  | niveles      |
| VIVIENDAS POR NIVEL                                       | 12                                  | viviendas    |
| POBLACIÓN O UNIDAD  | 576                                 | hab          |
| DOTACIÓN POR DÍA  | 86400                               | L/día        |
| VOLUMEN DE RESERVA  | 86400                               | L/día        |
| VOLUMEN TOTAL REQUERIDO                                   | 172800                              | L/día        |
| VOLUMEN TOTAL REQUERIDO                                   | 172.8000                            | m3/día       |
| PROPUESTA DE DIMENSIONES DE LA CISTERNA                   |                                     |              |
| DIMENSIÓN POR LADO  | 5.5699                              | m            |
| LARGO   | 7.00                                | m            |
| ANCHO   | 7.00                                | m            |
| PROFUNDIDAD   | 3.60                                | m            |
| VOLUMEN TOTAL DISPONIBLE                                  | 176.4000                            | m3           |
| PROFUNDIDAD TOTAL (+ CONCHÓN DE AIRE)                     | 3.90                                | m            |
| VOLUMEN TOTAL   | 176.4000                            | m3/día       |
| REVISIÓN  |                                     | ✓            |

---

<sup>4</sup>Ubicación y dimensionamiento de la cisterna de agua potable

La ubicación y el dimensionamiento de la cisterna de agua potable no obedece a una normatividad específica, sin embargo depende entre otros factores, principalmente de:

- La experiencia profesional del proyectista
- El volumen de agua potable requerido para los servicios de abastecimiento de agua potable y de protección contra incendio
- La ubicación y el espacio disponible para su construcción
- Un tirante extra de entre 0 20 m y 0 40 m para alojar una cámara de aire en la parte superior donde se pueda ubicar el flotador de la toma municipal
- Las distancias mínimas establecidas a posibles fuentes contaminantes

### *3.2.3 Localización de los muebles de consumo (muebles sanitarios)*

Der reglamento de construcciones del distrito federal.

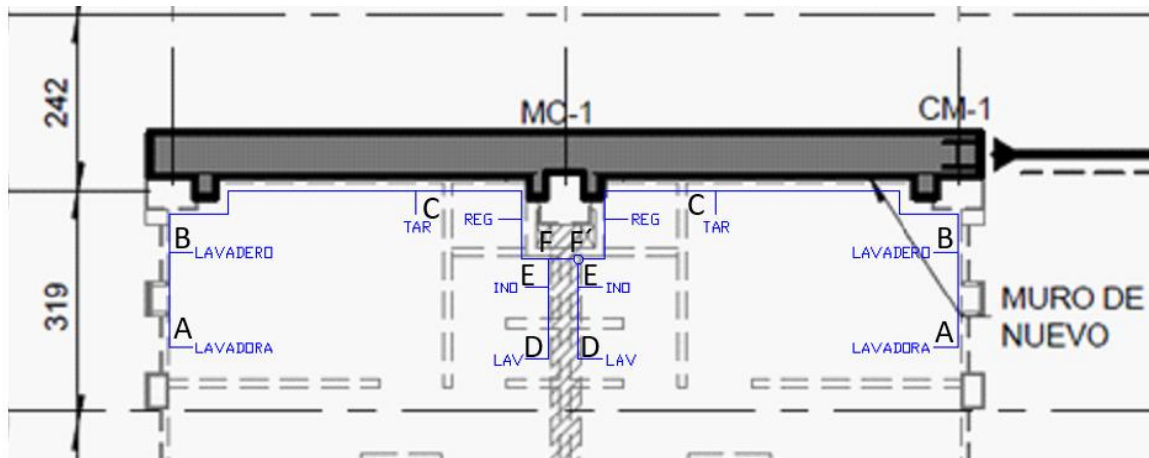
CAPÍTULO VI DE LAS INSTALACIONES DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS  
(Reformado, 17 de junio de 2016)

ARTÍCULO 125 Las instalaciones hidráulicas y sanitarias, los muebles y accesorios de baño, las válvulas, tuberías y conexiones deben contar con accesorios y muebles de bajo consumo de agua potable, conforme a lo que disponga la Ley de Aguas del Distrito Federal y sus Reglamentos, las Normas y, en su caso, las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas aplicables

Se procede a realizar el seccionamiento para el cálculo del  $Q_{mi}$ , cabe mencionar que este seccionamiento se hace de tal manera que cada vez que haya un cambio de mueble sanitario o haya un acumulado de 3 muebles del mismo tipo se procederá a colocar una sección.

---

<sup>4</sup> Fuente: Notas de clase ISEAE Prof.: M. I. José Luis Sánchez Galarza 2021-2



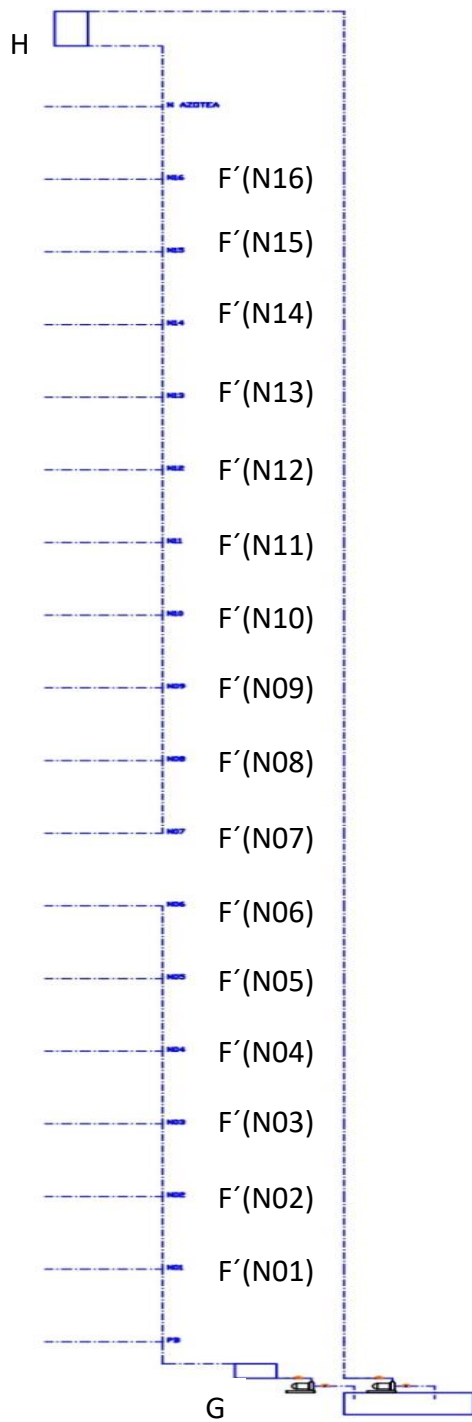
**Ilustración 12 Seccionamiento para cálculo de Qmi.**

### ***3.2.4 Cálculo del Qmi para cada zona de presión***

Con base en la experiencia y el tipo de edificación se propone el diseño del Qmi por método empírico o probabilístico, en cualquiera de los dos métodos, se tienen que revisar que las velocidades por tramo de análisis estén dentro de los rangos permitidos.

Se hizo uso el método de Hunter, ya que un método empírico no sería la mejor opción para este tipo de edificación, la recomendación es usar un método probabilístico.

En una tabla programada en Excel se muestran los cálculos necesarios para la obtención del Qmi, el material usado para esta instalación es cobre, también se muestran las velocidades que pasan por las tuberías, estas deben estar entre 0.5 m/s y 2.0 m/s., estos valores son recomendados.



**Ilustración 13 Seccionamiento en columna de distribución.**

Se muestra a continuación la hoja de cálculo programada para la obtención del Qmi para cada zona de presión, servirá para obtener diámetros y gastos por sección, para así determinar las presiones finales que se tendrán en puntos específicos de la instalación.

- Cálculo del Qmi para la zona de presión 1

Se muestra hoja de cálculo, y los resultados obtenidos.

**Tabla 5 Cálculo Qmi, método de Hunter, zona de presión 1.**

| MÉTODO DE HUNTER      |                           |          |               |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|-----------------------|---------------------------|----------|---------------|--------------------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------------|---------|-----------------|------------|------------|
| Tramos o derivaciones | Mueble o aparato          |          | Unidad mueble | Total de unidades mueble | Qmi (L/s) | Qmi (m3/s) | Diámetro     |              |                    | Área m2 | Velocidad (m/s) | Revisión 1 | Revisión 2 |
|                       | Descripción               | Cantidad |               |                          |           |            | Teórico (mm) | Interno (mm) | Nominal (pulgadas) |         |                 |            |            |
| A-B                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 3.00                     | 0.200     | 0.0002     | 13.0294      | 11.4300      | 3/8                | 0.0001  | 1.9492          | ✓          | ✓          |
| B-C                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 6.00                     | 0.420     | 0.0004     | 18.8814      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.2603          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| B-C                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 8.00                     | 0.490     | 0.0005     | 20.3942      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.4703          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| C-F=C-F'              | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 10.00                    | 0.570     | 0.0006     | 21.9962      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.7104          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Regadera privada          | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| D-E                   | Lavabo privado            | 1        | 1.00          | 1.00                     | 0.100     | 0.0001     | 9.2132       | 11.4300      | 3/8                | 0.0001  | 0.9746          | ✓          | ✓          |
| E-F=E-F'              | Lavabo privado            | 1        | 1.00          | 4.00                     | 0.260     | 0.0003     | 14.8558      | 14.4530      | 1/2                | 0.0002  | 1.5848          | ✓          | ✓          |
|                       | Inodoro privado de tanque | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| F-F'(N6)              | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 14.00                    | 0.700     | 0.0007     | 24.3758      | 26.7970      | 1                  | 0.0006  | 1.2412          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Regadera privada          | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Lavabo privado            | 1        | 1.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Inodoro privado de tanque | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |

|                 |                           |    |      |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|-----------------|---------------------------|----|------|--------|-------|--------|---------|---------|------|--------|--------|---|---|
| F'(N6)-F'(N5)   | Lavadora privada          | 2  | 3.00 | 28.00  | 1.190 | 0.0012 | 31.7821 | 32.7910 | 11/4 | 0.0008 | 1.4091 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 2  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 2  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 2  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 2  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 2  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N5)-F'(N4)   | Lavadora privada          | 4  | 3.00 | 56.00  | 1.950 | 0.0020 | 40.6843 | 38.7860 | 11/2 | 0.0012 | 1.6504 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 4  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 4  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 4  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 4  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 4  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N4)-F'(N3)   | Lavadora privada          | 6  | 3.00 | 84.00  | 2.450 | 0.0025 | 45.6029 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.1980 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 6  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 6  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 6  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 6  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 6  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N3)-F'(N2)   | Lavadora privada          | 8  | 3.00 | 112.00 | 2.990 | 0.0030 | 50.3785 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.4620 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 8  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 8  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 8  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 8  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 8  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N2)-F'(N1)   | Lavadora privada          | 10 | 3.00 | 140.00 | 3.380 | 0.0034 | 53.5634 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.6527 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 10 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 10 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 10 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 10 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 10 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N1)-G(DISTR) | Lavadora privada          | 12 | 3.00 | 168.00 | 3.750 | 0.0038 | 56.4190 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.8336 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 12 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 12 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 12 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 12 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 12 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |

De igual forma que con la zona de presión 1 se realiza el cálculo del Qmi, verificando que las velocidades se encuentren dentro de los límites permisibles.

- Cálculo del Qmi para la zona de presión 2

**Tabla 6 Cálculo Qmi, método de Hunter, zona de presión 2.**

| Tramos o derivaciones | Mueble o aparato          |          | Unidad mueble | Total de unidades mueble | Qmi (L/s) | Qmi (m3/s) | Diámetro     |              |                    | Área m2 | Velocidad (m/s) | Revisión 1 | Revisión 2 |
|-----------------------|---------------------------|----------|---------------|--------------------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------------|---------|-----------------|------------|------------|
|                       | Descripción               | Cantidad |               |                          |           |            | Teórico (mm) | Interno (mm) | Nominal (pulgadas) |         |                 |            |            |
|                       |                           |          |               |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| A-B                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 3.00                     | 0.200     | 0.0002     | 13.0294      | 11.4300      | 3/8                | 0.0001  | 1.9492          | ✓          | ✓          |
| B-C                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 6.00                     | 0.420     | 0.0004     | 18.8814      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.2603          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| B-C                   | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 8.00                     | 0.490     | 0.0005     | 20.3942      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.4703          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| C-F=C-F'              | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 10.00                    | 0.570     | 0.0006     | 21.9962      | 20.5990      | 3/4                | 0.0003  | 1.7104          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Regadera privada          | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| D-E                   | Lavabo privado            | 1        | 1.00          | 1.00                     | 0.100     | 0.0001     | 9.2132       | 11.4300      | 3/8                | 0.0001  | 0.9746          | ✓          | ✓          |
| E-F=E-F'              | Lavabo privado            | 1        | 1.00          | 4.00                     | 0.260     | 0.0003     | 14.8558      | 14.4530      | 1/2                | 0.0002  | 1.5848          | ✓          | ✓          |
|                       | Inodoro privado de tanque | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
| F-F'(N7)              | Lavadora privada          | 1        | 3.00          | 14.00                    | 0.700     | 0.0007     | 24.3758      | 26.7970      | 1                  | 0.0006  | 1.2412          | ✓          | ✓          |
|                       | Lavadero privado          | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Fregadero privado         | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Regadera privada          | 1        | 2.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Lavabo privado            | 1        | 1.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |
|                       | Inodoro privado de tanque | 1        | 3.00          |                          |           |            |              |              |                    |         |                 |            |            |

|                 |                           |    |      |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|-----------------|---------------------------|----|------|--------|-------|--------|---------|---------|------|--------|--------|---|---|
| F'(N7)-F'(N8)   | Lavadora privada          | 2  | 3.00 | 28.00  | 1.190 | 0.0012 | 31.7821 | 32.7910 | 11/4 | 0.0008 | 1.4091 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 2  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 2  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 2  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 2  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 2  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N8)-F'(N9)   | Lavadora privada          | 4  | 3.00 | 56.00  | 1.950 | 0.0020 | 40.6843 | 38.7860 | 11/2 | 0.0012 | 1.6504 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 4  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 4  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 4  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 4  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 4  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N9)-F'(N10)  | Lavadora privada          | 6  | 3.00 | 84.00  | 2.450 | 0.0025 | 45.6029 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.1980 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 6  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 6  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 6  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 6  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 6  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N10)-F'(N11) | Lavadora privada          | 8  | 3.00 | 112.00 | 2.990 | 0.0030 | 50.3785 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.4620 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 8  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 8  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 8  | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 8  | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 8  | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N11)-F'(N12) | Lavadora privada          | 10 | 3.00 | 140.00 | 3.380 | 0.0034 | 53.5634 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.6527 | ✓ | ✓ |
|                 | Lavadero privado          | 10 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Fregadero privado         | 10 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Regadera privada          | 10 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Lavabo privado            | 10 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                 | Inodoro privado de tanque | 10 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |



|                  |                           |    |      |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|------------------|---------------------------|----|------|--------|-------|--------|---------|---------|------|--------|--------|---|---|
| F'(N12)-F'(N13)  | Lavadora privada          | 12 | 3.00 | 168.00 | 3.750 | 0.0038 | 56.4190 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.8336 | ✓ | ✓ |
|                  | Lavadero privado          | 12 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Fregadero privado         | 12 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Regadera privada          | 12 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Lavabo privado            | 12 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Inodoro privado de tanque | 12 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N13)-F'(N14)  | Lavadora privada          | 14 | 3.00 | 196.00 | 4.080 | 0.0041 | 58.8491 | 51.0290 | 2    | 0.0020 | 1.9950 | ✓ | ✓ |
|                  | Lavadero privado          | 14 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Fregadero privado         | 14 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Regadera privada          | 14 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Lavabo privado            | 14 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Inodoro privado de tanque | 14 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N14)-F'(N15)  | Lavadora privada          | 16 | 3.00 | 224.00 | 4.400 | 0.0044 | 61.1133 | 63.3730 | 21/2 | 0.0032 | 1.3949 | ✓ | ✓ |
|                  | Lavadero privado          | 16 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Fregadero privado         | 16 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Regadera privada          | 16 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Lavabo privado            | 16 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Inodoro privado de tanque | 16 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N15)-F'(N16)  | Lavadora privada          | 18 | 3.00 | 252.00 | 4.660 | 0.0047 | 62.8930 | 63.3730 | 21/2 | 0.0032 | 1.4774 | ✓ | ✓ |
|                  | Lavadero privado          | 18 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Fregadero privado         | 18 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Regadera privada          | 18 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Lavabo privado            | 18 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Inodoro privado de tanque | 18 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
| F'(N16)-H(DISTR) | Lavadora privada          | 20 | 3.00 | 280.00 | 5.070 | 0.0051 | 65.6014 | 63.3730 | 21/2 | 0.0032 | 1.6073 | ✓ | ✓ |
|                  | Lavadero privado          | 20 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Fregadero privado         | 20 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Regadera privada          | 20 | 2.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Lavabo privado            | 20 | 1.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |
|                  | Inodoro privado de tanque | 20 | 3.00 |        |       |        |         |         |      |        |        |   |   |

---

---

### ***3.2.5 Equipo de bombeo***

Tomando en cuenta que pueden haber fallas en el suministro o que no cuente con la presión suficiente se propondrá la colocación de un equipo de bombeo que cuente con las condiciones de carga dinámica total y gasto para poder elevar el agua desde la cisterna a los depósitos elevados para su distribución, no se realizara el diseño ya que para fines de este trabajo no influirá en las presiones que se presenten en la red de distribución, solo en la línea de llenado a tinacos.

Los puntos más importantes para la selección adecuada del equipo de bombeo para este sistema son la carga dinámica total, el gasto requerido y la verificación de cavitación, con base en los cálculos realizados de la carga neta de succión positiva disponible y la requerida.

Colocando un equipo que cumpla con las características anteriores, se da por hecho que la línea de alimentación funcionara de manera eficiente.

### ***3.2.6 Equipo hidroneumático.***

Se propone un equipo hidroneumático, teniendo en cuenta el mueble más desfavorable, en términos de carga requerida y la carga estática a vencer, el equipo hidroneumático estará instalado en el sótano en un espacio de cuarto de máquinas, este equipo deberá tener la capacidad de vencer la carga estática y proporcionar al mueble más desfavorable la carga mínima necesaria para su funcionamiento, considerando las pérdidas de energía que se presenten en esa trayectoria.

Con base en el cálculo del  $Q_{mi}$  para la zona de presión 1 se realizará el cálculo del equipo de presión que cumpla con las condiciones.

La selección del equipo para un sistema hidroneumático involucra los siguientes puntos.

- Determinación del gasto máximo instantáneo ( $Q_{mi}$ )
- Selección de la capacidad del equipo de bombeo
- Determinación de las presiones máxima y mínima requeridas en el tanque

- 
- Selección conveniente del tamaño del tanque y establecimiento de los niveles superior e inferior de operación

Se programó una tabla de Excel para ingresar los datos necesarios para poder seleccionar la mejor alternativa, las presiones que se mencionan a continuación, son los valores de presión que se deben conocer poder realizar los cálculos necesarios, para la selección del equipo adecuado.

- Presión mínima (P min)

La presión mínima de operación del tanque hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida en el mueble más desfavorable.

Presión diferencial y máxima (P max)

Se recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI). Hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del tanque considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil.

Este sistema surtirá de agua a 72 muebles de distintos tipos del nivel 01 al nivel 07 de la edificación, con un  $Q_{mi} = 3.75$  L/s.

La carga estática desde el tanque de presión hasta el mueble más desfavorable es de 16.80 m (regadera N 06), y la pérdida por fricción a través de la tubería es de 1.70 m.

La presión mínima requerida para que funcione el mueble más desfavorable es de  $0.35 \text{ kg/cm}^2$ , y el diferencial de operación deseado para el sistema es de 14 metros ( $1.4 \text{ kg/cm}^2$ ).

- P min=22 m.c.a ( $2.2 \text{ kg/cm}^2$ )
- P max=36 m.c.a ( $3.6 \text{ kg/cm}^2$ )

**Tabla 7 Cálculo de la pérdida de carga al mueble más desfavorable, zona de presión 1.**

| Carga requerida         |                          |          |                |                      |       |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
|-------------------------|--------------------------|----------|----------------|----------------------|-------|-------------|------------|------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| Mueble mas desfavorable |                          |          |                | Tipo de mueble       |       | Regadera    |            | Gravedad               |                           | 9.81             |                 |                     |               |
| Tramo                   | Piezas Especiales        |          | Diámetro<br>mm | Longitud Equivalente |       | Q m³<br>L/s | f<br>(D-W) | Longitud Real<br>L (m) | Longitud Virtual<br>L (m) | Diámetro<br>(mm) | Diámetro<br>(m) | Velocidad<br>(m/s²) | hf<br>(m)     |
|                         | Descripción              | Cantidad |                | Por Pieza            | Tramo |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
| REGADERA- F'(N06)       | "Te" (paso recto) 1"     | 1        | 25.40          | 0.30                 | 0.30  | 0.7000      | 0.02       | 3.50                   | 5.50                      | 26.80            | 0.0268          | 1.2412              | 0.3223        |
|                         | Cono de reducción 1/2"   | 1        | 12.70          | 0.20                 | 0.20  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
|                         | Codo de 90° 1/2"         | 3        | 12.70          | 0.50                 | 1.50  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
| F'(N06)-F'(N05)         | "Te" (paso recto) 1 1/4" | 1        | 31.80          | 0.40                 | 0.40  | 1.1900      | 0.02       | 2.40                   | 4.66                      | 32.79            | 0.0328          | 1.4091              | 0.2876        |
|                         | Codo de 90° 1 1/4"       | 1        | 31.80          | 1.01                 | 1.01  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
|                         | Cono de reducción 1 1/4" | 1        | 31.80          | 0.85                 | 0.85  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
| F'(N05)-F'(N04)         | "Te" (paso recto) 1 1/2" | 1        | 38.10          | 0.50                 | 0.50  | 1.9500      | 0.02       | 2.40                   | 3.90                      | 38.79            | 0.0388          | 1.6504              | 0.2792        |
|                         | Cono de reducción 1 1/2" | 1        | 38.10          | 1.00                 | 1.00  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
| F'(N04)-F'(N03)         | "Te" (paso recto) 2"     | 1        | 50.80          | 0.60                 | 0.60  | 2.4500      | 0.02       | 2.40                   | 4.30                      | 51.03            | 0.0510          | 1.1980              | 0.1233        |
|                         | Cono de reducción 2"     | 1        | 50.80          | 1.30                 | 1.30  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
| F'(N03)-F'(N02)         | "Te" (paso recto) 2"     | 1        | 50.80          | 0.60                 | 0.60  | 2.9900      | 0.02       | 2.40                   | 3.00                      | 51.03            | 0.0510          | 1.4620              | 0.1281        |
| F'(N02)-F'(N01)         | "Te" (paso recto) 2"     | 1        | 50.80          | 0.60                 | 0.60  | 3.3800      | 0.02       | 2.40                   | 3.00                      | 51.03            | 0.0510          | 1.6527              | 0.1637        |
| F'(N01)-G(DISTR)        | "Te" (paso recto) 2"     | 1        | 50.80          | 0.60                 | 0.60  | 3.7500      | 0.02       | 3.50                   | 5.81                      | 51.03            | 0.0510          | 1.8336              | 0.3902        |
|                         | Codo de 90° 2"           | 1        | 50.80          | 1.71                 | 1.71  |             |            |                        |                           |                  |                 |                     |               |
|                         |                          |          |                |                      |       |             |            |                        |                           |                  |                 | <b>Σ hf</b>         | <b>1.6944</b> |

Con una tabla programada en Excel se realizan los cálculos, así como la propuesta de un tanque de presión independiente.

La edificación se encuentra en una altura promedio a 2250 m.s.n.m por lo que la presión atmosférica es 7.75 m.c.a.= 0.775 kg/cm<sup>2</sup>

Se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 8 Resultados para selección de tanque hidroneumático.**

| Concepto            | Valor     | Unidad/tipo        |
|---------------------|-----------|--------------------|
| Gasto de diseño     | 3.75      | L/s                |
| Volumen útil        | 562.5     | L                  |
| Presión mínima      | 2.2       | kg/cm <sup>2</sup> |
| Presión máxima      | 3.6       | kg/cm <sup>2</sup> |
| Presión atmosférica | 0.775     | kg/cm <sup>2</sup> |
| Volumen útil        | 28.8000   | %                  |
| Volumen total       | 1953.1250 | L                  |
| Equipo de presión   | 2006.2673 | Horizontal         |

---

---

### *3.3 Obtención de presiones en puntos específicos a lo alto de la edificación*

Se obtendrán las presiones en puntos donde comienza la derivación de la columna de distribución a los ramales para suministrar de agua a los muebles sanitarios, el nivel 01 y 06, esto para la zona de presión 1, la presión del nivel 07 y 16 para la zona de presión 2, tomando de referencia un punto conocido para hacer uso de la ecuación de Bernoulli, considerando las pérdidas por fricción y accesorios.

- Presión en nivel 01

Para obtener la presión en el nivel 01 (B) se plantea la ecuación de la energía desde la salida del equipo de presión independiente (A) hacia el nodo de derivación de la columna al nivel 01, el plano horizontal de comparación se propone colocarlo a la altura de la salida del tanque de presión independiente.

Datos:

- $Q_A = Q_B = 0.00375 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Z_A = 0 \text{ m}$
- $\frac{P_A}{\rho g} = 36 \text{ m.c.a.}$
- $d_A = 0.051 \text{ m}, d_B = 0.051 \text{ m}$
- $Z_B = 3.12 \text{ m}$
- $\sum_A^B H_{f,l} = 0.4654 \text{ m}$

Solución:

Ecuación de Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + \sum_A^B H_{f,l}$$

Despejando la carga de presión en B

$$\frac{P_B}{\rho g} = Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - Z_B - \frac{v_B^2}{2g} - \sum_A^B H_{f,l}$$

Cálculo de la velocidad

Con base en la ecuación de continuidad se puede calcular la velocidad en el punto A y el punto B, despejando de esta ecuación la velocidad.

Ecuación de continuidad:

$$Q = VA$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_A = \frac{0.00375 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi * (0.051 \text{ m})^2}{4}} = 1.83 \text{ m/s}$$

$$V_B = \frac{0.00375 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi * (0.051 \text{ m})^2}{4}} = 1.83 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{1.83 \text{ m/s}^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.0932 \text{ m}$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{1.83 \text{ m/s}^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.0932 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$\frac{P_B}{\rho g} = 0 \text{ m} + 36 \text{ m} + 0.0932 \text{ m} - 3.12 \text{ m} - 0.0932 \text{ m} - 0.4654 \text{ m} = 32.41 \text{ mca}$$

- Presión en nivel 06

Para obtener la presión en el nivel 06 (B) se plantea la ecuación de la energía desde la salida del equipo de presión independiente (A) hacia el nodo de derivación de la columna al nivel 06, el plano horizontal de comparación se propone colocarlo a la altura de la salida del tanque de presión independiente.

Datos:

- $Q_A = 0.00375 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_B = 0.0012 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Z_A = 0 \text{ m}$
- $\frac{P_A}{\rho g} = 36 \text{ m.c.a.}$
- $d_A = 0.051 \text{ m}$ ,  $d_B = 0.032 \text{ m}$
- $Z_B = 15.12 \text{ m}$
- $\sum_A^B H_{f,l} = 1.3721 \text{ m}$

Solución:

Ecuación de Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + \sum_A^B H_{f,l}$$

Despejando la carga de presión en B

$$\frac{P_B}{\rho g} = Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - Z_B - \frac{v_B^2}{2g} - \sum_A^B H_{f,l}$$

Cálculo de la velocidad

Con base en la ecuación de continuidad se puede calcular la velocidad en el punto A y el punto B, despejando de esta ecuación la velocidad.

Ecuación de continuidad:

---

---

$$Q = VA$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_A = \frac{0.00375m^3/s}{\frac{\pi * (0.051m)^2}{4}} = 1.83m/s$$

$$V_B = \frac{0.0012m^3/s}{\frac{\pi * (0.032m)^2}{4}} = 1.41m/s$$

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{1.83m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.0932 m$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{1.41m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.0718 m$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$\frac{P_B}{\rho g} = 0m + 36m + 0.0932m - 15.12m - 0.0718m - 1.3721m = 19.52 mca$$



- Presión en nivel 16

Para obtener la presión en el nivel 16 (B) se plantea la ecuación de la energía desde el espejo de agua del depósito elevado, suponiendo que se encuentra lleno (A) hacia el nodo de derivación de la columna al nivel 16, el plano horizontal de comparación se propone colocarlo a la altura del espejo de agua.

Datos:

- $Q_A = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_B = 0.0051 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Z_A = 0 \text{ m}$
- $\frac{P_A}{\rho g} = 0 \text{ m.c.a.}$
- $d_A = 0.064 \text{ m}, d_B = 0.064 \text{ m}$
- $Z_B = -5.90 \text{ m}$
- $\sum_A^B H_{f,l} = 0.3549 \text{ m}$

Solución:

Ecuación de Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + \sum_A^B H_{f,l}$$

Despejando la carga de presión en B

$$\frac{P_B}{\rho g} = Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - Z_B - \frac{v_B^2}{2g} - \sum_A^B H_{f,l}$$

Cálculo de la velocidad

Con base en la ecuación de continuidad se puede calcular la velocidad en el punto A y el punto B, despejando de esta ecuación la velocidad.

Ecuación de continuidad:

---

---

$$Q = VA$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_A = \frac{0.00m^3/s}{\frac{\pi * (0.064m)^2}{4}} = 0m/s$$

$$V_B = \frac{0.0051m^3/s}{\frac{\pi * (0.064m)^2}{4}} = 1.60m/s$$

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{0m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.00 m$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{1.60m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.0815 m$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$\frac{P_B}{\rho g} = 0m + 0m + 0.0m - (-5.90m) - 0.0815m - 0.3549m = 5.46 mca$$

- Presión en nivel 07

Para obtener la presión en el nivel 07 (B) se plantea la ecuación de la energía desde el espejo de agua del depósito elevado, suponiendo que se encuentra lleno (A) hacia el nodo de derivación de la columna al nivel 07, el plano horizontal de comparación se propone colocarlo a la altura del espejo de agua.

Datos:

- $Q_A = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_B = 0.0012 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Z_A = 0 \text{ m}$
- $\frac{P_A}{\rho g} = 0 \text{ m.c.a.}$
- $d_A = 0.064 \text{ m}$ ,  $d_B = 0.032 \text{ m}$
- $Z_B = -27.5 \text{ m}$
- $\sum_A^B H_{f,l} = 2.0018 \text{ m}$

Solución:

Ecuación de Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + \sum_A^B H_{f,l}$$

Despejando la carga de presión en B

$$\frac{P_B}{\rho g} = Z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - Z_B - \frac{v_B^2}{2g} - \sum_A^B H_{f,l}$$

Cálculo de la velocidad

Con base en la ecuación de continuidad se puede calcular la velocidad en el punto A y el punto B, despejando de esta ecuación la velocidad.

Ecuación de continuidad:

---

---

$$Q = VA$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_A = \frac{0.00m^3/s}{\frac{\pi * (0.064m)^2}{4}} = 0m/s$$

$$V_B = \frac{0.0012m^3/s}{\frac{\pi * (0.032m)^2}{4}} = 1.41m/s$$

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{0m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.00 m$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{1.41m/s^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.0718 m$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$\frac{P_B}{\rho g} = 0m + 0m + 0.0m - (-27.5m) - 0.0718m - 2.0018m = 25.43 mca$$

---

---

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

### *4.1 Presiones obtenidas por zonas*

Con base en los cálculos realizados y obtenidos los gastos y dimensiones de las tuberías desde el nodo de distribución por nivel y el punto más cercano al punto de abastecimiento de cada zona de presión, se realizará el análisis correspondiente para delimitar las presiones en los extremos de cada zona, asimismo se verá si es aceptable la alternativa de sistema de suministro que se eligió.

Resumen de presiones obtenidas por nivel

**Tabla 9 Valores de presión obtenidos.  
Valor**

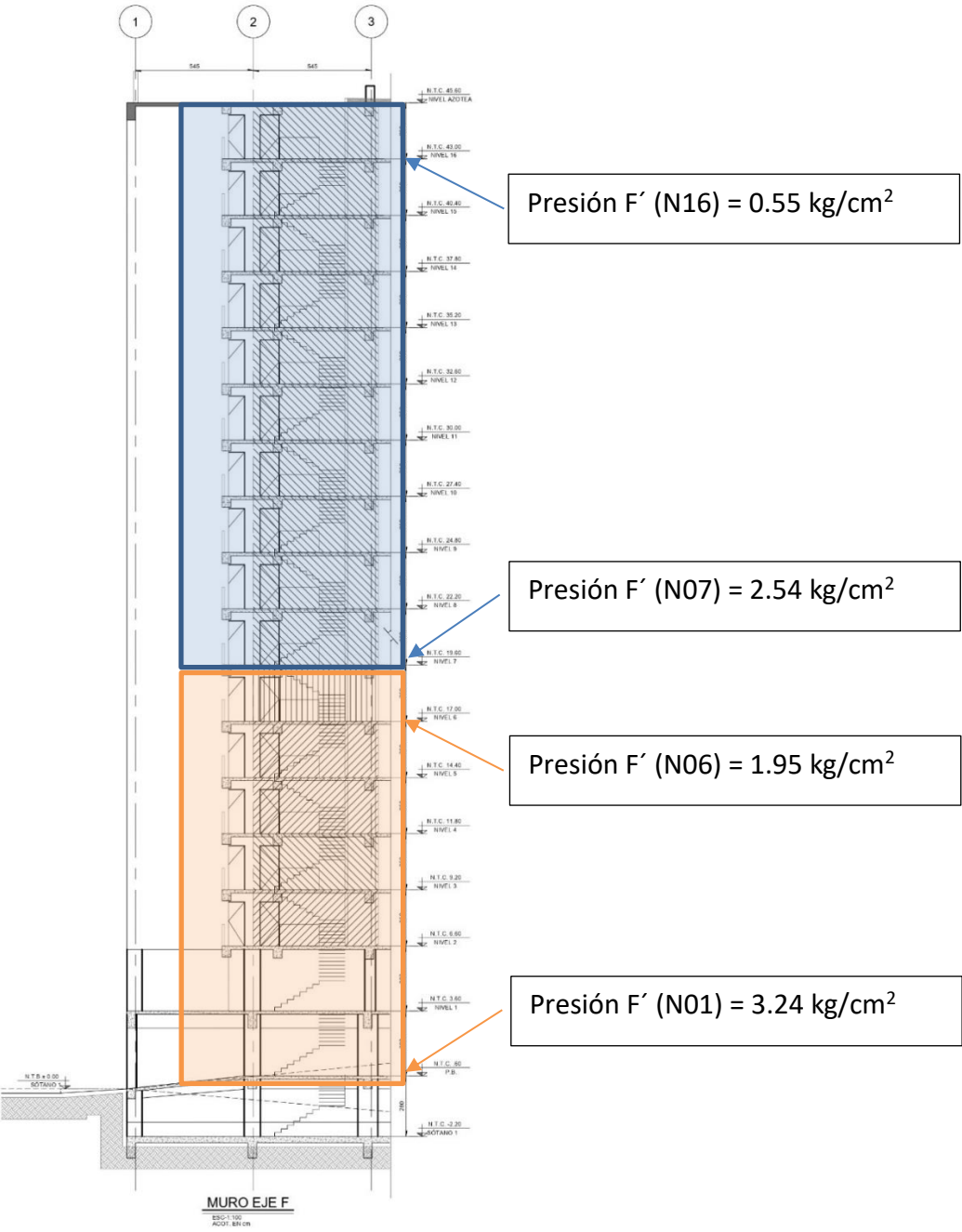
| <b>Nivel</b> | <b>(m.c.a)</b> | <b>kg/cm<sup>2</sup></b> |
|--------------|----------------|--------------------------|
| <b>1</b>     | 32.41          | 3.241                    |
| <b>6</b>     | 19.52          | 1.952                    |
| <b>7</b>     | 25.43          | 2.543                    |
| <b>16</b>    | 5.46           | 0.546                    |

La zona de presión 1 está delimitada en los nodos de la columna N 01 y N 06, con los valores de presión correspondientes a (3.24- 1.95 kg/cm<sup>2</sup>).

La zona de presión 2 está delimitada en los nodos de la columna N 07 y N 16, con los valores de presión correspondientes a (2.54- 0.55 kg/cm<sup>2</sup>).

Con base en las presiones que se manejan dependiendo del uso de la edificación y su rango correspondiente se observa que la zona de presión 2 está afuera por 0.5 kg/cm<sup>2</sup>, esto porque el deposito elevado no tenga la suficiente altura para lograr que el valor de carga de presión este punto, por otra parte cabe recordar que los aparatos sanitarios tienen una carga mínima de operación, así como una carga máxima, por lo que se tendría que revisar a detalle que carga mínima requiere el aparato sanitario, en este caso es la regadera, esta requiere por lo menos 0.3 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que cumpliría, es un problema común, en el primer nivel en el sistema a gravedad.

Por otra parte ninguna de las dos zonas rebasa los 4.0 kg/cm<sup>2</sup>, que se contempla como límite superior, cumpliendo con una presión adecuada.



**Ilustración 14 Zonas de presiones finales.**

---

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *5.1 Conclusiones*

Con base en los cálculos realizados y la normatividad que se aplica a las instalaciones de suministro de agua para edificaciones se concluye que se debe tener una presión adecuada en las instalaciones hidráulicas, garantizando un buen funcionamiento de los muebles y aparatos sanitarios, prolongando su vida útil, economizando el consumo de agua, proporcionando al usuario un confort y seguridad de que los aparatos sanitarios que usen funcionaran de manera correcta y eficiente. Es por ello que se optó por un sistema mixto, una zona de presión a gravedad, y con la ayuda de un equipo de presión independiente para otra zona, tomando en cuenta los posibles resultados a los que se pudo haber llegado.

Dado que es un edificio que ya se encuentra construido y habitado se limitan las propuestas que se pudieron dar como alternativas, se eligió la alternativa que podría afectar menos el funcionamiento de éste, en dado caso de que se trate de un proyecto nuevo o las características de este dieran lugar a otra alternativa se analizarían para su posible estudio.

Las presiones de operación para los muebles sanitarios estarán definidas por los fabricantes, por lo que el contar con sus fichas técnicas es de suma importancia, en este ejercicio se trabajó con rangos establecidos por la normatividad aplicable. Tomando en cuenta la información técnica del mueble sanitario o aparato de consumo más desfavorable, Así el proyectista de instalaciones hidráulicas, conocerá los valores de presión máximos y mínimos que se deberán considerar en el diseño.

Cabe mencionar que los rangos de presión pueden variar dependiendo de la alternativa que se proponga como solución. Estar dentro de las presiones permisibles basta, pero cabe destacar que se busca un equilibrio y se tengan semejanzas en las zonas de presiones.

---

---

## *5.2 Recomendaciones*

Se recomienda conocer el proyecto arquitectónico con exactitud para conocer las trayectorias y espacios disponibles para las instalaciones de agua, considerando las demás instalaciones que pudiera tener el inmueble.

Saber con exactitud las áreas destinadas a depósitos, cisternas y cuartos de máquinas ya que si se hubiera elegido la primera alternativa que son los tanques intermedios se tendría que disponer de un área para la colocación de estos, ya que no se conocía con exactitud si existía un área que se pudiera aprovechar se optó por la segunda opción que fue un sistema mixto.

Las presiones máximas y mínimas se tendrán que consultar en catálogos de los muebles y aparatos sanitarios existentes en la edificación, o propuestos si se tratase de una edificación nueva o remodelación en su caso.

Tener zonas de presión es una forma eficiente de tener control en las instalaciones ya que en cualquier imprevisto se puede atacar el problema de manera eficiente y puntual, sin afectar a los demás usuarios.



---

## BIBLIOGRAFÍA

- César E. (1997). Instalaciones sanitarias para edificios Volumen2. Facultad de Ingeniería, UNAM, México: Facultad de Ingeniería.
- Comisión Nacional del Agua, Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (2015). **Datos Básicos.**
- Gilberto Sotelo Ávila (1994) Hidráulica General Vol. 1 Fundamentos, México, Editorial Limusa.
- Ingeniería de Fluidos, (2021). Válvula reductora de presión, disponible en: <https://www.ingenieriadefluidos.com/valvula-reductora-de-presion>, consulta en agosto de 2021.
- Notas de clase Instalaciones de Suministro y Evacuación de Agua para Edificaciones Prof.: M. I. José Luis Sánchez Galarza 2021-2
- NTCPA, 2011, Norma técnica complementaria para el proyecto arquitectónico.
- NTCDEOIH, 2004, Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas.