

# Análisis económico entre un centro de medición múltiple y un montante principal para gas natural calculados mediante ecuaciones lineales

## Economic analysis between a multiple measurement center and a main mount for natural gas calculated by linear equations

Carlos Mauricio Bedoya Montoya\*  
Edgar Adolfo Cano Restrepo\*\*

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.2.2880>

### RESUMEN

El presente artículo muestra un análisis comparativo de una red multifamiliar de gas natural para edificios en altura. Para tal efecto se toman como referencia un sistema de centro de medición múltiple (CMM) y otro de montante principal por buitrón (MPB). En ambos casos se trabajó con la misma potencia instalada y con igual material para las tuberías de distribución del hidrocarburo. Los resultados obtenidos permiten concluir que, para edificios con alturas mayores a cinco pisos de altura, el sistema de montante principal por buitrón (MPB) es más eficiente en costos y distribución del fluido, como quiera que hay un menor consumo de materiales y que la distancia recorrida es un factor importante en la presión de servicio a causa de la fricción en las paredes de las tuberías.

**Palabras clave:** redes de gas; análisis de costos; dimensionamiento de redes; ecuaciones lineales.

### ABSTRACT

This article shows a comparative analysis of a multi-family natural gas network for high-rise buildings. For this purpose, a system of multiple measurement center and another one of principal amount by *buitrón* are taken as reference. In both cases, the work was made with the same installed power and with the same material for hydrocarbon distribution pipes. The results obtained allow us to conclude that, for buildings with heights greater than five stories of height, the system of principal amount by *buitrón* is more efficient in costs and distribution of the fluid, as there is a lower consumption of materials and that the distance traveled is an important factor in the service pressure due to the friction in the walls of the pipes.

**Key words:** gas networks; cost analysis; networks dimensioning; linear equations.

Como citar este artículo:

Bedoya Montoya C, Cano Restrepo E. Análisis económico entre un centro de medición múltiple y un montante principal para gas natural calculados mediante ecuaciones lineales. *ingeniare* [Internet]. 6sep.2017 [citado diames.año];23(2). Available from: <http://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/2880>

\* Arquitecto Constructor, Especialista en Redes de Gas, Dr. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Calle 59ª N° 63-20, Bloque 24, of. 104; Medellín. [cmbedoya@unal.edu.co](mailto:cmbedoya@unal.edu.co)

\*\* Arquitecto Constructor, Especialista en Interventoría, Mg. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Calle 59ª N° 63-20, Bloque 24, of. 104; Medellín. [eacanores@unal.edu.co](mailto:eacanores@unal.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia se dio hacia finales de la década de los ochenta el programa gubernamental de Masificación del Gas, con el cual se pretendió disminuir el excesivo consumo de energía eléctrica para procesos industriales, comerciales y residenciales [1]. Pero fue en la década de los noventa cuando se cristalizó dicho proyecto a nivel nacional, generando un sistema interconectado de distribución de gas natural por red que parte desde La Guajira, en el yacimiento de Ballenas, y recorre la Costa Atlántica, Antioquia, el Eje Cafetero y el Valle del Cauca; conectándose con redes existentes que desde la región oriental del país ya surtían a ciudades como Bogotá y Bucaramanga, y en el sur a otras como Neiva [2].

En Medellín la consolidación de la construcción de redes de gas para edificaciones se oficializó en 1991 mediante el decreto municipal 1842 [3], que declaró la obligatoriedad de diseñar e instalar las redes de gas en todo tipo de construcción nueva a partir de la fecha. Eso hizo que, en 1999, cuando el gasoducto llegó al área metropolitana del valle de Aburrá, beneficiando a diez ciudades –desde Barbosa en el norte, pasando por Medellín en el centro, hasta el municipio de Caldas en el sur–, no fuera traumático el proceso de dar servicio al sistema para las edificaciones construidas a partir de 1994, ya que era sólo cuestión de una conexión a la red pública. Pero, a medida que la masificación del gas natural por red ganaba espacio en esta región metropolitana, las viviendas construidas antes del decreto de obligatoriedad debieron experimentar adaptaciones para procurarse este tipo de combustible, tales como ventilaciones permanentes [4], evacuaciones de productos resultantes de la combustión y el trazado e instalación de tuberías en su mayoría expuestas.

Este último aspecto es el que aborda este artículo, dado que en construcciones nuevas es normal que se cuente con conductos para la conducción de tuberías, denominados buitrones, pero en edificios ya consolidados este asunto es más complejo, haciendo que el sistema empleado para el diseño y ejecución de redes de gas sea el de Centro de Medición Múltiple (CMM); por el contrario, en edificios nuevos el sistema de Montante Principal por Buitrón (MPB) es pertinente dado que minimiza el consumo de materiales por tuberías instaladas y disminuye las pérdidas por fricción del fluido [5]. Este último sistema comienza a ser más eficiente a medida que crece la altura en pisos de la edificación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Especificaciones y características del gas

Para efectos del análisis se tomaron como referentes dos tipos de edificaciones: una de cinco pisos (E-5P) y otra de 22 pisos de altura (E-22P). En ambos casos se trabajó con los siguientes materiales y características [6]:

- Material de las tuberías: acero al carbono Schedule 40;
- Tipo de unión: roscada tipo NPT;

- Tipo de gas: natural, con un poder calorífico superior de 10,35 kW-h/m<sup>3</sup> y una gravedad específica de 0,6 [7].

En cuanto al método empleado para el dimensionamiento o cálculo de los diámetros de las tuberías se trabajó con ecuaciones lineales [8]: de Müeller para el caso del montante principal con medias presiones de servicio, y de Pole para el caso de las redes internas con bajas presiones de servicio [9]. En el caso de las redes internas se tuvo en cuenta una caída máxima de la presión de 5 mbar; para el montante principal se tuvo en cuenta una diferencia entre la presión máxima y mínima de 140 mbar o de 0,140 bar [10].

Ecuación lineal de Pole

$$H = \left[ \frac{Q \cdot (G \cdot L)^{0,5}}{3,04 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2,5}} \right]^2$$

H: caída máxima de presión (mbar);

Q: caudal (m<sup>3</sup>/h);

G: gravedad específica del gas natural (0,6);

L: longitud total del tramo (m);

D: diámetro interno de la tubería (mm).

Ecuación lineal de Müeller

$$P_2 = \sqrt{(P_1)^2 - L \cdot \left[ \frac{G^{0,425} \cdot Q}{0,13 \cdot D^{2,725}} \right]^{0,575}}$$

P<sub>1</sub>: presión absoluta de alimentación (bar);

P<sub>2</sub>: presión absoluta de entrega (bar);

Q: caudal (m<sup>3</sup>/h);

G: gravedad específica del gas natural (0,6);

L: longitud total del tramo (m);

D: diámetro interno de la tubería (mm).

## 2.2. Análisis de costos

Para el análisis comparativo de costos se empleó el método de análisis de precios unitarios (APU), de amplio uso en el sector de la construcción para edificaciones tanto del tipo residencial como industrial y comercial, así como también en el costeo de obras de poca y elevada altura para el contexto colombiano [11].

### 2.3. Potencia instalada y cantidades de obra

El edificio E-5P tiene 5 pisos de altura, con cuatro apartamentos por piso y una potencia instalada en cada apartamento de 25 kW (Tabla 1). El edificio E-22P consta de 22 pisos de altura y cuatro apartamentos por piso; se tuvo en cuenta la misma potencia instalada por usuario que en el E-5P (Tabla 1).

**Tabla 1. Potencia instalada por cada usuario en ambos proyectos.**

Gasodoméstico	Potencia (kW)
Cocina o cubierta	8
Horno	4
Calentador de paso (6 L/min)	13
Total	25

Fuente: elaboración de los autores.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Cantidades de obra y especificaciones para E-5P

Una vez trazadas las redes en ambos proyectos y empleando tanto el sistema de distribución de CMM como el de MPB, se obtuvieron las siguientes cantidades de tubería (Tabla 2, 3, y 4), cuyos diámetros se muestran en la tabla 5.

**Tabla 2. Cantidades E-5P.**

E-5P CMM	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida Polietileno PE-2406 (m)
Piso 1	9,25	9,00
Piso 2	12,30	
Piso 3	15,60	
Piso 4	18,90	
Piso 5	22,20	
Total	78,25	9,00

Fuente: elaboración de los autores.

El total de las cantidades se multiplica por cuatro en el caso de las redes internas –ya que este es el número de apartamentos por cada piso– y en el caso de la acometida por dos, ya que se tuvo en cuenta la disposición de dos centros de medición de diez medidores cada uno, por efectos de economía. Quedando las cantidades totales así:

**Tabla 3. Resumen cantidades E-5P.**

E-5P CMM	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida Polietileno PE-2406 (m)
Total	313,00	18,00

Fuente: elaboración de los autores.

En el caso del MPB, como se trata de una red interna típica para todos los pisos, promediada para cada uno de los apartamentos, se multiplica la longitud de la red por el número de usuarios que es de 20. La acometida en polietileno y el montante principal son comunes a todas las instalaciones.

**Tabla 4. Cantidades E-5P por MPB.**

E-5P MPB	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida Polietileno PE-2406 (m)	Montante principal A.C. Sch. 40 (m)
Red típica	17,00	7,00	18,45
Total	340,00	7,00	18,45

Fuente: elaboración de los autores.

### 3.2. Cálculo de pérdidas de presión y velocidad para E-5P

Una vez obtenidas las cantidades totales de longitud de tuberías, se procede a hacer el dimensionamiento o cálculo de los diámetros, aplicando Müller para la acometida y el montante principal, y Pole para las redes internas. En el caso del sistema de CMM se muestran los diámetros correspondientes a la red de mayor longitud o más crítica; en el caso del sistema de MPB se expone el diámetro de la red típica. Los resultados se muestran en la siguiente tabla resumen.

**Tabla 5. Dimensiones de tuberías.**

Edificio	Diámetros de las tuberías (mm)		
	Acometida Polietileno PE-2406	Montante principal A.C. Sch. 40	Red interna A.C. Sch. 40
E-5P (CMM)	15,40	NA	15,80
E-5P (MPB)	15,40	20,93	15,80

Fuente: elaboración de los autores.

La máxima caída de presión acumulada (H) para la red interna más crítica del sistema de CMM fue de 2,474 mbar; mientras que para el caso del sistema de MPB fue de 1,665 mbar. En ambos casos este valor estuvo por debajo del máximo permitido que es de 5 mbar, pudiendo emplear la tubería con el menor diámetro permitido para instalaciones internas con gas natural [7].

En el caso de la acometida en polietileno PE-2406 [12], al tener el mismo caudal para ambos edificios se obtuvo el mismo diámetro de la tubería, presentando en el caso del sistema de CMM una diferencia

de presión de 45 mbar (0,045 bar), y en el MPB de 35 mbar (0,035 bar), muy por debajo de la máxima permitida que es de 370 mbar (0,370 bar). Las velocidades fueron de 20,93 m/s en ambos casos, siendo la máxima velocidad permitida 30 m/s .

El montante principal para el caso del E-5P con sistema de MPB presentó una diferencia de presión de 50 mbar (0,050 bar), siendo la máxima permitida de 140 mbar (0,140 bar); mientras que su velocidad fue de 20,96 m/s, siendo la máxima velocidad permitida 30 m/s.

### 3.3. Cantidades de obra y especificaciones para E-22P

Para este caso se debe tener en cuenta que sólo cambian las longitudes de las redes internas en el sistema de CMM y del montante principal en el de MPB, ya que las de las acometidas permanecen constantes (Tabla 6).

**Tabla 6. Cantidades de E-22P.**

E-22P CMM	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida PE-2406 (m)
Piso 1	9,25	9,00
Piso 2	12,30	
Piso 3	15,60	
Piso 4	18,90	
Piso 5	22,20	
Piso 6	25,55	
Piso 7	28,90	
Piso 8	32,25	
Piso 9	35,60	
Piso 10	38,95	
Piso 11	42,30	
Piso 12	45,65	
Piso 13	49,00	
Piso 14	52,35	
Piso 15	55,70	
Piso 16	59,05	
Piso 17	62,40	
Piso 18	65,75	
Piso 19	69,10	
Piso 20	72,45	
Piso 21	75,80	
Piso 22	79,15	
Total	968,20	9,00

Fuente: elaboración de los autores.

La cantidad total de tubería para las redes internas se multiplica por cuatro, que es el número de apartamentos por cada piso, y la longitud de la acometida se multiplica por dos para la conexión a dos centros múltiples de 44 medidores cada uno (Tabla 7).

**Tabla 7. Resumen cantidades de E-22P.**

E-22P CMM	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida Poliétileno PE-2406 (m)
Total	3 872,80	18,00

Fuente: elaboración de los autores.

En el caso del sistema de MPB se mantiene la longitud de la red típica y se multiplica por 4 usuarios/piso y por 22 pisos/edificio. La acometida mantiene idéntica longitud y el montante principal aumenta en su recorrido (Tabla 8).

**Tabla 8. Resumen E-22P por MPB.**

E-22P MPB	Red interna A.C. Sch. 40 (m)	Acometida Poliétileno PE-2406 (m)	Montante principal A.C. Sch. 40 (m)
Red típica	17,00	7,00	66,90
Total	1 496,00	7,00	66,90

Fuente: elaboración de los autores.

### 3.4. Cálculo de pérdidas de presión y velocidad para E-22P

Obtenidas las cantidades totales de tuberías, se procede al dimensionamiento de los diámetros, aplicando Müeller para la acometida y el montante principal, y Pole para las redes internas. En el caso del sistema de CMM se muestran los diámetros correspondientes a las redes de los pisos 5, 10 y 22, siendo esta última la más crítica; en el caso del sistema de MPB se expone el diámetro de la red típica. Los resultados se muestran en la siguiente tabla resumen (Tabla 9).

**Tabla 9. Dimensiones de las tuberías.**

Edificio	Diámetros de las tuberías (mm)		
	Acometida Poliétileno PE-2406	Montante principal A.C. Sch. 40	Red interna A.C. Sch. 40
E-22P (CMM)	20,40	NA	15,80 (Piso 5°)
			20,93 (Piso 10°)
			20,93 (Piso 22°)
E-22P (MPB)	26,20	35,05	15,80

Fuente: elaboración de los autores.

La máxima caída de presión acumulada (H) para la red interna del piso 5° del sistema de CMM fue de 2,474 mbar, con un diámetro en todos sus tramos de 15,80 mm; en los pisos 10° y 22° se hizo necesario aumentar el diámetro del primer tramo –que va desde el centro de medición hasta la derivación ubicada en la entrada a los apartamentos– a 20,93 mm, ya que con el diámetro de 15,80 mm la caída acumulada superaba los 5 mbar. En el caso del sistema de MPB se mantuvo en 1,665 mbar. Este valor estuvo por debajo del máximo que es de 5 mbar, pudiendo emplear la tubería con el menor diámetro permitido para instalaciones internas con gas natural [7].

En el caso de la acometida en polietileno PE-2406 [12], para el E-22P con CMM se obtuvo un diámetro de 20,40 mm debido a que el aumento del caudal hizo necesario derivar dos acometidas del anillo principal de distribución para cada centro de medición múltiple. En cambio, en el caso del MPB sólo se necesitó de una derivación o acometida, ya que ésta llega a un centro de regulación de primera etapa, por lo que el diámetro fue mayor al del CMM. En ambos casos las pérdidas de presión estuvieron en el rango permitido por las normas técnicas y las velocidades no superaron los 30 m/s, siendo de 19,56 m/s en el CMM y de 23,72 m/s en el MPB.

El montante principal para el caso del E-22P con sistema de MPB presentó una diferencia de presión de 2 mbar (0,002 bar), siendo la máxima permitida de 140 mbar (0,140 bar); mientras que su velocidad fue de 24,52 m/s, siendo la máxima velocidad permitida 30 m/s [13].

### 3.5. Comparación de costos mediante análisis de precios unitarios (APU)

Se tendrá en cuenta que los dos sistemas tienen la misma cantidad de medidores y reguladores, ya que estos equipos se instalan por cada usuario; la diferencia principal radica en que en el caso del sistema de MPB hay un regulador general que controla la presión para todas las instalaciones de la edificación. Así mismo los gabinetes para el sistema de CMM son dos que se instalan en el primer nivel del proyecto, mientras que en el MPB éstos se instalan en cada piso (cuatro medidores) aprovechando el buitrón para la conducción del montante principal.

Según las cantidades de tuberías con sus respectivos diámetros, accesorios y costos de la mano de obra se elaboraron los APU cuyos resultados se muestran, en resumen, en la tabla 10.

**Tabla 10-A. Resumen de APU para E-5P por CMM.**

Red CMM E-5P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
Materiales			308	24 485,25	<b>\$7 541 457</b>
Tubería A.C. Sch. 40 de ½"	m	1,0	-	6 250	6 250
Codo A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,6	-	1 260	756
Tee A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,1	-	1 480	148
Válvulas CR ½"	Und	0,1	-	10 800	1 080
Tapón roscado de ½"	Und	0,02	-	700	14



Red CMM E-5P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
Sellante fuerza media	Und	0,02	-	8 000	160
Sellante fuerza alta	Und	0,02	-	8 000	160
Niple de 5 cm	Und	0,02	-	700	14
Pintura amarillo ocre	Galón	0,03	-	55 000	1 650
Disolvente	Galón	0,05	-	15 000	750
				Subtotal	10 982

Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 10-B. Resumen de APU para E-5P por MPB.**

Red MPB E-5P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
<b>Materiales</b>			340	21 853,4	7 430 149
Tubería A.C. Sch. 40 de ½"	M	1	-	6 250	
Codo A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,7	-	1 260	
Tee A.C. Shc. 40 de ½"	Und	0,096	-	1 480	
Válvulas CR de ½"	Und	0,048	-	10 800	
Tapón roscado de ½"	Und	0,009	-	700	
Sellante fuerza media	Und	0,009	-	8 000	
Sellante fuerza alta	Und	0,009	-	8 000	
Niple de 5 cm	Und	0,009	-	700	
Pintura amarillo ocre	Galón	0,009	-	55 000	
Tubería A.C. Sch. 40 de ¾"	m	0,062	-	8 100	
Codo A.C. Sch. 40 de ¾"	Und	0,03	-	1 720	
Tee A.C. Shc. 40 de ¾"	Und	0,03	-	2 240	
Válvulas CR de ¾"	Und	0,03	-	10 800	
Transitoma y regulador de 1ª etapa	Und	0,003	-	150 000	
Fijaciones mecánicas	Und	0,024	-	3 500	
Disolvente	Galón	0,02	-	15 000	
				Subtotal	

Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 10-C. Resumen de APU para E-22P por CMM.**

Red CMM E-22P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
<b>Materiales</b>			3 402	15 561	<b>52 938 522</b>
Tubería A.C. Sch. 40 de ½"	m	0,22	-	6 250	1 375
Codo A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,02	-	1 260	25,2
Tee A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,02	-	1 480	29,6
Válvulas CR ½"	Und	0,03	-	10 800	324

Red CMM E-22P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
Tapón roscado de ½"	Und	0,02	-	700	14
Sellante fuerza media	Und	0,01	-	8 000	80
Sellante fuerza alta	Und	0,01	-	8 000	80
Niple de 5 cm	Und	0,01	-	700	7
Tubería A.C. Sch. 40 de ¾"	m	0,75	-	8 100	6 075
Unión A.C. Sch. 40 de ¾"	Und	1,00	-	450	450
Pintura amarillo ocre	Galón	0,009 2	-	55 000	506
Disolvente	Galón	0,01	-	15 000	150
				Subtotal	9 115,8

Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 10-D. Resumen de APU para E-22P por MPB.**

Red MPB E-22P	Und	Cant	Cant. Total	Vr. Unit (\$)	Total (\$)
Materiales			1 496	21 490,9	32 150 426
Tubería A.C. Sch. 40 de ½"	m	1	-	6 250	6 250
Codo A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,9	-	1 260	1 134
Tee A.C. Sch. 40 de ½"	Und	0,095	-	1 480	140,6
Válvulas CR de ½"	Und	0,04	-	10 800	432
Tapón roscado de ½"	Und	0,01	-	700	7
Sellante fuerza media	Und	0,01	-	8 000	80
Sellante fuerza alta	Und	0,01	-	8 000	80
Niple de 5 cm	Und	0,01	-	700	7
Pintura amarillo ocre	Galón	0,01	-	55 000	550,0
Tubería A.C. Sch. 40 de ¾"	m	0,017	-	8 100	135,4
Codo A.C. Sch. 40 de ¾"	Und	0,1	-	1 720	172,0
Tee A.C. Sch. 40 de ¾"	Und	0,1	-	2 240	224,0
Tubería A.C. Sch. 40 de 1"	m	0,1	-	10 500	1 050,0
Tee A.C. Sch. 40 de 1"	Und	0,009 5	-	2 240	21,3
Válvulas CR de ¾"	Und	0,04	-	10 800	432,0
Transitoma y regulador de 1ª etapa	Und	0,001	-	520 000	364,0
Fijaciones mecánicas	Und	0,045	-	3 500	157,5
Disolvente	Galón	0,02	-	15 000	300
				Subtotal	11 537

Fuente: elaboración de los autores.

### 3.6. Discusión

Como se puede observar, los costos de ambos sistemas de instalación si bien difieren un poco en el edificio de cinco pisos de altura, 1,47 % a favor del MPB, presentan una diferencia notoria a medida que se aumenta la altura, por ejemplo, en el edificio de 22 pisos, la diferencia, a favor del MPB es de 39,26 %; es decir, que este sistema presenta un costo del 60,74 % con respecto al CMM.

El ahorro de material, al disponer de menos tubería empleando el sistema de MPB, contribuye a disminuir las cargas muertas o peso propio del edificio; también permite la ejecución de instalaciones más típicas con menos recorridos, por lo tanto, las posibilidades de cruces con otras instalaciones se minimizan y con ello disminuyen los riesgos de afectar la ruta crítica del proyecto, beneficiando la programación de obra.

## 4. CONCLUSIONES

El diseño de las instalaciones de gas mediante el sistema MPB permite tipificar las redes internas, y, al contar con una sola tubería que distribuye el gas a toda la edificación, se minimizan el trazado y montaje de tuberías expuestas por fachada.

El menor uso de tuberías en el sistema MPB rebaja los costos cuando los edificios superan los cinco pisos de altura, ya que la construcción de un buitrón exclusivo para la red de gas permite optimizar el recorrido de la tubería principal o abastecedora, y reducir los recorridos de las instalaciones internas, de ahí que a medida que se gana en altura se hace más evidente el ahorro en materiales y dinero.

El sistema de CMM es pertinente en edificaciones que fueron construidas antes de la entrada en vigencia de la normatividad de las redes de gas, por lo que es fácilmente adaptable a la arquitectura existente, sin embargo, demandan recorridos importantes de tuberías desde el primer piso o nivel de la edificación. También es pertinente en edificaciones nuevas de hasta cinco pisos de altura, ya que no requiere de un buitrón exclusivo para la conducción de las tuberías de gas, lo que es una ventaja al momento de evaluar las áreas vendibles de un proyecto.

La diferencia de costos entre el MPB y el CMM es aún más relevante si se tiene en cuenta que en la actualidad en el contexto colombiano los proyectos habitacionales constan de varias torres de entre 15 y 25 pisos de altura [14], lo que multiplica el ahorro no sólo en el aspecto económico, sino también en el consumo de recursos y accesorios necesarios para las instalaciones [15] [16].

## REFERENCIAS

- [1] Kosulj, R., *La industria del gas natural en América del Sur: situación y posibilidades de la integración de mercados*. Ed. CEPAL, Santiago de Chile, 2004, 79 p.
- [2] Guerrero, F.; Llano, F. "Gas natural en Colombia", *Rev. Estudios Gerenciales*, vol. 19, núm. 87, pp. 115-146, 2003. Available from <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232003000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232003000200006&lng=en&nrm=iso)>. access on 27 Apr. 2017.

- [3] Decreto 1842 de 1991. Declaración de obligatoriedad de redes de gas para construcciones nuevas, Medellín, 1991.
- [4] ICONTEC, *Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial*. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2003.
- [5] P. Narváez y H. Galeano, "Ecuación de costos y función objetivo para la optimización del diseño de redes de flujo de líquidos a presión". *Rev. Ingeniería e Investigación*, núm. 49, pp. 23-29, 2002.
- [6] R. Pérez, *Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*. Ed. Ecoe Ediciones, Bogotá, 2010, 546 p.
- [7] EPM. *Guía diseño de redes de gas*. Editada por Empresas Públicas de Medellín, 2017.
- [8] P. Narváez. "Solución de redes de flujo para gases usando el modelo de balance de nodos y el método de linealización de ecuaciones". *Rev. Ingeniería e Investigación*, núm. 44, pp. 56-62, 1999.
- [9] C. Bedoya y J. González. *Guía didáctica para el dimensionamiento de redes a gas*. Ed. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2001, 122 p.
- [10] ICONTEC. *Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles*. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2007.
- [11] H. Forero. *Presupuesto: Su control en un proyecto arquitectónico*. Ecoe Ediciones, Bogotá, 2011, 167 p.
- [12] ICONTEC. *Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión*. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2008.
- [13] C. Sánchez, O. Palacio y M. Álvarez. "Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Jaime Isaza Cadavid". *Rev. Politécnica*, núm. 3, pp. 27-40, 2006.
- [14] M. Mejía. "Habitabilidad en la vivienda social en edificios para población reasentada. El caso de Medellín, Colombia". *Rev. EURE*, vol. 38, núm. 114, pp. 203-227, 2012.
- [15] D. Rincón, S. Rojas y A. Montoya. "Medición de orientación al mercado en las empresas de distribución de gas natural en Colombia". *Rev. DYNA*, núm. 181, pp. 61-70, 2013.
- [16] G. Mejía. "Análisis de presupuestos a través de metodologías de análisis de requerimientos para sistemas de información". *Rev. GTI*, [S.I.], v. 6, n. 15, p. 34-42, dic. 2010. ISSN 2027-8330. Disponible en: <<http://vie.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/1263>>. Fecha de acceso: 07 mayo 2017.