

**“MODELO DE SIMULACIÓN DE LÍNEAS DE
CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DEL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO”**

TESIS



Presentado por:

Bach. Juan Rey, PRUDENCIO ARENAS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

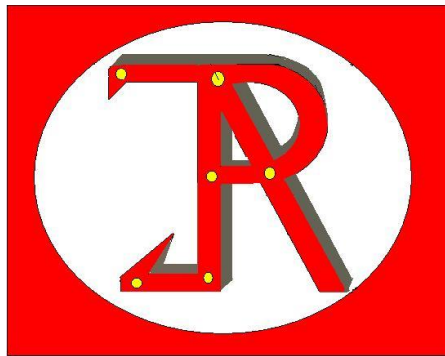
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Cerro de Pasco - Perú

2015

Asesor: Ing. Luis Villar, Requis Carbajal



Juan R. PRUDENCIO ARENAS
(UNDAC – 2015)

Dedico:

A mis padres y familiares, por su constante apoyo.
También a mis amigos. Lo importante, este trabajo va
dedica a todos los pobladores de la ciudad de Cerro de
Pasco que sufren todos los días, la carencia del agua
potable. Esperemos que pronto se solucione mis
queridos pobladores Cerreños, es mi deseo de todo
corazón.

RESUMEN

En la actualidad la ciudad de Cerro de Pasco, capital de la región Pasco, sufre de un fuerte desabastecimiento de agua potable, la dotación se realiza en promedio tres días a la semana, con un periodo de duración de 1 a 3 horas por día de servicio. Así mismo la fuente de captación que se tiene es un canal abierto que fue construida por la minera, para uso propiamente minera, lo que indica que la calidad de agua que consume la ciudad es pésima.

La presente tesis surge de la necesidad de dar solución al desabastecimiento de agua potable que sufre la ciudad por más de 100 años, como parte de la contribución social que debe hacer la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC). Ofrecemos nuestro proyecto a la ciudad para así hacer un pequeño aporte (alternativa de solución) al problema emblemático de la ciudad que es el agua potable.

La finalidad de la tesis, como la ciudad de Cerro de Pasco, se encuentra ubicado a 4380 m.s.n.m., es que pueda ser abastecida las 24 horas del día con agua potable, para ello proponemos un diseño de línea de conducción por gravedad con tuberías a presión, que tiene una longitud superior a los 34 kilómetros, el diseño consta desde la captación (laguna acucocha – 4490m.s.n.m.), hasta la planta de tratamiento de agua potable proyectado en el cerro uliachin (altitud 4450 ms.n.m.),

La tesis garantiza que el agua, de la captación llegue con una presión dinámica 4.29 metros de columna de agua, al cerro uliachin donde se proyecta la ubicación de la planta de tratamiento, para ello usamos la tubería “PVC O 500”, que nos garantice la menor pérdida de carga por fricción, además es más económico y no sufre corrosión (suelos con muchos minerales todo el trayecto), para un tramo pequeño de 8 kilómetros en promedio usaremos “Hierro Dúctil” por motivos de incremento de presión dinámica en dicho tramo.

Índice

INTRODUCCION	9
I. Planteamiento del problema	10
1.1. Determinación del problema	10
1.1.1. La dotación de agua potable.....	10
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivos Generales.....	11
1.3.2. Objetivos Específicos.....	11
1.4. Justificación del Problema	12
1.5. Importancia y Alcances de la Investigación.	12
1.5.1. Importancia.....	12
1.5.2. Alcances.....	13
1.6. Limitaciones.....	13
II. Marco teórico	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Ubicación.....	14
2.1.2. Del servicio de agua potable.....	15
2.1.3.- Área de influencia.....	16
2.1.4. Estudio hidrología de la fuente.....	19
2.1.5. Abastecimiento de agua potable.....	23
2.1.6. Tipo de tuberías.....	24
2.1.7. Antecedentes similares al proyecto.....	26
2.2. Bases Teórico – Científicos	33
2.2.1. Parámetros de diseño	33
2.2.2. Línea de conducción	42

2.2.3. Diseño de la línea de conducción (Por gravedad)	43
2.2.4. Diseño de la línea de Impulsión	57
2.3. Definición de términos	70
2.4.- Hipótesis: Genérico y específicos	72
2.4.1. Genérico	72
2.4.2. Específicos-	72
2.5. Identificación de las Variables	72
2.5.1. Variables Independiente.....	72
2.5.2. Variables Dependiente	72
III. Metodología	73
3.1. Tipo de Investigación	73
3.1.1. Enfoque de la investigación.	73
3.1.2. Alcance de la investigación.....	73
3.1.3. Según su hipótesis.....	73
3.2. Diseño de la Investigación	74
3.3. Población muestra.	75
3.4. Métodos de la investigación.....	76
3.4.1. Diseño cuasi experimental.	76
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	77
3.5.1. Datos secundarios (recolectados por otros investigadores)	77
3.5.2. Datos primarios	78
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	80
3.7. Tratamiento Estadístico de Datos.....	80
IV. Resultados y Discusión	81
4.1. Tratamiento Estadístico e interpretación de cuadros.....	81
4.1.1. Parámetros de diseño	81

4.1.2. Diseño de línea de conducción por gravedad.....	93
4.1.3. Diseño de línea de impulsión	103
4.2. Presentación de resultados, tablas gráficos, figuras, etc.....	106
4.2.1. Línea de conducción.	106
4.3. Discusión de Resultados	107
Conclusiones.....	111
Recomendaciones	114
Referencias bibliográficas	116
Anexos.....	117
Anexos: Normas usadas	117
Anexos: Especificaciones técnicas de la tubería PVC-O 500	118
Anexos: Especificaciones técnicas de la tubería Hierro Ductil	119
Anexo. Instrumentos de Investigación (matriz de consistencia)	120

Tablas

Tabla 1. Fuentes de abastecimiento de agua actual	16
Tabla 2. Área de influencia por distrito.....	17
Tabla 3. Valores del coeficiente rugosidad - manning.....	50
Tabla 4. Coeficiente de fricción – Hazen & Wiliams	51
Tabla 5. Valores de coeficiente K, de perdida de perdidas locales	52
Tabla 6. Coeficiente C, para tuberías	61
Tabla 7. Valores de K, de perdida locales	63
Tabla 8. Coeficiente C, según Mendiluce	67
Tabla 9. Coeficiente K, según Mendiluce	67
Tabla 10. Elección del método de golpe de ariete	68
Tabla 11. Diseño de series temporales	77
Tabla 12. Población del distrito de chaupimarca - inei 2007	81
Tabla 13. poblacion del distrito de yanacancha - inei 2007	82
Tabla 14. poblacion del distrito de Simon Bolivar- inei 2007.....	82
Tabla 15. Proyección de la población de Cerro de Pasco -INEI	83
Tabla 16. Estimación de la población futura - Chaupimarca	85
Tabla 17. Estimación de la población futura - Yanacancha	86
Tabla 18 . Estimación de la población futura – Simón Bolivar.....	88
Tabla 19. Estimación de la población futura – Cerro de Pasco	90
Tabla 20. Nodos de nuestro eje de línea de conducción.	99
Tabla 21. Tramos identificados en el eje de línea de conducción	100
Tabla 22. Coeficiente K de perdida de cargas locales	101
Tabla 23. Resultados de la velocidades.....	106
Tabla 24. Resultado de las presiones	106
Tabla 25. Presupuesto del expediente modificado.....	108

Tabla 26. Presupuesto del proyecto propuesto 109

Figuras

Figura 1. Imagen del mapa político del Perú..... 14

Figura 2. Área de influencia del proyecto ciudad de Cerro de Pasco 15

Figura 3. Laguna Acucocha..... 19

Figura 4. Capitación actual en la laguna 20

Figura 5. Modelo de un sistema de abastecimiento de agua 23

Figura 6. Variación de consumo 40

Figura 7. Plano planímetro 46

Figura 8. Plano de altimetría..... 46

Figura 9. Perfil Longitudinal 48

Figura 10. Diseño de sistema de impulsión..... 57

Figura 11. Proyección de la población por distritos - INEI..... 84

Figura 12. Proyección de la población de Cerro de Pasco - INEI 84

Figura 13. Población futura - Chaupimarca 86

Figura 14. Población futura - Yanacancha 87

Figura 15. Población futura – Simón Bolivar..... 89

Figura 16. Población futura de Cerro de Pasco 91

Figura 17.- Trazo de la Línea de conducción 93

Figura 18. Indicaciones de longitudes y cotas en tuberías 94

Figura 19. PVC –O 500, Indestructible a los golpes..... 95

Figura 20. PVC –O 500, Comportamiento elástico de la tubería 96

Figura 21. PVC-O 500, ligero y manejable 96

Figura 22. Diámetros disponibles de las tuberías PVC-O 500..... 98

Figura 23. Propuesta que de la población beneficia tan solo por gravedad. 103

Figura 24. Comparación de Propuestas..... 112

INTRODUCCION

La disponibilidad de los recursos hídricos para los diferentes usos, no solo depende de los volúmenes de agua superficial y subterránea, sino también de la calidad de estos recursos. La provisión de sistemas confiables de abastecimiento de agua potable es actualmente un objetivo para todos los países del mundo.

El presente proyecto consta de cuatro capítulos

En el primero evaluamos el planteamiento del problema, lo que llamaríamos de porque es necesario contribuir con la población de la ciudad de Cerro de Pasco, sede de nuestra Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en este capítulo nosotros vemos la importancia que tiene la realizar este proyecto debido al desabastecimiento del agua potable en dicha ciudad.

En el segundo capítulo vemos el marco teórico o los lineamientos que tenemos que seguir para desarrollar una buena alternativa de solución al problema emblemático de la ciudad que es la carencia de agua potable, entre ello usaremos; la topografía (estación total), la obtención del perfil longitudinal se hará con la ayuda del software (Autodesk CIVIL 3D -2014).

En el tercer capítulo vemos la metodología de la investigación y por último en el cuarto capítulo mostramos los resultados de la simulación realizada en el “watercad v8i”, los cuales son favorables para nuestra ciudad.

I. Planteamiento del problema

1.1. Determinación del problema

La ciudad de “Cerro de Pasco” es la capital de la región Pasco, conformado por tres distritos; Yanacacha, Chaupimarca y Simon Bolivar. La ciudad tiene una altitud de 4380 m.s.n.m. en promedio.

Nuestro tema de estudio se realiza en la ciudad de “Cerro de Pasco”, el mayor problema que tenemos los pobladores de la ciudad es el desabastecimiento de agua potable. Mi persona vive en la ciudad más 10 años, por la cual me considera parte de ella.

“EMAPA PASCO S.A.”, es la a empresa prestadora de servicio de agua potable y alcantarillado, de la ciudad, en este caso solo nos enfocaremos al servicio de agua potable, para lo cual hemos considerado la dotación del agua potable que consume la población.

1.1.1. La dotación de agua potable.

Los pobladores de la ciudad tenemos un suministro de agua potable muy escasa, con un promedio de una hora diaria de servicio, a la semana tres días; según testimonio de los residentes.

Debido a la poca dotación de agua potable por parte de la empresa EMAPA PASCO S.A. la población de cerro de Pasco no puede cubrir sus necesidades de consumo de agua, lo cual genera disconformidad con el servicio.

Debido al desabastecimiento de agua potable que se tiene en la ciudad, varios sectores se encuentran perjudicadas como hospitales, clínicas, universidades, etc. Dichas instituciones no pueden brindar un servicio de calidad por la falta del líquido elemento.

A título personal la incomodidad que tengo en la ciudad de Cerro de Pasco, es sobre la comida que ofrecen los restaurantes, debido que preparan la comida con agua almacenada y

turbia, lo cual me ocasiona muchos problemas de salud durante los años que vivo en la ciudad. Es el motivo que llevo a realizar mi investigación sobre el tema.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se mejoraría la línea de conducción e impulsión para poder abastecer de agua potable de forma adecuada a la ciudad de Cerro de Pasco?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Generales.

“Simular la línea de conducción e impulsión para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco”.

1.3.2. Objetivos Específicos.

A.- Simular la línea de conducción para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.

Se efectuara una simulación de la línea de conducción que consta desde la captación hasta la planta de tratamiento, con el software waterCAD.

B.- Simular la línea de impulsión para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.

Se efectuara una simulación de la línea de impulsión que consta desde la planta de tratamiento hasta los reservorios, con el software waterCAD.

1.4. Justificación del Problema

La disponibilidad de recursos hídricos son fuente de vida es por ello de gran importancia para satisfacer las necesidades domésticas e industriales; desde tiempos históricos la disponibilidad de agua ha sido motivo suficiente para el establecimiento de los diferentes asentamientos humanos; y en la actualidad no es la excepción, cada día se va buscando maneras más adecuadas de abastecer del vital líquido a la población.

Como ya se describió en el problema en la ciudad de Cerro de Pasco, la dotación de agua potable es muy escasa y así misma la calidad que se tiene no cumple con los estándares que se exige para consumo humano.

Con el presente proyecto se propondrá un diseño de la línea de conducción e impulsión del sistema de abastecimiento de agua potable, de la ciudad de Cerro de Pasco. Con la cual se podrá mejorar la dotación de agua potable, debido que en la actualidad el abastecimiento de agua potable que se tiene es muy escasa como se explicó líneas arriba. Además con este trabajo de investigación la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - UNDAC, cumple con el compromiso de contribuir al desarrollo social de la ciudad de Cerro de Pasco.

1.5. Importancia y Alcances de la Investigación.

1.5.1. Importancia.

La investigación que se va realizar es de suma importancia para la ciudad de Cerro de Pasco. Con ello se presentara un diseño de la línea de impulsión e impulsión del sistema de abastecimiento de agua potable de dicha ciudad, con la cual se pretende contribuir a la sociedad y así poder mejorar el problema, que tiene la ciudad sobre el abastecimiento de agua potable que nos aqueja años.

Con el diseño que se presentara, los gobiernos locales y regionales pueden tomar como punto de partida para poder solucionar la escasez de agua potable que se tiene en nuestra ciudad.

1.5.2. Alcances.

En el presente trabajo de investigación se pretende realizar:

- Determinar el caudal necesario para poder abastecer a toda la ciudad de Cerro de Pasco, de forma adecuada.
- Se diseñara la línea de conducción, que consta desde la captación hasta la planta de tratamiento.
- Se diseñara la línea de impulsión que conduzca el líquido elemento de la planta de tratamiento hasta los reservorios, para su posterior uso.

1.6. Limitaciones

Para la realización de la investigación se tiene algunas limitaciones:

- Se trabajara con la información brindada por el gobierno regional de Pasco. Se tiene que confiar en dicho datos.
- Poco apoyo de la sociedad en la investigación

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Ubicación.

El Proyecto se encuentra ubicado en el departamento y provincia de Pasco, en los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar (Figura 1), los cuales se encuentran dentro de la capital de la provincia (ciudad de Cerro de Pasco), en una extensión total de 695.5 Hás, a 300 Km, por carretera, al noreste de la ciudad de Lima, para más detalle ver las figuras 1 y 2

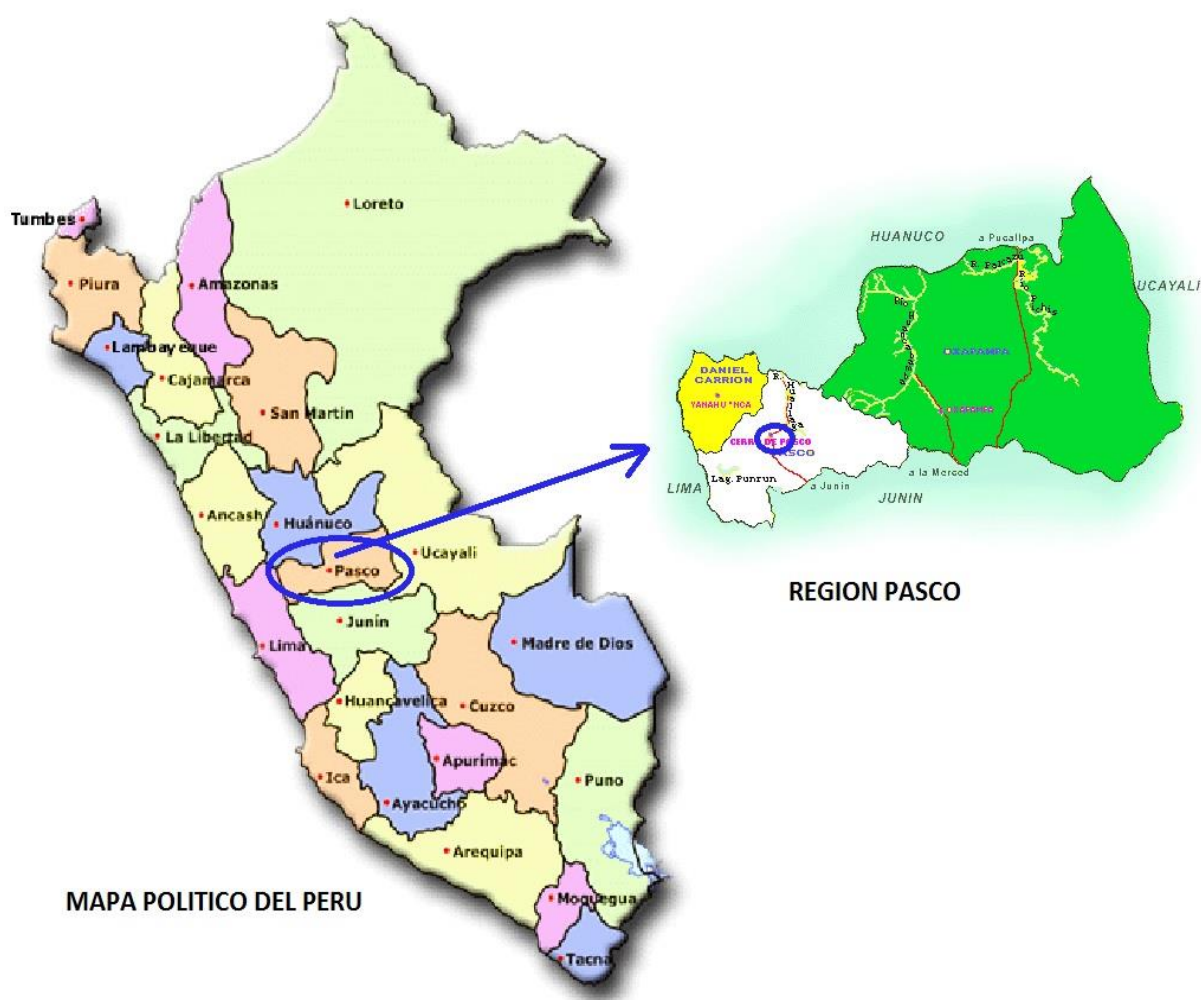


Figura 1. Imagen del mapa político del Perú

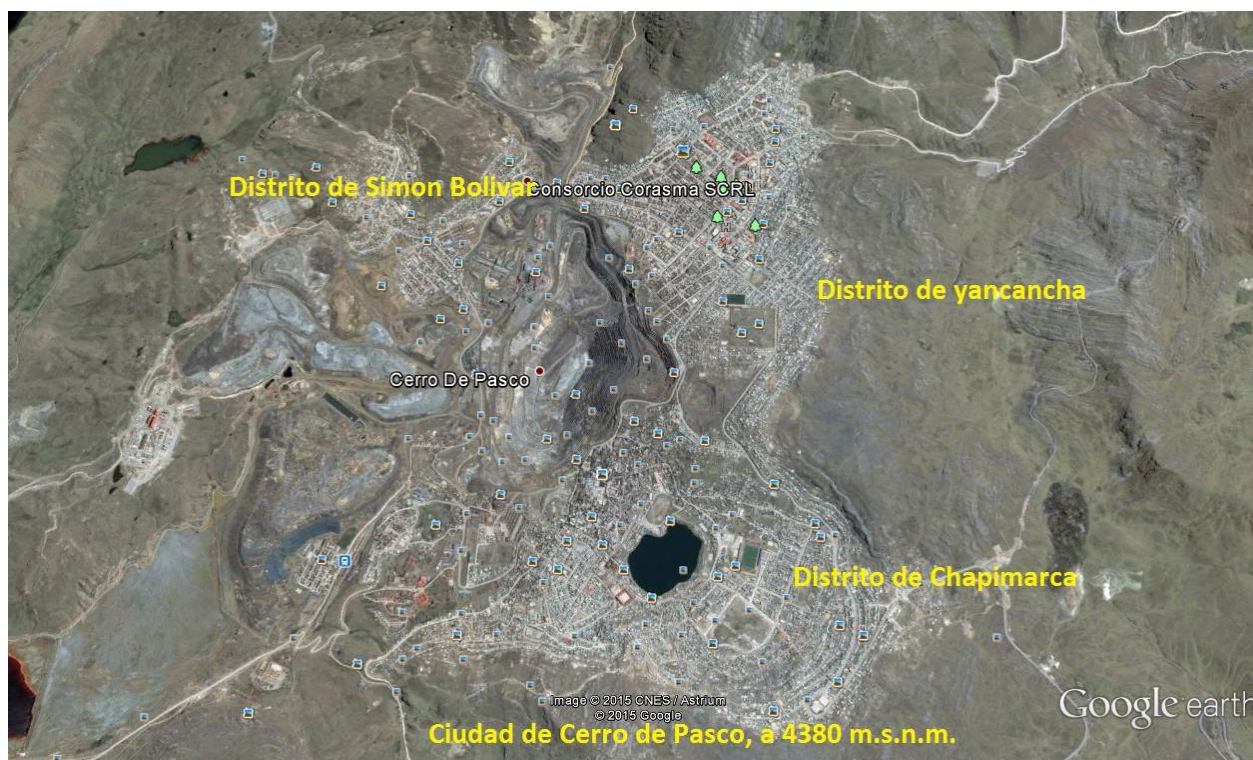


Figura 2. Área de influencia del proyecto ciudad de Cerro de Pasco

2.1.2. Del servicio de agua potable.

Los servicios de saneamiento básico de la ciudad de Cerro de Pasco son administrados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pasco S.A. (EPS EMAPA Pasco) desde el año 1994; cuya área de servicio comprende los distritos de Chaupimarca, Yanacancha, Simón Bolívar, Huariaca y Vicco.

Según información proporcionada por EMAPA Pasco, el 64.49% de la población de Cerro de Pasco tiene acceso al servicio de agua potable, sin embargo está se encuentra limitada por las horas de funcionamiento (1-3 hrs/día en promedio) generando malestar y además la necesidad de comprar el agua de los camiones cisternas. Cabe resaltar que existen muchas conexiones clandestinas instaladas directamente a los reservorios y también a las tuberías de distribución de agua potable, encareciendo así el sistema.

El abastecimiento de agua a la ciudad de Cerro de Pasco se realiza a través de tres fuentes: una fuente de abastecimiento superficial y dos fuentes subterráneas, los cuales se presentan en la a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de abastecimiento de agua actual

Tipo de captación	Nombre	Tipo de fuente	Ubicación (UTM)
Manantial	Ojo de Gato	Subterránea	364976.56E y 8822092.96N
	Pucayacu		364674.05E y 8821585.76N
Laguna natural	Acucocha	Superficial	355430.95E y 8816410.36N

2.1.3.- Área de influencia.

El presente proyecto tiene como finalidad poder contribuir con la región Pasco, por ende su área de influencia es la ciudad de “Cerro de Pasco”, capital de la región. Nuestra capital está conformada por tres distritos; Yanacancha, Chaupimarca y Simon Bolivar.

A continuación mostramos los sectores a ser beneficiados con el proyecto, en general son todas que se encuentra dentro de la ciudad:

Tabla 2. Área de influencia por distrito

DISTRITO	NOMBRE DEL AA HH	Nº DE LOTES
DISTRITO DE YANACANCHA	URB. San Juan Pampa	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Vista Alegre	SIN DATOS
	Asentamiento Humano 27 de Noviembre	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Gerardo Patiño	180 LTS APROX
	Asociación Daniel A. Carrión	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Columna Pasco	3,000 APROX
	Asentamiento Humano Haya de la Torre	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Techo Propio	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Los Próceres	211 LOTES
	Asentamiento Humano Región Agraria	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Sector Salud	SIN DATOS
	Asentamiento Humano UNDAC	SIN DATOS
DISTRITO DE CHAUPIMARCA	Asentamiento Humano Huaricapcha	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Santa Rosa	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Uliachin	900 LOTES
	Asentamiento Huamano El Misti	59 LOTES
	Asentamiento Humano Noruega alta y baja	174 LOTES
	Asentamiento Humano Nueva esperanza sector 1 y 2	SIN DATOS
	Barrió la Esperanza	SIN DATOS
	Virgen Inmaculada Concepción	49 LOTES

	Asentamiento Humano Ayapoto	178 LOTES
	Asentamiento Humano Relleno Patarcocha	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Túpac Amaru sectores I,II,III,IV	1,610 LOTES
	Asentamiento Humano 1° de Mayo	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Arturo Robles	SIN DATOS
	Pueblo Tradicional Yanacancha	SIN DATOS
	Chaupimarca	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Víctor Arias Vicuña	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Tahuantinsuyo de Chaupimarca	1,621 LOTES
DISTRITO DE SIMON BOLIVAR	Centro poblado Menor de Paragsha	SIN DATOS
	Asentamiento Humano José Carlos Mariátegui	SIN DATOS
	Asentamiento Humano Champamarca	200 LOTES
	Asentamiento Humano Buenos Aires	300 LOTES

2.1.4. Estudio hidrología de la fuente.

En el presente proyecto la fuente de captación prevista será la “Laguna Acucocha “, cuya fuente de agua superficial que, según análisis realizados, tiene características que la convierten en una fuente de elevada calidad.



Figura 3. Laguna Acucocha

La captación de la laguna de Acucocha fue construida por la empresa minera por lo cual cumple la función de sistema de almacenamiento de agua para dar servicio a la minera y a la ciudad de Cerro de Pasco. En épocas de lluvias los niveles de la laguna llegan a su máximo, determinado por la capacidad del represamiento actual, la cual es un factor limitante para poder almacenar agua, teniendo capacidad suficiente para cubrir todas las necesidades, tanto de la minera como del poblado de Cerro de Pasco.

Es por ello que los operadores de la captación, en época de lluvias, cierran todas las válvulas y compuertas permitiendo que la capacidad de almacenamiento de la laguna aumente, provocando así que el agua salga tanto por el aliviadero de la captación como por encima de las compuertas.

La estructura civil del represamiento de la laguna tiene más de 60 años pero actualmente se encuentra un estado aceptable y operando.



Figura 4. Capitación actual en la laguna

En la región de Pasco existen 44 ríos, 62 riachuelos y 118 lagunas, determinando la importancia hidrográfica de este departamento. Del nudo de Pasco surgen distintas direcciones caudalosas que dan origen a los ríos del Marañón, al Huallaga y al Mantaro que son tres de los ejes hidrográficos más importantes del territorio nacional. De aquí parten también los ríos Huancabamba, Palcazú y Ancayali que forman el río Pachitea, afluente de primera magnitud del Ucayali. Asimismo se ha identificado lo siguientes cuerpos hídricos:

- Principales ríos: Pozuzo, Pachitea y Mantaro.
- Lagunas: Acucocha, Pumpun, Alcacochoa, Shegue y Huaroncocha.

La fuente principal de agua superficial que abastecerá a la ciudad de Cerro de Pasco corresponde a la laguna Acucocha. Este cuerpo hídrico se encuentra en la micro-cuenca que lleva el mismo nombre de la laguna.

Políticamente, la micro cuenca de la Laguna Acucocha, se ubica en el departamento de Pasco, Provincia de Pasco y Distrito de Simón Bolívar, hidrográficamente la zona de estudio pertenece a la micro cuenca de la Laguna Acucocha, la zona de estudio pertenece al sistema hídrico del río San Juan el cual es un tributario del Lago Junín, en éste lago nace el río Mantaro y consecuentemente el área de influencia del estudio pertenece a la vertiente del Atlántico.

La ubicación geográfica en coordenadas UTM (WGS-84, Zona 18 Sur) de la micro cuenca Acucocha, se encuentra dentro del área en cuyos vértices opuestos son: 326 381 E, 8 810 922 N y 333 405 E, 8 805 234 N.

La principal unidad hidrográfica considerada para el proyecto de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Pasco es el micro cuenca donde se encuentra ubicada la laguna Acucocha, cuyas coordenadas UTM (WGS-84, Zona 18 Sur) del área considerada para la captación es la siguiente:

- Por el Norte: 333500.72 E, 8807379.17 N y 333609.66 E, 8807379.17 N
- Por el Sur: 333500.72 E, 8807306.62 N y 333609.66 E, 8807306.62 N

La microcuenca tiene un factor de forma de 1,69 lo que nos indica que tiene una forma alargada irregular y un índice de compacidad de 1,37 por lo que la microcuenca tiene una respuesta rápida ante precipitaciones de gran y mediana intensidad, su pendiente media es de aproximadamente de 21%, la cobertura vegetal es propia de puna.

La quebrada Gashan es el desagadero principal de la laguna Acucocha y en su trayecto es usado en forma temporal para la irrigación de algunas parcelas de los lugareños, así mismo es utilizado para la actividad minera por la compañía VOLCAN, derivando las aguas

mediante canales de trasvase hasta conducir a la cuenca del río San Juan con la finalidad de alimentar las captaciones que se realizan por los caissons.

La fuente de agua dulce utilizada para el consumo humano proviene principalmente de la Laguna Acucocha a través del río Gashan, siendo esta la misma fuente utilizada por la minera.

La laguna se ubica en la cabecera del río Gashan (que en realidad es un canal en tierras pero que, dada su gran magnitud, recibe la calificación de río), el cual es tributario del río San Juan por su margen derecha. La microcuenca de drenaje de la misma va desde la cota 4,400 msnm hasta la cota 5,154 msnm, siendo el área de drenaje de 22,64 km² y el espejo de agua de aproximadamente 6 km², lo que nos indica su gran capacidad de almacenamiento.

Desde el punto de salida del agua en Acucocha hasta la llegada del agua a la PTAP existente, el caudal recorre una longitud aproximada de unos 30km, pudiéndose diferenciar los siguientes tramos:

- Río Gashan: desde la laguna Acucocha, donde existe una estructura de captación diseñada para incorporar un caudal de unos 1,400 l/s, hasta el Canal de interconexión-1, el agua recorre una longitud aproximada de 21,3 km a lo largo del río Gashan
- Canal de interconexión-1: tiene una longitud aproximada de 2,30 kilómetros, y a través de él se trasvasa caudal desde el río Gashan hasta el río Huraupampa.
- Río Huraupampa: tiene una longitud de 1,1 kilómetros desde el Canal de interconexión-1 hasta el Azud existente propiedad de la minera.
- Canal de interconexión-2: desde el azud propiedad de la minera parte esta línea, la cual tiene una longitud aproximada de 3,6 kilómetros hasta la captación existente para la PTAP. El punto de captación actual (caja de derivación) se ubica al suroeste de la

ciudad, en las coordenadas UTM (WGS84) 355430.95E y 8816410.36N, a una altura de 4,204 msnm.

La captación de la minera se realiza aguas abajo del punto de captación de la PTAP existente, por lo que el canal continuo hacia el río San Juan, donde existen estructuras de bombeo del tipo Caisson.

2.1.5. Abastecimiento de agua potable.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano.

Agua Potable: aquella apta para el consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la norma.

Componentes de un sistema de agua potable.

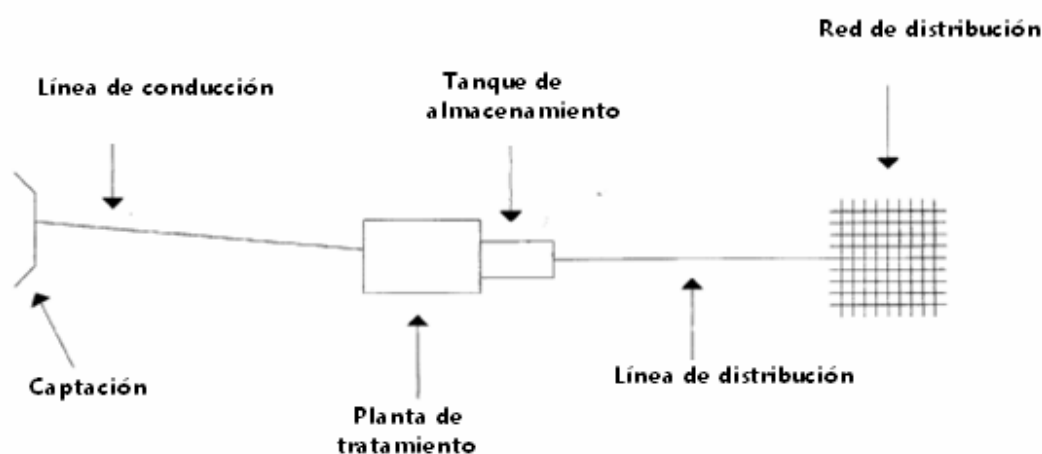


Figura 5. Modelo de un sistema de abastecimiento de agua

- ✚ Captación: Son las obras que permiten captar el agua de la fuente a utilizar.
- ✚ Conducción: Son las obras que conducen el agua desde la captación hacia la planta de tratamiento o hacia el tanque de almacenamiento.
- ✚ Planta de tratamiento: Son las estructuras en las que se realizan los procesos para potabilizar el agua.
- ✚ Almacenamiento: Son los tanques que se utilizan para almacenar agua para suplir la demanda en las horas de máximo consumo.
- ✚ Distribución: Comprende las líneas y redes para llevar el agua hasta el consumidor.

El presente proyecto se enfoca en la línea de conducción ya sea por gravedad e impulsión o mixta en nuestra se tiene ambas cosas, para lo cual usaremos tuberías de diferentes tipos según lo requiera el proyecto.

2.1.6. Tipo de tuberías.

Los diferentes materiales utilizados en las tuberías de los sistemas de agua potable, son determinados de acuerdo a las presiones de trabajo en la red y la ubicación topográfica por donde será colocada dicha tubería, a continuación se mencionan los diferentes tipos de tuberías más utilizados en nuestro país:

- ✓ Hierro fundido gris o dúctil.
- ✓ Acero.
- ✓ Plástico (PVC).
- ✓ Concreto Reforzado.
- ✓ Hierro galvanizado.

2.1.6.1. Tubería de hierro fundido gris o dúctil.

Características

Resistencia a la corrosión, en el cálculo hidráulico poseen en coeficiente “C” de Hazen Williams que se adopta en una tubería nueva es $C = 130$; en tubería usada (10 – 30 años) se utiliza $C = 100$ y en tubería con recubrimiento de cemento $C = 140$.

Diámetros.

Los diámetros comerciales de Hierro Fundido Dúctil son: 3", 4", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60"

2.1.6.2. Tubería de hierro galvanizado

Características

Gran resistencia a sobre presiones (golpe de ariete), capacidad de acomodarse a cargas ofreciéndoles gran resistencia, capacidad de curvarse sin quebrarse, resistencia a golpes, resistencia a la corrosión. Para cálculos hidráulicos el coeficiente C de Hazen Williams para tubería nueva se toma entre 120 y para tubería usada 100 (10 – 30 años).

Diámetros.

Diámetro (pulgadas) : 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5", 6", 8", 10", 12". Cedula 40.

Presiones de trabajo.

Varían de acuerdo a los esfuerzos de tensión permisibles del tipo de hierro, diámetro, espesores de la tubería y las presiones vienen dados por las Normas ANSI ASTM A-53

2.1.6.3. Tubería de plástico (PVC)

En la mayor parte del proyecto se utilizará la tubería de cloruro de polivinilo (PVC) bajo las denominaciones SDR (relación de diámetro exterior, espesor de la pared), de las cuales se usarán las siguientes:

- ✓ La tubería de PVC-O 500 – (PN-12.5)
- ✓ La tubería de PVC-O 500 – (PN-16)
- ✓ La tubería de PVC-O 500 – (PN-16)
- ✓ La tubería de PVC-O 500 – (PN-25)

Para tramos donde no sea posible excavar por el tipo de suelo o mayores presiones que son superiores a los 25 bares, se usará tubería de hierro dúctil.

En los anexos se adjuntara las especificaciones técnicas de ambos materiales que se usaran.

2.1.7. Antecedentes similares al proyecto.

2.1.7.1. Nacionales

Universidad (01):

Universidad Nacional de Ingeniería

Autor: JAIRO IVAN, ALEGRÍA MORI.

Título de tesis:

“Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de bagua grande”

La presente tesis desarrolla la solución al problema del saneamiento básico que atraviesa la ciudad de Bagua Grande, para lo cual el Gobierno Regional como el Gobierno Local dieron inicio al perfil del presente proyecto (código SNIP 5545) el cual fue aprobado el 20 de octubre del 2003. Considerando que el monto de inversión superó los S/. 10'000,000, desarrollaron el Estudio de Factibilidad que fue aprobado el 10 de julio del 2006 y finalmente

el 20 de octubre del 2006 la Dirección General de Programación Multianual otorgó la viabilidad del mismo.

Los aspectos generales desarrollados en el Primer Capítulo, concentra algunos aspectos vinculados con el proyecto, se determina la población beneficiada, se realiza el diagnóstico de la situación actual del sistema y se establecen los objetivos del proyecto.

El Segundo Capítulo se procede a desarrollar un análisis de alternativas basado sobre la propuesta indicada en el Estudio de Factibilidad.

El Tercer Capítulo denominado Estudio de Población y Demanda, se determina cuantitativamente la demanda y la oferta de los servicios que brindará el proyecto.

El Cuarto Capítulo denominado Descripción Técnica del Sistema Proyectado, se mencionan los componentes desarrollados. Para el sistema de agua potable se cuenta con los siguientes componentes: captación, línea de conducción de agua cruda, cámaras reductoras de presión, planta de tratamiento de agua, cámara de contacto de cloro, cisterna, , estación de bombeo, línea de impulsión, reservorios, línea de conducción de agua potable, válvulas reductoras de presión, cámaras repartidoras de caudal y redes de agua potable.

En el Quinto Capítulo se presentan los Costos y Presupuestos a fin de brindar información sobre los costos que involucra la construcción de los diferentes componentes mencionados en el capítulo precedente.

En el Sexto Capítulo se presentan las Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía, siendo la principal conclusión la mejora de las condiciones de vida de la población de la ciudad de Bagua Grande; de la misma forma se adjunta los Anexos de los diversos cálculos realizados en el diseño de los diferentes componentes.

Universidad (02):

Universidad Nacional Mayor De San Marcos

Autor: Gino, SALCEDO SANTILLAN.

Título de tesis:

“Proyecto De Ampliación De La Línea De Impulsión, Sistema De Bombeo Y Tanque Elevado Para Agua Potable En El Centro Poblado Rural (Cpr) Picapiedra Distrito De Pachamac”

El presente proyecto fue estudiado y luego ejecutado en el centro poblado en el centro poblado rural (CPR) de Picapiedra, Distrito de Pachamac, Provincia y Departamento de Lima.

El CPR Picapiedra, se encuentra posicionado entre dos cerros, las cuales provocan una remarcada pendiente sobre el poblado, por tal motivo se puede observar dos posiciones bien definidas, una son las vividas que se encuentran en la parte baja, y segundo las que se encuentran en la parte alta respectivamente.

En estos últimos años la zona sufrió un súbito incremento población y muchas familias tuvieron que ocupar la parte alta de la población, por lo que el sistema de abastecimiento existente ya no era suficiente, y para dar solución a los problemas que afecto a esta parte del poblado, se tuvo que ampliar la línea de impulsión y seleccionar un nuevo equipo de bombeo, así como también se tuvo la necesidad de implementar de un segundo reservorio, ya que el volumen del reservorio existente solo podía abastecer a la parte baja del pueblo, teniéndose que hacer muchas veces racionamiento del agua.

Con la ejecución del presente proyecto se puede ahora bastecer a ambas zonas del poblado, de manera que el primer reservorio abastece la parte baja y el proyectado la parte alta, mejorando así el suministro y la situación sanitaria de la zona.

Universidad (03):

Pontificia Universidad Católica del Perú

Autor: Jorge Luis, Meza de la Cruz

Título de tesis:

“Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso”

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la Comunidad Nativa de Tsoroja, perteneciente al distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín. Localidad que no cuenta con acceso terrestre ni fluvial. Lo que implica un incremento en los costos de transporte al lugar de la obra, de materiales de construcción y personal, por el alquiler de helicópteros como medio de transporte aéreo. Hecho que hace necesario el análisis de alternativas de solución contemplando la minimización de costos, considerando el factor transporte como crítico dentro del presupuesto. En primera instancia se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando toda estructura de concreto armado, al que se denominó, Sistema Convencional. Se observó que era posible optimizar el uso de materiales de construcción utilizando estructuras de materiales alternativos, por lo que se elaboró un nuevo diseño del sistema de abastecimiento al que se denominó, Sistema Optimizado.

El diseño del sistema convencional comprende: una cámara de captación de agua, de un manantial elegido por tener un caudal constante y suficiente para abastecer la demanda de la población de Tsoroja (incluso en épocas de estiaje). La conducción de agua se definió a través de una red de tuberías, para el almacenamiento un reservorio de concreto armado, y

para la distribución una red de tuberías formando mallas; de modo tal, que el sistema pueda abastecer de agua potable a todas las viviendas contabilizadas. Así mismo para cada vivienda se consideró una pileta de mampostería.

A diferencia del sistema convencional, en el que todas las estructuras son de concreto armado, en el sistema optimizado se contempló la cámara de captación completamente de mampostería y para el reservorio un tanque industrial de polietileno.

Adicionalmente para la disposición de excretas y buscando la menor incidencia en el ambiente se consideró para cada vivienda una letrina de hoyo seco.

Finalmente para obtener conclusiones acerca de la factibilidad técnico-económica de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el ámbito rural de la selva del Perú, se elaboró un presupuesto por sistema; comprobándose que la mayor incidencia en costos se produce por el transporte aéreo de los materiales a la zona de la obra.

2.1.7.2. Internacionales.

Universidad (01):

Universidad De San Carlos de Guatemala

Autor: Miguel Ángel, BARRERA CHINCHILA

Título de tesis:

“Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la aldea joconal y escuela primaria en la aldea campanario progreso, municipio de la unión, departamento de zacapa”

En el presente trabajo se desarrollan los diseños de introducción de agua potable en la aldea Joconal y la escuela primaria en la aldea Campanario Progreso del municipio de La Unión, departamento de Zacapa, para los cuales se emplearán diferentes herramientas que conciernen a la ingeniería civil.

En el capítulo I se presenta una investigación monográfica de la comunidad, en la que se presentan, tanto aspectos físicos como de infraestructura.

En el capítulo II se detalla el diseño de introducción de agua potable por gravedad y bombeo de la aldea Joconal del municipio de La Unión, del departamento de Zacapa, en el cual se presentan los aspectos necesarios para realizar el proyecto, como las visitas de campo, que comprende el aforo y la toma de muestras de agua; el levantamiento topográfico; las bases del diseño de la red de conducción como la red de distribución; las obras hidráulicas que conforman el proyecto como los tanques de almacenamiento y distribución así como las cajas de válvulas.

El capítulo III comprende el diseño del edificio de escuela primaria para la aldea Campanario Progreso, el cual consta de un diseño arquitectónico y estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos; que se realizó mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas.

El resultado final consiste en un juego de planos y la integración del presupuesto para cada diseño.

Universidad (2):

Universidad De El Salvador

Autor: JOSÉ GERARDO, BATRES MINA

Título de tesis:

“Rediseño del sistema de abastecimiento de agua Potable, diseño del alcantarillado sanitario y de Aguas lluvias para el municipio de san Luis del Carmen, Departamento de chaltenango”

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo resolver la problemática existente en el municipio de San Luis del Carmen municipio de Chalatenango en lo referente a: Agua Potable, Aguas Negras y Aguas Lluvias

Todo esto con el fin de mejorar la calidad de vida de la población residente en el casco urbano de este municipio.

Por lo tanto en este documento se presenta toda la información utilizada para la realización del rediseño de la Red de agua potable, y para el diseño del Alcantarillado sanitario y de aguas lluvias, estructurado de la siguiente forma:

En el capítulo I se dan a conocer todas las generalidades del municipio, exponiendo la problemática existente, las condiciones predominantes en el pueblo y las respectivas alternativas de solución.

El capítulo II contiene todo lo relacionado a agua potable en lo referente a los fundamentos teóricos, y todas las consideraciones, parámetros y cálculos hechos para el diseño del sistema de agua potable con los resultados respectivos.

En el capítulo III se plasma la teoría relacionada al sistema de Aguas Negras así como también los criterios tomados para el diseño, proporcionando los resultados obtenidos mediante planos en planta y en perfil de los elementos que conforman el sistema, para cada una de las calles del casco urbano del municipio.

El capítulo IV abarca todo lo relacionado al diseño de aguas lluvias, en lo concerniente a fundamentos teóricos; así como las herramientas necesarias para la determinación de la intensidad de lluvia utilizada para la obtención de los caudales de diseño que se usaron para dimensionar cada uno de los componentes del sistema, y se presentan los resultados obtenidos por medio de planos en planta y en perfil.

El capítulo V se proporciona todas las especificaciones técnicas necesarias para garantizar que la construcción de cada uno de los sistemas diseñados, se haga de la forma adecuada, para que tengan la vida útil para la cual fueron diseñados. Además se presenta el respectivo presupuesto para cada uno de los sistemas detallando, la respectiva cantidad de obra y el costo unitario y total de cada partida así como el costo total de cada sistema.

El capítulo VI se dan a conocer las conclusiones obtenidas del diseño y además se da una serie de recomendaciones consideradas esenciales para garantizar y mejorar el funcionamiento de cada uno de los tres sistemas.

En Anexos se agregan los resultados de la prueba físico química y bacteriológica realizada a la fuente El Pital, la cual utilizaremos para el abastecimiento de agua potable, así como los detalles de elementos del sistema de agua potable aguas negras y aguas lluvias, y algunas fotografías de los elementos que tiene el sistema de agua potable existente en el pueblo.

2.2. Bases Teórico – Científicos

2.2.1. Parámetros de diseño

2.2.1.1. Periodo de diseño.

Comprende al tiempo estimado durante el cual las instalaciones y estructuras de un estudio cumplen satisfactoriamente la finalidad para la cual ha sido diseñado; el proyectado realizado se puede ampliar o modificar según las necesidades del caso, especialmente a consecuencia del movimiento demográfico. El periodo de diseño se encuentra ligado tanto a las proyecciones de crecimiento de la población, como a las características de los componentes del sistema.

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable.

Por lo tanto el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100%, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la resistencia física de las instalaciones.

Según el reglamento nacional de edificaciones, en su norma OS. 100 inciso 1.2, manifiesta que el periodo de diseño será fijado por el proyectista. En tal aspecto nosotros asumiremos como, tiempo de diseño de 20 años, según lo recomendado por el SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública).

2.2.1.2. Población.

Para determinar la población afectada, en nuestro proyecto, primero se ha tenido que definir el área de proyecto o área de intervención, en este sentido, el área de intervención es la zona urbana de la ciudad de Cerro de Pasco, como se menciona líneas arriba.

Población futura.

Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento actual sino que deben prever el crecimiento de la población en un periodo de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años; siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño, para lo cual nosotros estimamos nuestro periodo de diseño en 20 años. Todo según el reglamento nacional de edificaciones.

Existen varios métodos para el cálculo de la población futura, de los cuales enunciaremos aquellos que en la práctica han dado buenos resultados. Estos métodos son de tipo analítico, algunos de ellos se basan en el método de los mínimos cuadrados; pero todos estos métodos se aplican a poblaciones ya establecidas y algunos años de existencia, entre estos tenemos

- ✓ Método aritmético

Consiste en considerar que el crecimiento de una población es constante, es decir asimilable a una línea recta, es decir que responde a la ecuación.

$$Pf = Pa * (1 + r)n$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

r = Tasa de crecimiento (dato del INEI)

n = Periodo de diseño (Tiempo futuro – Tiempo Actual)

✓ Método geométrico

Este método supone que el aumento de la población se produce en forma análoga al aumento de una cantidad colocada al interés compuesto, el gráfico producido está representado por una curva semi logarítmica.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

r = Tasa de crecimiento (dato del INEI)

n = Periodo de diseño (Tiempo futuro – Tiempo Actual)

Según el reglamento nacional de edificaciones, en su norma OS. 100 inciso 1.3, manifiesta, Tratándose de asentamientos humanos existentes, el crecimiento deberá estar acorde con el plan regulador y los programas de desarrollo regional si los hubiere; en caso de no existir éstos, se deberá tener en cuenta las características de la ciudad, los factores históricos, socioeconómico, su tendencia de desarrollo y otros que se pudieren obtener.

En nuestro caso es muy especial por ser minera, debido a ellos su población sufre variaciones de forma constante debido a los cambios que sufren los precios de los minerales.

2.2.1.3. Factores de consumo y caudales de diseño.

Dotación.

El consumo de líquido de cada población está determinada por distintos factores, como son el Clima, la hidrología, la clasificación del usuario, las costumbres locales, la actividad económica.

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/ habitante/día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto

La dotación es integrada por los siguientes consumos:

- ***Consumo doméstico.***

El consumo doméstico varía según los hábitos higiénicos de la población, nivel de vida, grado de desarrollo, abundancia y calidad de agua disponible, condiciones climáticas, usos y costumbres, etc. Es difícil establecer una cifra como puede apreciarse; sin embargo, en nuestro país se estima que el consumo de agua para uso doméstico anda entre 75 y 100 lts/hab/día, la cantidad básica para el consumo doméstico, que incluye necesidades fisiológicas, usos culinarios, lavado de ropa y utensilios, sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire, riego de plantas y jardines privados, aseo de la vivienda, etc.

- ***Consumo público.***

Este consumo se refiere al de los edificios e instalaciones públicas tales como: escuelas, mercados, hospitales, rastros, cuarteles, riego de calles, prados, jardines, servicio contra incendios, lavado de redes de alcantarillado. Este consumo es variable pero en nuestro país puede estimarse entre el 20 y 30 % del consumo doméstico. El consumo público normalmente es excesivo debido a descuidos, pues el desperdicio en tales usos públicos se debe a daños en tuberías, llaves o accesorios cuya reparación inconscientemente se retarda

- ***Industrial.***

Depende del grado de industrialización y del tipo de industrias, grandes o pequeñas. Las zonas industriales en muchos casos conducen a un desarrollo urbanístico que trae como consecuencia un aumento en el consumo del agua. En el consumo industrial del agua, influye la cantidad disponible, precio y calidad. En general las grandes industrias se abastecen en forma particular de sus propios sistemas sin gravitar sobre el sistema general de la población.

- ***Comercial.***

Depende del tipo y cantidad de comercio tanto en la localidad como en la región.

- ***Fugas y desperdicios.***

Aunque las fugas y desperdicios no constituyen un consumo, es un factor que debe ser considerado. En la vivienda influye en el consumo doméstico, pues es corriente encontrar filtraciones o fugas permanentes debido a desperfectos en las instalaciones domiciliarias. Estas pérdidas aunadas al mal uso de los consumos públicos y al irracional uso doméstico, conducen a agravar el consumo general de agua. Estas pérdidas giran al rededor del 35% al 40 % de la suma de los consumos

antes citados. Lo cual representa un grave problema para todos los órganos operadores de Administración del Agua Potable en el País.

Según el reglamento nacional de edificaciones en su norma OS .100 inciso 1.4, donde manifiesta lo siguiente; Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 I/hab/d, en clima frío y de 220 I/hab/d en clima templado y cálido.

Variación de consumo.

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente. Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias.

Variación diaria.

Las estadísticas demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con relación al consumo promedio diario. Así como existen variaciones mensuales en los consumos, también las hay en el día. De estas variaciones importa conocer las máximas normales para considerarlas en un abastecimiento de agua y evitar escasez en los días de gran demanda. La variación diaria se expresa como un coeficiente del gasto medio anual y depende de la temperatura y distribución de las lluvias en la región y le llamamos coeficiente de variación diaria, cuyo valor se obtiene estadísticamente.

Según el reglamento nacional de edificaciones nos ofrece un coeficiente de 1.3 el cual usaremos en nuestro proyecto debido a que en nuestra ciudad no contamos con la estadística necesaria para calcular dicho dato. En visto que hasta la fecha la ciudad no abastecida de agua potable como corresponde.

Variación horaria.

También existen variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos será mayor o menor que el gasto máximo diario. Para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias.

Según el reglamento nacional de edificaciones nos ofrece un rango para dicho coeficiente que se encuentra entre 1.8 y 2.5, el cual depende del proyectista.

Para entendimiento mostramos un gráfico de las los coeficientes que generan la variación en la demanda de consumo de agua potable.

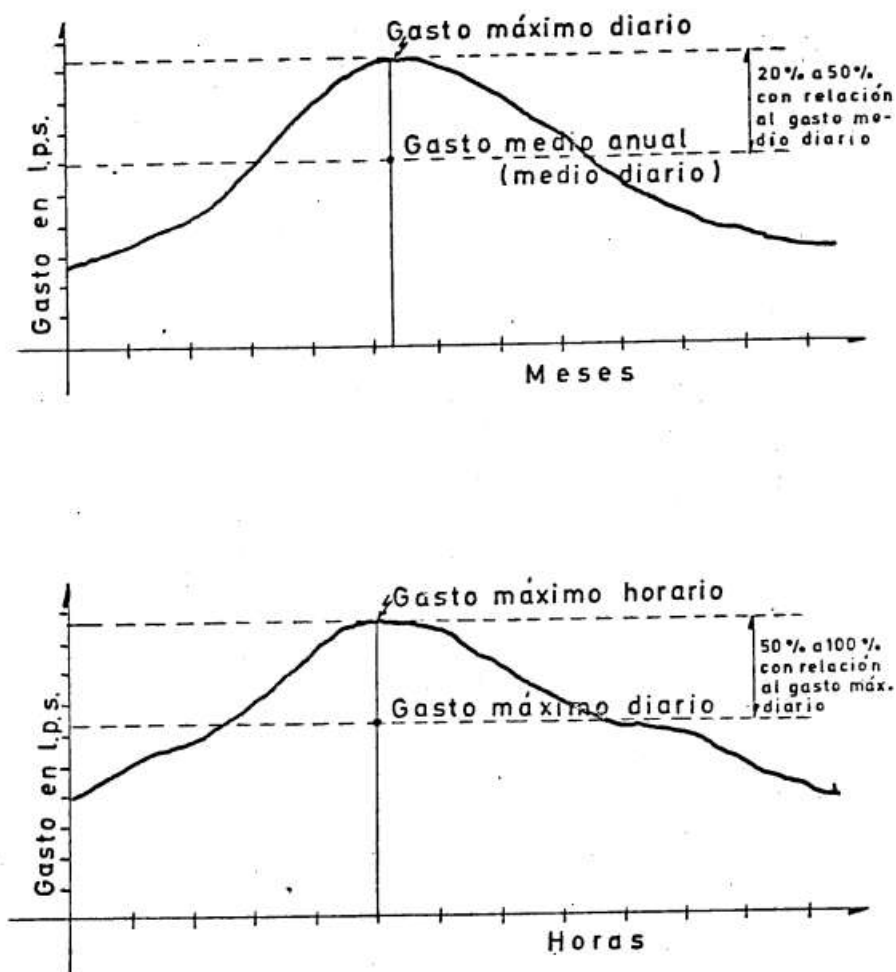


Figura 6. Variación de consumo

Caudales de diseño.

Los gastos de diseño para el estudio y elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable son:

❖ *Caudal medio diario.*

El caudal medio diario es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se hayan estimado para el final del período de diseño, dividido entre el número de segundos que tiene un día. (Pedro, 2007,p53)

$$Qd = \frac{Dotacion * Poblacion}{86400}$$

Donde:

Q_d = Caudal medio diario

Dotación = La dotación diaria por habitante

Población = Población futura.

❖ *Caudal máximo diario.*

El caudal máximo diario o caudal de conducción es el máximo caudal producido en un día durante un período de observación de un año. Es el resultado de multiplicar el consumo medio diario por el factor de día máximo. El factor de día máximo oscila entre 1.3, según el reglamento nacional de edificaciones.

$$Q_{md} = k_1 * Q_d$$

Donde:

Q_{md} = Caudal máximo diario

Q_d = Caudal medio diario

K_1 = 1.3, coeficiente

El gasto máximo diario se utiliza como base para el calcular el:

- ✚ Gasto de extracción diaria de la fuente de abastecimiento
- ✚ El diámetro económico de la línea de conducción
- ✚ La capacidad del tanque de regularización y/o almacenamiento
- ✚ La capacidad de la planta potabilizadora (si se requiere)
- ✚ La potencia del Equipo de bombeo.

❖ *El caudal máximo horario.*

El caudal máximo horario o caudal de distribución, es el máximo caudal producido durante una hora en un período de observación de un año y este se calcula multiplicando el caudal medio por el factor de hora máxima. El factor de hora máximo se encuentra entre 1.8 y 2.5, según el reglamento nacional de edificaciones.

En nuestro caso usaremos 1.8

$$Q_{mh} = k_2 * Q_d$$

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo Horario

Q_d = Caudal medio diario

K_2 = 1.8, coeficiente

El gasto máximo horario se usa en el Diseño de:

- ✚ El diámetro de la línea de alimentación
- ✚ El diámetro de la red de distribución del sistema.

2.2.2. Línea de conducción

Se llama " Línea de conducción " al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y accesorios cuyo objetivo es transportar el agua, procedente de la fuente de abastecimiento, a partir de la obra de captación, hasta el sitio donde se localiza el tanque de regularización, planta potabilizadora o directamente a la red de distribución. (Pedro R. R., 2001,p.118)

Esta conducción, se puede efectuar de dos maneras, dependiendo de la ubicación de la fuente de abastecimiento con respecto a las obras de regularización. Si la fuente de abastecimiento se encuentra en un nivel topográfico arriba del tanque de almacenamiento, la conducción se realizara por gravedad, ya sea trabajando como canal (sin presión), o como tubo (a presión), siendo este último el más común en las obras de abastecimiento de agua potable.

Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico abajo del tanque de regularización, la conducción se realiza por bombeo.

Tenemos dos tipos de líneas de conducción para abastecimiento de agua potable, que son las siguientes:

- ❖ Línea conducción por gravedad
- ❖ Línea de conducción por bombeo.

❖ Línea de mixta

Es la combinación de conducción por gravedad y bombeo. En nuestro caso usaremos ambos tipos de conducción, debido a la topografía del terreno.

2.2.3. Diseño de la línea de conducción (Por gravedad)

La conducción por gravedad se requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica mayor a la requerida en el punto de entrega, es decir se encuentra en un nivel superior al del tanque de regulación o la red de distribución.

Las Líneas de conducción por gravedad tienen dos variantes:

- ✚ Por canales (sin presión), cuando la línea piezométrica coincide con la superficie del agua
- ✚ Por tuberías (a presión), cuando la línea piezométrica queda por arriba del lomo de los conductos

En el presente proyecto nos enfocaremos en el desarrollo de líneas de conducción por tuberías, debido que nos interesa poder reducir las pérdidas de cargas posibles que se tiene en todo el trayecto. Entonces continuamos con la teoría solo de dicha línea de conducción.

2.2.3.1. Conceptos a considerar para el diseño.

En este capítulo veremos únicamente el caso de la línea de conducción a presión, entre la fuente de abastecimiento y el tanque de regulación del propio desarrollo. Las tuberías de conducción deberán de cumplir con los aspectos mencionados a continuación:

- ❖ Contar con el perfil y el trazo del terreno donde se ubicará la línea.
- ❖ No cruzar terrenos particulares.
- ❖ Dejar pasillos de servicio entre terrenos para ubicar la línea de conducción. Estos pasillos de servicio deberán ser de 4.00 m de ancho mínimo (2.00 m a cada lado), con

acceso libre de construcciones y obstáculos, no se permitirá ningún tipo de construcción

- ❖ Buscar el recorrido más corto entre la fuente de abastecimiento y el tanque de regulación.
- ❖ Siendo una instalación urbana se instalará en zanjas de acuerdo a las secciones de excavación definidas en función al diámetro de la tubería.
- ❖ Deberá de ubicarse la línea de conducción en zanjas separadas de las redes de distribución.
- ❖ En la conducción nunca deberán de conectarse tomas domiciliarias.
- ❖ Deberá de contar con válvulas de admisión y expulsión de aire (combinadas) en los sitios más elevados del perfil, en las zonas sensiblemente planas a distancias entre 400 y 800 m. Lo anterior es para eliminar el aire presente en el agua y permitir la correcta operación de la línea durante el llenado y vaciado de la misma.
- ❖ En los puntos bajos del perfil deberán de colocarse válvulas de desagüe.

Para el diseño de líneas de conducción se utiliza el caudal máximo diario (Qmd) para el período del diseño seleccionado

2.2.3.2. Topografía de la línea de conducción.

Para llevar a cabo el proyecto de una conducción resulta útil apoyarse sobre cartas topográficas existentes para estudiar los posibles trazos y algunos programas como el google earth. Sobre el trazo de la conducción, será necesario obtener un levantamiento topográfico en planimetría y altimetría, marcando las elevaciones del terreno natural a cada 20 metros, en los puntos donde existen cambios importantes de la pendiente del terreno y, en los puntos donde cambia el trazo horizontal de la conducción.

Es importante localizar, sobre el trazo, los cruces importantes de la conducción; tales como ríos, arroyos, canales, carreteras, y vías del ferrocarril.

En el proyecto ejecutivo, los planos topográficos deberán contener como mínimo la siguiente información:

- ❖ Planta y perfil de la línea, con distancias horizontales y verticales. En el perfil se dibuja la línea de energías a flujo establecido y además las envolventes de energías máximas y mínimas para el flujo transitorio.
- ❖ Localizaciones de cambios de dirección, tanto horizontales como verticales.
- ❖ Radio de las curvas y longitud de tangentes.
- ❖ Localización de estructuras existentes y cercanas que pudieran interferir con la línea de proyecto.
- ❖ Interferencia con límites de propiedad, calles y caminos (al centro de línea de dichos caminos), guarniciones y todos los datos pertinentes que ayuden a definir claramente el derecho de vía de la línea, así como posibles afectaciones.

Para facilitar el dibujo de los planos de una línea de conducción, se puede trabajar con los softwares de AutoCad y CivilCad junto con el Módulo de Redes de Agua Potable.

✓ ***Planimetría***

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de las coordenadas X y Y que proporciona la estación total en sus datos almacenados.

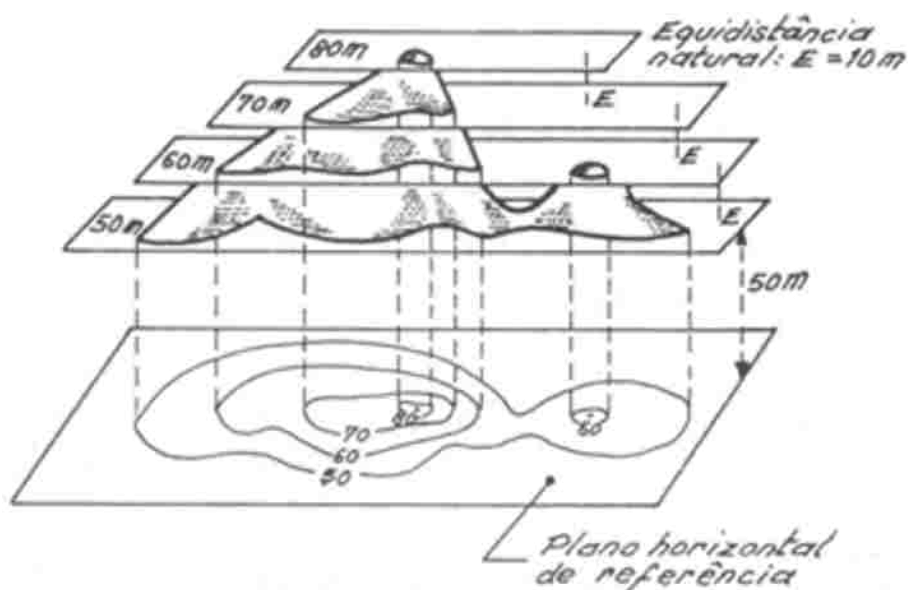


Figura 7. Plano planimétrico

✓ **Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de la planimetría. Se partió de una referencia (BM)

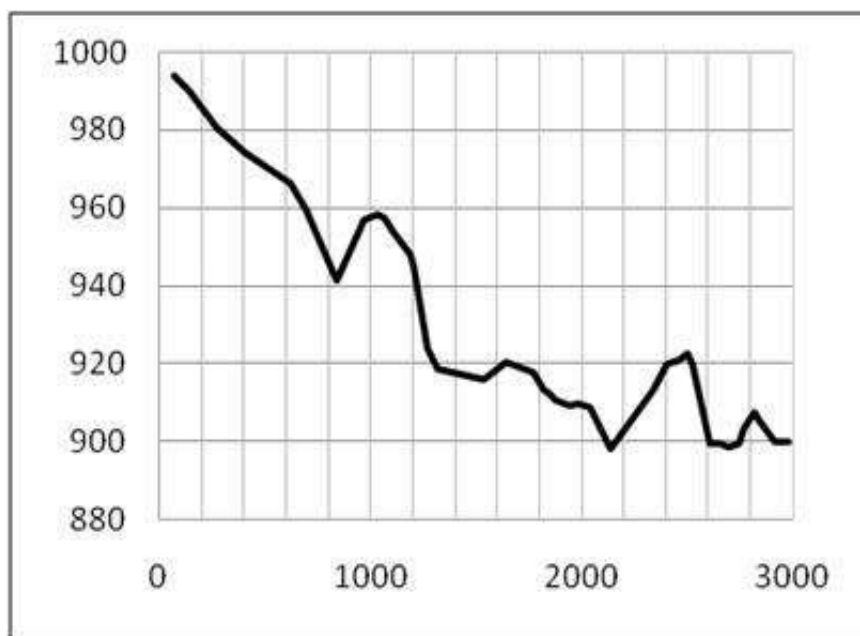


Figura 8. Plano de altimetría

2.2.3.3. *Diseño Hidráulico*

Para el diseño hidráulico de las tuberías, se considera la topografía del terreno, en especial del trazo. Las características del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y calidad de tubería.

En primera instancia, se debe recordar algunos de los conceptos fundamentales del flujo a través de medios porosos:

La ecuación de continuidad establece que la descarga específica o flujo a través de un cilindro es:

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

Donde:

V = Velocidad median (m/S)

Q = Caudal (m³/S)

A = Área (m²)

La fórmula de continuidad se considera para líneas de conducción por gravedad e impulsión.

- ✓ Calculo de la carga estática y dinámica en tuberías a presión, se calcula de la siguiente manera, para cual les ofrecemos un gráfico:

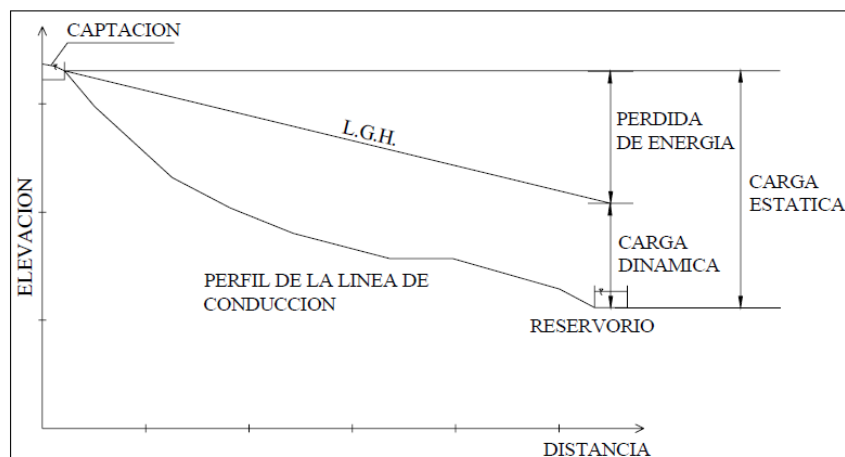


Figura 9. Perfil Longitudinal

Determinación de la línea de gradiente hidráulico (LGH).- para dibujar se tiene la cota piezométrica, que se describe de la siguiente manera, para cada tramo a ser evaluado:

$$\text{Cota piezométrica (CP)} = \text{Cota piezométrica anterior} - H.$$

H = Pérdida de carga total (más adelante se detalla)

En el primer tramo la cota piezométrica anterior se toma la cota de salida de la captación.

Determinación de la presión dinámica y estática.

$$\text{Presión Dinámica (CD)} = \text{Cota piezométrica anterior} - \text{Cota Terreno}$$

$$\text{Presión Estática} = \text{Cota de Salida} - \text{cota terreno.}$$

Para determinar el diámetro de la tubería en líneas de conducción por tuberías a presión, debemos tener presente lo siguiente:

Según el reglamento nacional de edificaciones en su norma OS. 010, nos indica que la velocidad mínima del flujo no debe producir depósitos ni erosiones, en ningún caso será menor a 0.60 m/s, la velocidad máxima admisible será de 3m/s para tubos de concreto y 5m/s para tubos de abesto-cemento, acero y PVC, además se recomienda en cada tramo o final de un tramo como mínimo de presión dinámica 3 metro de columna de agua.

Con estas consideraciones podremos determinar el diámetro de la tubería y el material a usar según las características que más adelante definiremos. Para poder calcular dichos diámetros, se tiene que tener en cuenta la pérdida de carga total.

$$H = H_f + H_x$$

Donde:

H = pérdida de carga total

H_f = pérdida de carga por fricción

H_x = Pérdida de carga local

A continuación definiremos las dos cargas que afectan la pérdida de carga total:

2.2.3.3.1. Pérdida de carga por fricción.

Para poder obtener dicha pérdida tenemos tres ecuaciones que a continuación se describe:

Ley de Darcy

Experimentos realizados por Darcy establecen que:

$$H_f = f \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en metros de columna de agua.

f = Coeficiente de pérdidas por rozamiento.

L = Longitud de tuberías en metros

V = Velocidad media del flujo en m/seg.

D = diámetro interior de la tubería en metros

g = Aceleración de la gravedad = 9.81m/seg²

✚ Fórmula de Manning.

$$H_f = \frac{10.3 * n^2 * L * Q^2}{D^{\frac{16}{3}}}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en metros de columna de agua.

n = Coeficiente de rugosidad (ver tabla)

L = Longitud de tuberías en metros

Q = Velocidad media del flujo en m³/seg.

D = diámetro interior de la tubería en metros

Coeficiente de fricción n para las fórmulas de Manning.

Tabla 3. Valores del coeficiente rugosidad - manning

Material	n
PVC, Polietileno de alta densidad y Polyester reforzado con fibra de vidrio	0.009
Asbesto Cemento	0.010
Hierro fundido dúctil (nuevo)	0.013
Hierro fundido dúctil (usado)	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior basado en epoxy / hierro fundido dúctil con recubrimiento interno de mortero acabado fino	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

 Fórmula de Hazen & Williams

Una de las fórmulas más empleadas para el cálculo hidráulico de tuberías forzadas es la de Hazen & Williams. Esta es una fórmula empírica resultante del análisis estadístico de una gran cantidad de datos experimentales. Es aplicada satisfactoriamente para cualquier material entre 0.05m y 3.50m de diámetro y es válida únicamente para agua. Su formulación es la siguiente:

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en metros de columna de agua.

C = Coeficiente de fricción (ver tabla)

L = Longitud de tuberías en metros

Q = Velocidad media del flujo en Lt/seg.

D = diámetro interior de la tubería en pulgadas

El reglamento nacional de edificaciones, nos proporciona el valor del coeficiente “C”, que a continuación se muestra.

Tabla 4. Coeficiente de fricción – Hazen & Williams

Tipo de tubería	C
Acero sin costura	120
Acero soldado en especial	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de Vidrio	150
Hierro Fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, asbesto cemento	140
Poli(cloruro de vinilo) (PVC)	150

Una vez vista las tres fórmulas en nuestro proyecto usaremos la fórmula de Hazen & Williams.

2.2.3.3.2. *Perdida de carga local.*

Se entiende por pérdidas locales las producidas por ensanchamientos, contracciones, cambios de dirección, entradas, salidas, válvulas y, demás accesorios de las tuberías. Estas pérdidas en algunos casos no son significativas y normalmente se ignoran, salvo que el proyectista considere necesario calcularlas, se emplea la siguiente formula:

$$H_x = k \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_x = Perdida de carga local

k = Coeficiente de pérdida que depende del accesorio que lo genera (ver tabla)

V = Velocidad media del flujo en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad = 9.81m/seg²

Valores del coeficiente “k” de perdida de carga local según los accesorios, que lo generan.

Tabla 5. Valores de coeficiente K, de perdida de perdidas locales

Accesorio	K
Codo de 90°	0.90
Codo de 45°	0.40
Codo de 22.5°	0.20
Codo de 11.25°	0.10
Válvula compuerta	0.20
Contracción brusca (D1/D2) = 1.20	0.08
Contracción brusca (D1/D2) = 1.40	0.17

2.2.3.4. Selección de Tubería y diámetro.

Para la selección del tipo de tubería y diámetro óptimo, se analiza de la siguiente manera:

Primera como ya se mencionó en la sección de topografía, debemos tener el perfil longitudinal de todo el trazo realizado para el levantamiento topográfico, con sus respectivas longitudes por cada tramo.

Como sabemos se evaluara tramo por tramo, cabe indicar que puede usarse durante el trayecto diferentes tipos de tubería como diferentes diámetros para cada tramo en particular. Se desarrollara trama por tramo iniciando en la captación, progresiva 0+000.

En cada tramo se verificara que la perdida de carga total sea la menor posible (presión dinámica mínimo de 3 metros de columna de agua), debido a que nuestra ciudad de Cerro de Pasco se encuentra a una altitud de 3300 m.s.n.m. en promedio y la captación (laguna) se encuentra a 4490 m.s.n.m.

Así mismo en cada tramo debemos verificar las velocidades mínimas y máximas, especificadas en el reglamento nacional de edificaciones, según el tipo de material.

Con estas consideraciones mencionadas se procede a escoger el tipo de tubería para cada tramo, los criterios para elección de la tubería son:

Factores Hidráulicos

El más importante es verificar la clase de tubería, y que presiones soporta dicha tubería, es adecuada para para la presión que se genera en nuestro trazo.

Costo.

Verificar es económico, en función a las demás tuberías.

Diámetros disponibles

Verificar los diámetros comerciales, que se fabrican en nuestro medio.

Calidad de Agua y tipo de suelo.

Las tuberías de agua potable cumplen ciertas normas según sea el tipo de la tubería a usar, debe indicar en sus especificaciones técnicas. Todo según la normativa de cada país. Para garantizar la calidad del agua durante su transporte.

Con respecto al suelo, algunas tuberías son corrosivas y no es conveniente que estén en contacto con el suelo, por lo tanto no se recomienda en líneas de conducción enterradas sino expuestas.

Una vez elegido el tipo de tubería para el tramo en función a las indicaciones mencionadas, el diámetro de dicha tubería se elegirá con la fórmula de “Hazen & Williams”, se elegirá el diámetro que nos genere menor pérdida de carga total en el punto extremo del tramo. Todo verificando la velocidad mínima de 0.60m/s, que indica el reglamento nacional de edificaciones.

También se tienen ciertas recomendaciones para la selección de tuberías.

- La tubería de acero es muy resistente su uso cuando las presiones de diseño sean altas. Sin embargo su costo y el de las piezas especiales son elevados y esto elevaría mucho el costo del proyecto. Por ello se recomienda analizar otras opciones de tuberías.
- Las tuberías de asbesto – cemento son resistente a la corrosión y ligeras. Estas requieren de cuidado especial en su transporte, manejo y almacenaje.
- Las tuberías de PVC son ligeras y de instalación rápida, además de ser resistentes a la corrosión y tener bajos coeficientes de rugosidad.
- Cuando se requiere mayor resistencia a presiones posibles asentamientos del terreno se recomienda el fierro dúctil.

Se deberá seleccionar el tipo de tubería en base a la agresividad del suelo y al intemperismo. En este último caso, de usarse el fierro galvanizado se le dará una protección especial.

Aquella en caso que por la naturaleza del terreno, se tenga que optar por tubería expuesta, se seleccionará por su resistencia a impactos y pueda instalarse sobre soportes debidamente anclados.

2.2.3.5. Accesorios.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura).

Las piezas de empalme, derivación y demás accesorios serán del mismo material que los tubos (PVC), o de polipropileno aptas para soportar una presión igual o mayor que las de las tuberías. Según los casos se podrán usar accesorios para roscar, soldar o pegar.

Las válvulas podrán ser de bronce, los accesorios de PVC y de F° G° .

En la instalación se deben utilizar niples de diferentes dimensiones a fin de garantizar un buen acoplamiento. Para todo caso, las válvulas deben ser de fácil desmontaje y totalmente herméticas.

Válvulas de aire - ventosas (evacuación y admisión de aire)

Se elegirá de manera clásica la ubicación y dimensionamiento de estas válvulas debido a las condiciones de funcionamiento, cantidad y emplazamiento de las mismas.

Algunas consideraciones a tener en cuenta para la colocación de estas válvulas son las siguientes:

- En todos los puntos altos, cuando la topografía es accidentada. Si el relieve es regular o plano se ubicarán cada 2.5 km como máximo.
- Cambio de pendiente ascendente a descendente.
- En puntos donde la tubería sale sobre el suelo (Ejemplos: Casetas, cámaras, etc.).
- El diámetro de las válvulas de aire se determinará en función del diámetro de la tubería.

Válvulas de purga

Las válvulas de purga se ubicarán en los puntos bajos de la tubería. La elección se realizara teniendo en cuenta la velocidad de drenaje.

2.2.3.6. Modelamiento con “waterCad V8i”.

Existen diferentes herramientas de diseño en los cuales se utilizan software para computadoras, entre estos tenemos WaterCAD V8i que trabaja bajo el interfaz de Windows; tiene como ventaja el análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución), por ello permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo; línea(tramos de tubería), punto(nodos de consumo, tanques, reservorios, hidrantes) e híbridos(bombas, válvulas de control, regulación, etc.), también no tiene límites en cantidad de tuberías lo que hace un software muy eficiente, En esta sección se da una explicación breve del software utilizado para la modelación y diseño del Sistema de Abastecimiento.

WaterCAD V8i es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos extensos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro por gravedad y a presión.

Una red suele estar constituida por:

- ✓ Embalses (fuentes de abastecimiento como manantiales o pozos)
- ✓ Tuberías, nudos (uniones de tuberías)
- ✓ Bombas (Para sistemas que no funcionan por gravedad)
- ✓ Válvulas
- ✓ Depósitos de almacenamiento (Tanques)

Con WaterCAD V8i se puede realizar un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo de un periodo de simulación; además de

simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

WaterCAD V8i trabaja bajo ambiente Windows, lo cual facilita su uso en el modelado de la red, la edición de datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y en la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores y tablas numéricas.

2.2.4. Diseño de la línea de Impulsión

La línea de impulsión en un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio.

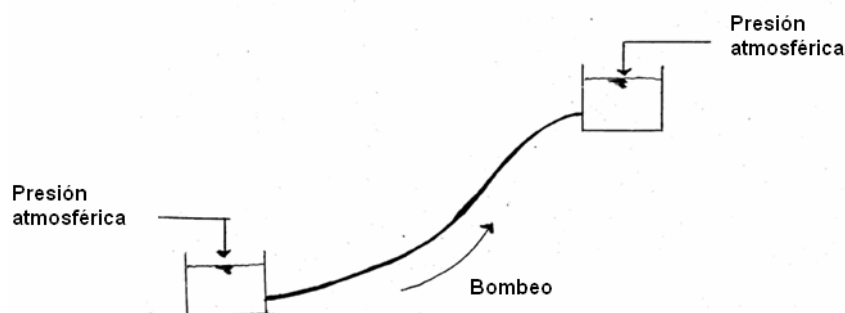


Figura 10. Diseño de sistema de impulsión

Las líneas de impulsión deben considerar una variedad de parámetros como son el tipo de luido a transportar, caudal, longitud, punto de carga y descarga para la mejor elección según la condición a la cual será sometida.

Para el diseño de la línea de impulsión se requiere de:

- Información de la población.
- Investigación de la fuente: Caudal y temporalidad.
- Plano topográfico de la ruta seleccionada, las mismas consideraciones de líneas de conducción por gravedad.

- Estudio de suelos y si es el caso estudio geológico para determinar la estabilidad del terreno.
- Calidad fisicoquímica de la fuente.

Para el trazado de la línea de impulsión se tomará en cuenta lo siguiente:

- Evitar pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas.
- En lo posible buscar el menor recorrido siempre y cuando esto no conlleve a excavaciones excesivas u otros aspectos.
- Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.
- Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

2.2.4.1. Caudal de diseño

Se debe tener en cuenta en el diseño ciertos criterios y parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión. Para la línea de impulsión se toma como base estos criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encontrará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá

El caudal de una línea de impulsión será el correspondiente al consumo del máximo diario para el periodo de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni práctico mantener períodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el caudal de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población para el día completo.

$$Qb = Qmd * \frac{24}{N}$$

Donde:

Qb = Caudal de bombeo

Qmd = Caudal máximo diario

N = Número de horas de bombeo

2.2.4.2. Selección de diámetro

Los criterios de elección del diámetro de la tubería se basan en un análisis técnico - económico.

2.2.4.2.1. Criterio técnico

La elección de la dimensión del diámetro depende de la velocidad en el conducto, velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación

2.2.4.2.2. Criterio económico

El bombeo a bajas velocidades requiere de mayores diámetros de tubería que encare la instalación, si se bombea a grandes velocidades, disminuye notablemente el diámetro de tubería rebajando el costo de la instalación pero también aumenta las pérdidas de energía debido a que estas varían directamente con la velocidad.

El cálculo económico, está basado en:

- ❖ Datos de inversión inicial.
- ❖ Costo de la tubería instalada por metro lineal.
- ❖ Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o KW.
- ❖ Datos de inversión por explotación.
- ❖ Costo anual de operación.
- ❖ Valor presente de operación en 10 años.

Un procedimiento para la selección del diámetro más adecuado (económico), es usando la fórmula de Bresse, que se aplica mediante la expresión:

$$D = 0.5873 * N^{0.25} * \sqrt{Qb}$$

Donde:

D = Diámetro interior aproximado (m)

N = Número de horas de bombeo al día.

Qb = Caudal de bombeo

Establecido el diámetro de diseño, si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad.

2.2.4.3. Diseño Hidráulico

Para el diseño hidráulico de las tuberías, se considera la topografía del terreno, en especial del trazo. Las características del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y calidad de tubería.

Para poder calcular se tiene que tener en cuenta la pérdida de carga total.

$$H = H_f + H_x$$

Donde:

H = pérdida de carga total

Hf= pérdida de carga por fricción

Hx = Pérdida de carga local

Las pérdidas de cargas que se presentan en las líneas de impulsión se dividen básicamente en dos tipos que se define a continuación.

2.2.4.3.1. *Pérdida de carga por fricción.*

Para la obtención de dicha pérdida de carga usaremos la fórmula de Hazen & Williams

 Fórmula de Hazen & Williams

Una de las fórmulas más empleadas para el cálculo hidráulico de tuberías forzadas es la de Hazen & Williams. Esta es una fórmula empírica resultante del análisis estadístico de una gran cantidad de datos experimentales. Es aplicada satisfactoriamente para cualquier material entre 0.05m y 3.50m de diámetro y es válida únicamente para agua. Su formulación es la siguiente:

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga por fricción en metros de columna de agua.

C = Coeficiente de fricción (ver tabla)

L = Longitud de tuberías en metros

Q = Velocidad media del flujo en Lt/seg.

D = diámetro interior de la tubería en pulgadas

El reglamento nacional de edificaciones, nos proporciona el valor del coeficiente “C”, que a continuación se muestra.

Tabla 6. Coeficiente C, para tuberías

Tipo de tubería	C
-----------------	---

Acero sin costura	120
Acero soldado en especial	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de Vidrio	150
Hierro Fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, asbesto cemento	140
Poli(cloruro de vinilo) (PVC)	150

Una vez vista las tres fórmulas en nuestro proyecto usaremos la fórmula de Hazen & Williams.

2.2.4.3.2. *Perdida de carga local.*

Se entiende por pérdidas locales las producidas por ensanchamientos, contracciones, cambios de dirección, entradas, salidas, válvulas y, demás accesorios de las tuberías. Estas pérdidas en algunos casos no son significativas y normalmente se ignoran, salvo que el proyectista considere necesario calcularlas, se emplea la siguiente formula:

$$H_x = k \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_x = Perdida de carga local

k = Coeficiente de pérdida que depende del accesorio que lo genera (ver tabla)

V = Velocidad media del flujo en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad = 9.81m/seg²

Valores del coeficiente “k” de perdida de carga local según los accesorios, que lo generan.

Tabla 7. Valores de K, de perdida locales

Accesorio	K
Codo de 90°	0.90
Codo de 45°	0.40
Codo de 22.5°	0.20
Codo de 11.25°	0.10
Válvula compuerta	0.20
Contracción brusca (D1/D2) = 1.20	0.08
Contracción brusca (D1/D2) = 1.40	0.17

2.2.4.4. Tuberías

En forma similar a como se determinara la línea de conducción por gravedad, habrá que determinar las clases de tubería capaces de soportar las presiones de servicio y contrarrestar el golpe de ariete

2.2.4.5. Fenómeno del golpe de ariete

El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente severas como para romper la tubería de agua. Los problemas potenciales del golpe de ariete pueden ser considerados al evaluarse el diseño de las tuberías y cuando se realiza un análisis detallado de las oscilaciones de presión, en muchos casos para evitar malos funcionamientos costosos en el sistema de distribución. Cualquier cambio mayor en el diseño del sistema principal o cambio en la operación—tales como aumento en la demanda de los niveles de flujo—deben incluir la consideración de los problemas potenciales de golpe de ariete. Este fenómeno y su significado tanto para el diseño como para la operación de los sistemas de agua, no son ampliamente entendidos, como demuestra por el número y la frecuencia de fallos causados por el golpe de ariete.

El golpe de ariete (choque hidráulico) es el incremento momentáneo en presión, el cual ocurre en un sistema de agua cuando hay un cambio repentino de dirección o velocidad del agua. Cuando una válvula de rápido cierre cierra repentinamente, detiene el paso del agua que está fluyendo en las tuberías, y la energía de presión es transferida a la válvula y a la pared de la tubería. Las ondas expansivas se activan dentro del sistema. Las ondas de presión viajan hacia atrás hasta que encuentran el siguiente obstáculo sólido, luego continúan hacia adelante, luego regresan otra vez. La velocidad de las ondas de presión es igual a la velocidad del sonido; por lo tanto, su “explosión” a medida que viaja hacia adelante y hacia atrás, hasta que se disipa por la pérdida de fricción. Cualquiera que haya vivido en una casa antigua está familiarizado con la “explosión” que resuena a través de las tuberías cuando una llave de agua es cerrada repentinamente. Esto es un efecto del golpe de ariete.

Una forma menos severa del golpe de ariete es llamada oscilación, que es un movimiento lento en forma de ola de una masa de agua causado por fluctuaciones internas de presión en el sistema. Esto puede ser visto como una “onda” de presión que se forma lentamente dentro del sistema. Ambos, golpe de ariete y oscilación, se refieren a presiones transitorias. Si no se controlan, ambas darán los mismos resultados: daños a las tuberías, accesorios y válvulas, causando fugas y reduciendo la vida útil del sistema. Ni la tubería ni el agua se comprimirán para absorber el choque del agua.

“Siempre que el tiempo de cierre de la válvula sea inferior al tiempo de prolongación de ondas de choque (desde la válvula hasta la embocadura de la tubería y vuelta de nuevo hasta la válvula) se manifestará este fenómeno”.

En resumen ocurre cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua en la línea de impulsión o por el cierre rápido de la válvula de regulación de flujo a la salida de la bomba ocasionando una presión interna a todo lo largo de la tubería, la cual es recibida en las paredes de la tubería y los accesorios como un impacto. Al cerrar

instantáneamente o parar el equipo de bombeo la compresión del agua y expansión de la tubería comienza en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada por la expresión (método de Allievi).

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e * E}\right)}}$$

Donde:

a = Velocidad de propagación de la onda (m/S)

ρ = Densidad del liquido

d = Diámetro interior de la tubería (m)

e = Espesor de la tubería

ε = Modulo de elasticidad del agua ($2.00 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$)

E = Modulo de elasticidad de tracción del material que compone la tubería (N/m²)

El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo crítico y se expresa como:

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Donde:

T_c = Tiempo critico o de propagación de la onda en cierre instantáneo (s)

L = Longitud de la tubería por donde transita la onda (m)

2.2.4.5.1. Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas. Cierre lento y cierre rápido

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por

gravedad como a impulsiones, conociéndose en el primer caso como tiempo de cierre de la válvula y como tiempo de parada en el segundo.

El tiempo de cierre de una válvula puede medirse con un cronómetro, es un tiempo físico y real; por el contrario, en el caso de las bombas, el tiempo de parada no puede medirse de forma directa y es más difícil de controlar. Propuesta por Mendiluce para el cálculo del tiempo de parada:

$$T = C + \frac{KLV}{g * Hm}$$

Donde:

T = Tiempo de parada (seg)

C y K = Coeficientes de ajustes empíricos

L = Longitud de la tubería (m)

V = Velocidad del fluido en la tubería (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/seg²)

Hm = Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo (m)

La altura manométrica puede obtenerse:

$$Hm = Hg + ht$$

Donde:

Hm = Altura manométrica (m)

Hg = Altura geométrica o presión estática

ht = Perdidas de cargas totales (m)

La altura geométrica o presión estática (Hg) se mide siempre inmediatamente aguas arriba de la bomba, por lo que la profundidad del agua en el pozo debe tenerse en cuenta en el caso de bombas sumergidas.

El coeficiente “C”, es una función de la pendiente hidráulica (m), siendo $m = \frac{Hm}{L}$, los valores del coeficiente según “Mendiluce”.

Tabla 8. Coeficiente C, según Mendiluce

Pendiente ($m = \frac{Hm}{L}$)	Coeficiente C
$m < 0.20$	1
$m \geq 0.40$	0
$m = 0.30$	0.60

El coeficiente K depende de la longitud de la tubería y puede obtenerse a partir de la siguiente tabla propuesta “Mendiluce”.

Tabla 9. Coeficiente K, según Mendiluce

L	K
$L < 500$	2
$L = 500$	1.75
$500 < L < 1500$	1.5
$L = 1500$	1.25
$L > 1500$	1

2.2.4.5.2. Método practico para el cálculo del golpe de ariete

Se necesita calcular previamente la velocidad del agua y en impulsiones, la altura manométrica del grupo de bombeo. Se obtiene el tiempo de parada con la ecuación de “Mendiluce”. En el caso de abastecimiento de agua por gravedad, el tiempo de cierre de la válvula será conocido.

Se calcula la longitud crítica “Lc”, que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la Lc rige la fórmula de Michaud

$$Lc = \frac{a * T}{2}$$

Luego se compara las longitudes, L y Lc. Y luego se escoge la fórmula adecuada según sea el caso.

Tabla 10. Elección del método de golpe de ariete

L < Lc	Impulsión corta	$T > \frac{2L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$Pg = \frac{2LV}{gT}$
L > Lc	Impulsión larga	$T < \frac{2L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$Pg = \frac{a * v}{g}$

Donde:

Pg = Presión debido al golpe de arieta

El tipo de cierre, lento o rápido, también puede conocerse comparando el tiempo de parada de la bomba o el de cierre de la válvula con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa.

Determinemos entonces la sobrepresión de tubería en su punto más bajo por el efecto de golpe de ariete, para así poder determinar la resistencia de la tubería.

$$P_{max} = Pg + dH$$

Donde:

Pmax = Presión máxima en el punto máximo

dH = Diferencia de nivel entre el punto donde llega el agua (reservorio) y el punto más bajo de la tubería, que es igual a la carga estática en ese punto. Considerar las pérdidas de cargas totales.

Pg = Carga de sobre presión por golpe de ariete.

2.2.4.6. Potencia de impulsión.

Establecida las pérdidas de carga se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio.

Caudal de bombeo (QB).- es aquel caudal requerido para abastecer el reservorio y que es producido por el pozo con un cierto descenso en el nivel de agua respecto del nivel estático cuando se realiza la extracción del acuífero.

Altura dinámica total (HDT).- en términos prácticos se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más la altura de succión.

Altura de impulsión.- se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga totales (fricción y locales)

Altura de succión.- se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico pozo), más las pérdidas de carga del tramo (fricción y locales)

2.2.4.6.1. Potencia de consumo.

La energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como potencia de consumo (Pc) y es calculada por la expresión:

$$Pc(HP) = \frac{100 * Qb * HDT}{75 * nb}$$

Donde:

HDT : Altura dinámica total (m)

Qb : Caudal de bombeo (l/s)

nb : Eficiencia de la bomba

2.2.4.6.2. Potencia de instalada.

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada (P_i) y es calculada por la expresión

$$P_i(HP) = \frac{100 * Q_b * HDT}{75 * n_c}$$

Donde:

n_c : Eficiencia del sistema en conjunto bomba – motor (%)

Eficiencia de la bomba obtenida por la transformación de la energía mecánica de rotación en energía potencial de fluido y la eficiencia del motor obtenida de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica de rotación componen la eficiencia del sistema de conjunto que describe el grado de aprovechamiento energético que tiene un sistema al suministrarle una energía determinada, y como este llega a convertirla en energía útil ganada para el fluido.

2.2.4.6.3. Costo anual de operación (energía consumida) que se calcula de acuerdo a la potencia instalada y al costo de energía por Kw-h/año

$$CAB = H * P_i * E$$

Donde:

CAB : Costo anual de operación

H : Horas de bombeo anual

P_i : potencia instalada en (kW)

E : costo de energía en (S./kW-Hr)

2.3. Definición de términos

- Cámaras rompe presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños a la tubería.
- Carga dinámica: En cualquier punto de la línea, representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería.

- Golpe de ariete: Se denomina a la sobrepresión que reciben las tuberías, por efecto del cierre brusco del flujo de agua.
- Línea de conducción: En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua desde el punto de captación hasta el reservorio. Cuando la fuente es agua superficial, dentro de su longitud se ubica la planta de tratamiento.
- Línea gradiente hidráulica: Es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.
- Línea de impulsión: En un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio.
- Nivel de carga estática: Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería al agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo.
- Pérdida de carga unitaria (h_f): Es la pérdida de energía en la tubería por unidad de longitud debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua. Se expresa en m/km o m/m.
- Pérdida por tramo (H_f): Viene a representar el producto de pérdida de carga unitaria por la longitud del tramo de tubería.
- Reservorio: Es la instalación destinada al almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día.
- Válvula de aire: Válvula para eliminar el aire existente en las tuberías; se las ubica en los puntos altos de la línea.
- Válvula de purga: Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red o conducción para eliminar acumulación de sedimentos.

2.4.- Hipótesis: Genérico y específicos

2.4.1. Genérico

Con un buen modelo de simulación de líneas de conducción e impulsión se mejora el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco.

2.4.2. Específicos-

A. Con un buen modelo de simulación de la línea de conducción se podrá mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.

B.- Con un buen modelo de simulación de la línea de impulsión se podrá mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.

2.5. Identificación de las Variables

Propiedad que tiene una variable es que puede medirse u observarse

2.5.1. Variables Independiente

Línea de conducción e impulsión

2.5.2. Variables Dependiente

Abastecimiento de agua potable

III. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación.

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010,p.4).

Para nuestra investigación se utilizara un **enfoque cuantitativo**. Debido a que el campo de investigación que se escogió recae sobre ella. Trabaja en base a una recolección de datos y así poder llegar a nuestra hipótesis planteada.

3.1.2. Alcance de la investigación.

El alcance de nuestra investigación es **explicativo**, porque se explicara de forma clara y precisa las causas que generan el desabastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco.

Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de éstos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010,p.84)

3.1.3. Según su hipótesis.

Como ya sabemos tenemos cuatro tipos de hipótesis, que se describen a continuación:

- Hipótesis de investigación
- Hipótesis nulas
- Hipótesis alternativas
- Hipótesis estadísticas

En nuestro caso, nos encontramos con una **hipótesis de investigación**.

Hipótesis de investigación Propositiones tentativas sobre la o las posibles relaciones entre dos o más variables.

La hipótesis de investigación podemos clasificar en 4 apartados.

- Descriptivas de un valor o dato pronostico.
- Correlacionales
- De diferentes grupos.
- Causales.

Dentro de la clasificación nuestra investigación recae en, **hipótesis de investigación causales**. Según esta hipótesis; no solamente afirma la o las relaciones entre dos o más variables y la manera en que se manifiestan, sino que además propone un “sentido de entendimiento” de las relaciones. “Tal sentido puede ser más o menos completo, esto depende del número de variables que se incluyan, pero todas estas hipótesis establecen relaciones de causa-efecto” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010,p.100). Las hipótesis causales multivariadas. Plantean una relación entre diversas variables independientes y una dependiente, o una independiente y varias dependientes, o diversas variables independientes y varias dependientes.

3.2. Diseño de la Investigación

Se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que desea. Por lo tanto, el diseño de investigación se concibe como estrategias en las cuales se pretende obtener respuestas a las interrogantes y comprobar las hipótesis de investigación, con el fin de alcanzar los objetivos del estudio.

En el caso del enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su diseño para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación.

El diseño de investigación se divide en 2, de la siguiente manera:

- **Diseño experimental.**- dicho diseño indica en que al menos una variable (llamada variable experimental o independiente) es manipulado o controlada por el investigador para que efectos produce en al menos otra variable llamada dependiente.
- **Diseño no experimental.**- a diferencia del diseño anterior, en este caso el investigar no puede manipular ni controlar la variable independiente, porque estas ya ocurrido y solo se analiza la variable dependiente.

En nuestra investigación nos encontramos dentro del diseño experimental, debido a que nuestra variable independiente (causa) y la variable dependiente (Efecto).

Dentro del diseño experimental tenemos tres tipos.

- Diseño experimental pura
- Diseño pre experimental
- Diseño cuasi experimental

Al respecto nos encontramos dentro del **diseño cuasi experimental**, que a continuación detallaremos, en la sección de métodos de investigación.

3.3. Población muestra.

En nuestra caso tenemos no tenemos una muestra de población, debido a que nuestro diseño de investigación tiene una muestra dirigida que es la población beneficiaria de la ciudad de Cerro de Pasco, en su totalidad.

3.4. Métodos de la investigación

Como se mencionó usaremos el método o diseño cuasi experimental.

3.4.1. Diseño cuasi experimental.

A diferencia de los experimentos de puros, donde el investigador podía escoger al azar los sujetos a los grupos de control y experimental. En este caso el investigador ya tiene establecido los sujetos a los grupos de control y experimental. En algunos casos se puede suprimir los grupos de control.

Con respecto a la variable independiente, sigue el mismo tratamiento que en los experimentos puros, que son manipulados para ver los cambios que genera en la variable dependiente.

Nomenclatura.

Antes de revisar los conceptos de nuestro diseño, se tiene que tener las siguientes nomenclaturas.

- O.- indica la medida de la variable independiente antes (01) o después (02) del tratamiento. El sub índice expresa la posición de la medida en el diseño.
- X.- indica el tratamiento o variable independiente.

Dentro del diseño cuasi experimental tenemos, el diseño de series temporales que usaremos en nuestra investigación, a continuación detallamos al respecto.

3.4.1.1. Diseño de series temporales.

Este diseño incluye un grupo. La variable dependiente es medida antes y después del tratamiento varias veces. El efecto del tratamiento viene determinado por la diferencia entre las medidas tomadas al grupo antes y después de la intervención o del tratamiento. Este

diseño es similar al diseño de un solo grupo con pretest y postest; sin embargo, este es más potente gracias a las múltiples medidas que se efectúan antes y después del tratamiento. Estas medidas adicionales permiten al investigador excluir la maduración y la administración de las pruebas como una fuente de influencias en los cambios entre el pretest y el postest. Este tipo de diseño es especialmente útil en aquellas investigaciones donde, al no ser posible la inclusión de un grupo de control, se quiere ver los efectos de un tratamiento de forma inmediata, a medio y a largo plazo. (Diseño de series temporales)

Tabla 11. Diseño de series temporales

Observaciones			Intervención	Observaciones		
O1	O2	O3	X	O1	O2	O3

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En esta parte escogeremos las técnicas e instrumentos para poder recolectar los datos de nuestra investigación. Tenemos datos primarios (observación, entrevista y encuentros) y secundarios (documentos, registros, historias, etc.). A continuación detallamos cada uno de ellos:

3.5.1. Datos secundarios (recolectados por otros investigadores)

Los datos secundarios, ponemos antes de los datos primarios, porque en nuestro caso es la base nuestra investigación. Con respecto a este tipo de datos tenemos los documentos físicos del expediente técnico:

“Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Saneamiento y Fortalecimiento Institucional Integral de EMAPA Pasco”

Dicho proyecto se encuentra en ejecución en la ciudad de Cerro de Pasco, desde el 09 de enero de 2014 hasta fecha. Cabe mencionar que nuestra persona labora en el área de supervisión durante la ejecución del proyecto por un periodo promedio de dos meses.

Producto ello nació el interés en mi persona de enfocar mi investigación sobre el tema de agua potable en la ciudad, siendo uno de los afectados por el problema que se tiene.

La información recopilada es de primera mano debido que en ello se gastó más 2 millones soles, dicha información se obtuvo del “GOBIERNO REGIONAL DE PASCO”.

3.5.2. Datos primarios

Lo veremos en esta investigación tan solo para corroborar la información obtenida. Dentro ello usaremos las técnicas de observación y encuesta:

Observación

Se hará una observación directa del fenómeno estudiado en este caso, se realizara visitas al campo de estudio como; la línea de conducción e línea de impulsión existentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad, para lo cual se usara el instrumento como una cámara fotográfica y una memoria USB.

Entrevista

En este caso se hará una entrevista de forma personal a un sector de la población de la ciudad que es beneficiada con el servicio de agua potable que ofrece “EMAPA”. Todo esto para corroborar los datos obtenidos.

Para realizar dicho trabajo usaremos el instrumento de los cuestionarios, dentro los cuales tenemos dos tipos:

Preguntas abiertas:

Son aquellas preguntas que describen hechos o situaciones por parte del entrevistado con una gran cantidad de detalles que a juicio del entrevistado son importantes.

En nuestro caso usaremos la siguiente pregunta, claro antes de ser usada será cotejada con el asesor designado.

¿Cuántas horas o minutos tiene Ud. el servicio de agua potable, el día que cuenta con dicho servicio?

Preguntas cerradas:

En las preguntas cerradas las respuestas posibles están cerradas al entrevistado, debido a que solamente puede responder con un número finito, tal como “ninguno”, “uno”, o “quince”. Una pregunta cerrada limita las respuestas disponibles al entrevistado.

¿Cuántos días de la semana UD. Tiene el servicio de agua potable? Responda con aspa su respuesta

- 0 días
- 1 día
- 2 días
- 3 días
- 4 días
- 5 días
- 6 días
- 7 días

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Con respecto al procesamiento de los datos, en este caso nuestra información que es el expediente técnico “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Saneamiento y Fortalecimiento Institucional Integral de EMAPA Pasco”, fue verificada su validez (verificando el documento en físico). Es confiable porque es parte de un proyecto que está ejecutando el “Gobierno Regional de Pasco”.

Con respecto a las observaciones que tenemos que hacer en la línea de conducción e impulsión será un trabajo de campo el cual será de forma ordenada y codificada, para su adecuado uso.

Con respecto a la entrevista la variable a medir será la dotación de agua potable que tiene la ciudad de Cerro de Pasco. Para lo cual se usa las dos preguntas ya mencionadas anteriormente. Y analizara con gráficos estadístico.

3.7. Tratamiento Estadístico de Datos

Como ya sabemos de ante mano la situación actual del grupo que eligió para nuestro estudio, que viene hacer la población actual de la ciudad de Cerro de Pasco. Todos estos detalles se encuentran en el expediente técnico de “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Saneamiento y Fortalecimiento Institucional Integral de EMAPA Pasco”

IV. Resultados y Discusión

4.1. Tratamiento Estadístico e interpretación de cuadros.

4.1.1. Parámetros de diseño

4.1.1.1. *Calculo de la población futura.*

A continuación se describe los métodos analizados para poder obtener la población futura de la ciudad de Cerro de Pasco con un periodo de diseño de 20 años.

Comportamiento población de la ciudad de Cerro de Pasco, para ello analizaremos sus tres distritos que lo conforman.

Datos según el censo realizado el año 2007 por el Instituto Nacional de estadística e Informática – INEI

- ✓ Distrito de Chaupimarca

Tabla 12. Población del distrito de chaupimarca - inei 2007

Centro Poblado	Población Urbana	Población Rural	Población Total
Cerro de Pasco	27,840		27,840
Población Dispersa		33	33
Población Total	27,840	33	27,873

✓ Distrito de Yanacancha

Tabla 13. población del distrito de yanacancha - inei 2007

Centro Poblado	Población Urbana	Población Rural	Población Total
Yanacancha ⁽²⁾	24,105		24,105
Cajamarquilla	1,295		1,295
San Ramón de Yanapampa		457	457
Santa Rosa de Pitic Baja		217	217
La Quinoa	831		831
Anasquizque	234		234
Tingo Palca		294	294
San Isidro de Yanapampa		1,015	1,015
Población Dispersa	401	747	1,148
Población Total	26,866	2,730	29,596

✓ Distrito de Simón Bolívar

Tabla 14. población del distrito de Simon Bolivar- inei 2007

Centro Poblado	Población Urbana	Población Rural	Población Total
Rancas	913		913
Paragsha y José Carlos Mariátegui ⁽³⁾	6,316		6,316
La Cureña Ayapoto ⁽³⁾	2,785		2,785
Quiulacocha ⁽³⁾	652		652
Yurajhuanca ⁽³⁾	475		475
Sacrafamilia	824		824
San Pedro de Raco	189		189
Población Dispersa		1,527	1,527
Población Total	12,154	1,527	13,681

Proyección a la realizados por el Instituto Nacional de estadística e Informática – INEI, a la fecha.

Se tiene datos obtenidos de la página web del INEI, donde se puede apreciar el descenso de la población de la ciudad de Cerro de Pasco. A continuación mostramos la tabla y el grafico que se obtuvo de dicha página. Analizamos para cada distrito que compone la ciudad.

Tabla 15. Proyección de la población de Cerro de Pasco -INEI

Datos de crecimiento del instituto nacional de estadística e informática - INEI				
Año	Chuapimarca	Yanacancha	Simón Bolívar	Cerro de Pasco
2000	29,675	23,818	11,686	65,179
2001	29,533	24,006	11,522	65,061
2002	29,384	24,187	11,356	64,927
2003	29,221	24,358	11,188	64,767
2004	29,046	24,518	11,017	64,581
2005	28,856	24,669	10,843	64,368
2006	28,653	24,811	10,665	64,129
2007	28,441	24,942	10,488	63,871
2008	28,214	25,059	10,306	63,579
2009	27,968	25,159	10,120	63,247
2010	27,698	25,238	9,928	62,864
2011	27,405	25,292	9,732	62,429
2012	27,091	25,325	9,528	61,944
2013	26,759	25,338	9,323	61,420
2014	26,413	25,333	9,116	60,862
2015	26,054	25,312	8,906	60,272

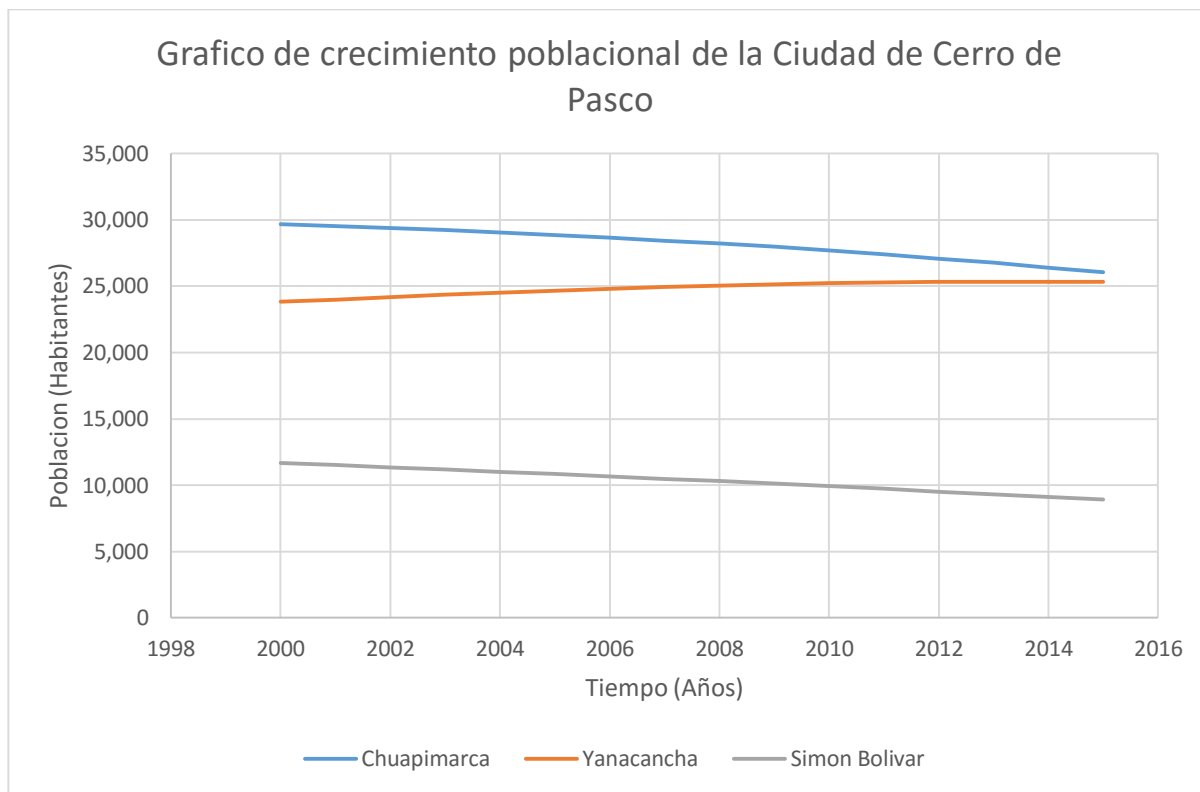


Figura 11. Proyección de la población por distritos - INEI

A continuación mostramos el grafico del comportamiento de la ciudad de Cerro de Pasco. En función al cuadro proporcionado por la página web del INEI.

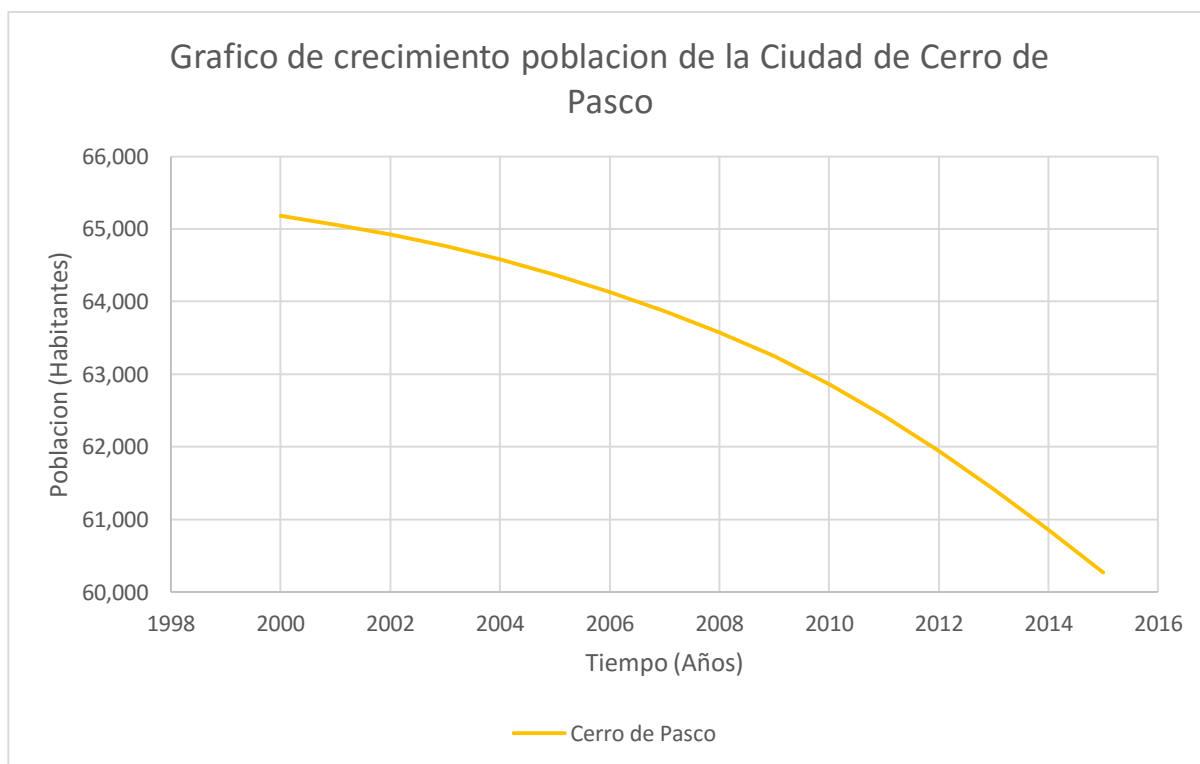


Figura 12. Proyección de la población de Cerro de Pasco - INEI

El método que se analiza para nuestro caso el método aritmético y geométrico, que a continuación detallamos para cada distrito en particular.

✓ Distrito de Chaupimarca

Tabla 16. Estimación de la población futura - Chaupimarca

Distrito de Chaupimarca- Estimación del crecimiento población			
Año	Metodología aplicada		
	Aritmético	Geométrico	tasa de crecimiento
2007	27,840	27,840	0.33%
2008	27,932	27,932	0.33%
2009	28,024	28,024	0.33%
2010	28,116	28,117	0.33%
2011	28,207	28,209	0.33%
2012	28,299	28,302	0.33%
2013	28,391	28,396	0.33%
2014	28,483	28,490	0.33%
2015	28,575	28,584	0.33%
2016	28,667	28,678	0.33%
2017	28,759	28,772	0.33%
2018	28,851	28,867	0.33%
2019	28,942	28,963	0.33%
2020	29,034	29,058	0.33%
2021	29,126	29,154	0.33%
2022	29,218	29,250	0.33%
2023	29,310	29,347	0.33%
2024	29,402	29,444	0.33%
2025	29,494	29,541	0.33%
2026	29,586	29,638	0.33%
2027	29,677	29,736	0.33%
2028	29,769	29,834	0.33%
2029	29,861	29,933	0.33%
2030	29,953	30,032	0.33%
2031	30,045	30,131	0.33%
2032	30,137	30,230	0.33%
2033	30,229	30,330	0.33%
2034	30,321	30,430	0.33%
2035	30,412	30,530	0.33%

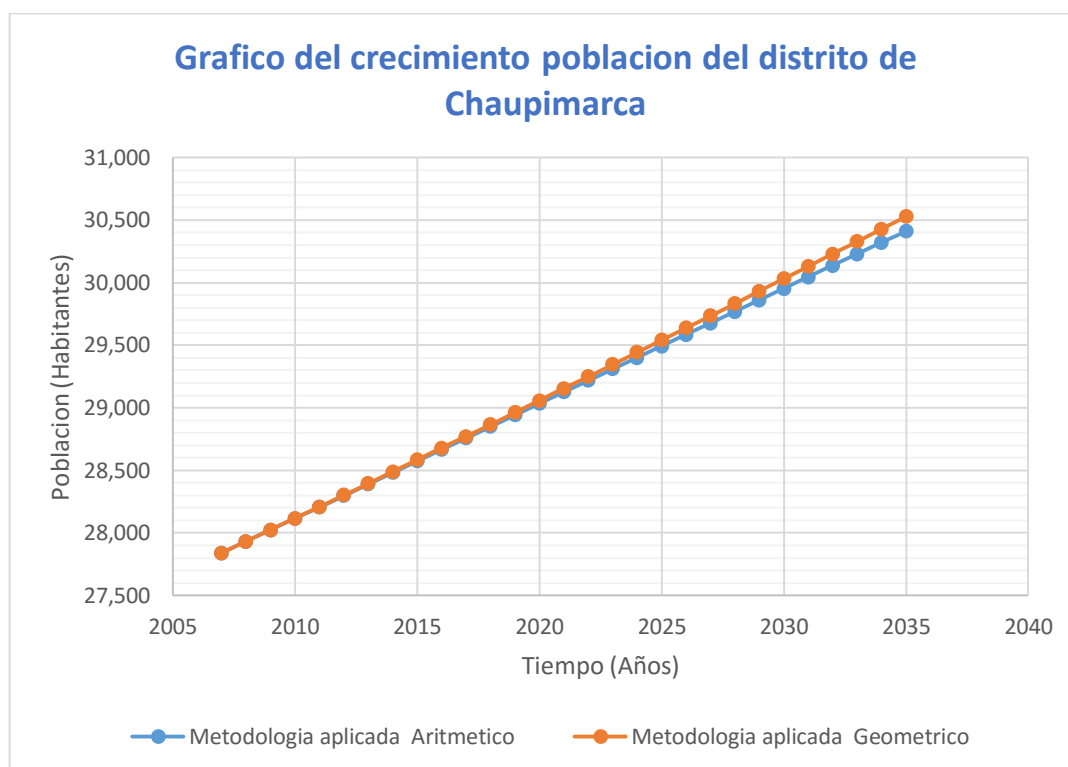


Figura 13. Población futura - Chaupimarca

✓ Distrito de Yanacancha

Tabla 17. Estimación de la población futura - Yanacancha

Distrito de Yanacancha- Estimacion del crecimiento poblacion			
Año	Metodologia aplicada		
	Aritmetico	Geometrico	tasa de crecimiento
2007	24,506	24,506	0.33%
2008	24,587	24,587	0.33%
2009	24,668	24,668	0.33%
2010	24,749	24,749	0.33%
2011	24,829	24,831	0.33%
2012	24,910	24,913	0.33%
2013	24,991	24,995	0.33%
2014	25,072	25,078	0.33%
2015	25,153	25,160	0.33%
2016	25,234	25,244	0.33%
2017	25,315	25,327	0.33%
2018	25,396	25,410	0.33%
2019	25,476	25,494	0.33%
2020	25,557	25,578	0.33%
2021	25,638	25,663	0.33%
2022	25,719	25,747	0.33%

2023	25,800	25,832	0.33%
2024	25,881	25,918	0.33%
2025	25,962	26,003	0.33%
2026	26,043	26,089	0.33%
2027	26,123	26,175	0.33%
2028	26,204	26,261	0.33%
2029	26,285	26,348	0.33%
2030	26,366	26,435	0.33%
2031	26,447	26,522	0.33%
2032	26,528	26,610	0.33%
2033	26,609	26,698	0.33%
2034	26,689	26,786	0.33%
2035	26,770	26,874	0.33%

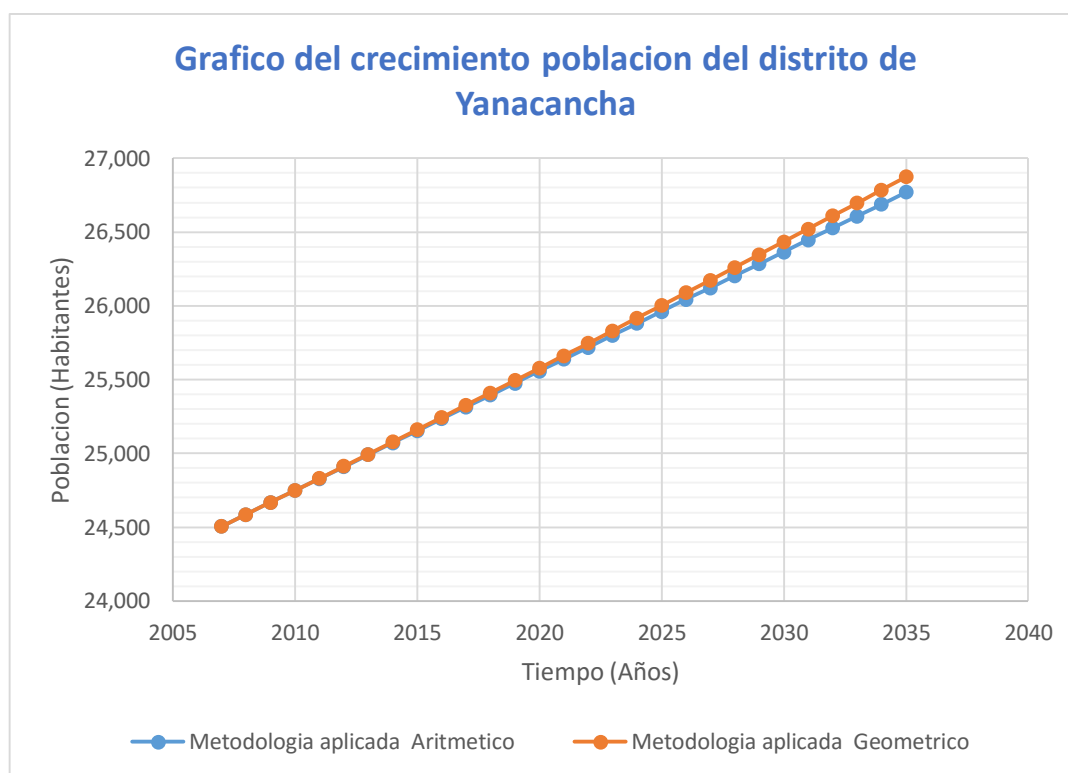


Figura 14. Población futura - Yanacancha

✓ Distrito de Simón Bolívar

Tabla 18 . Estimación de la población futura – Simón Bolívar

Distrito de Simón Bolívar- Estimación del crecimiento población			
Año	Metodología aplicada		
	Aritmético	Geométrico	tasa de crecimiento
2007	10,228	10,228	0.33%
2008	10,262	10,262	0.33%
2009	10,296	10,296	0.33%
2010	10,329	10,330	0.33%
2011	10,363	10,364	0.33%
2012	10,397	10,398	0.33%
2013	10,431	10,432	0.33%
2014	10,464	10,467	0.33%
2015	10,498	10,501	0.33%
2016	10,532	10,536	0.33%
2017	10,566	10,571	0.33%
2018	10,599	10,605	0.33%
2019	10,633	10,640	0.33%
2020	10,667	10,676	0.33%
2021	10,701	10,711	0.33%
2022	10,734	10,746	0.33%
2023	10,768	10,782	0.33%
2024	10,802	10,817	0.33%
2025	10,836	10,853	0.33%
2026	10,869	10,889	0.33%
2027	10,903	10,925	0.33%
2028	10,937	10,961	0.33%
2029	10,971	10,997	0.33%
2030	11,004	11,033	0.33%
2031	11,038	11,070	0.33%
2032	11,072	11,106	0.33%
2033	11,106	11,143	0.33%
2034	11,139	11,180	0.33%
2035	11,173	11,216	0.33%

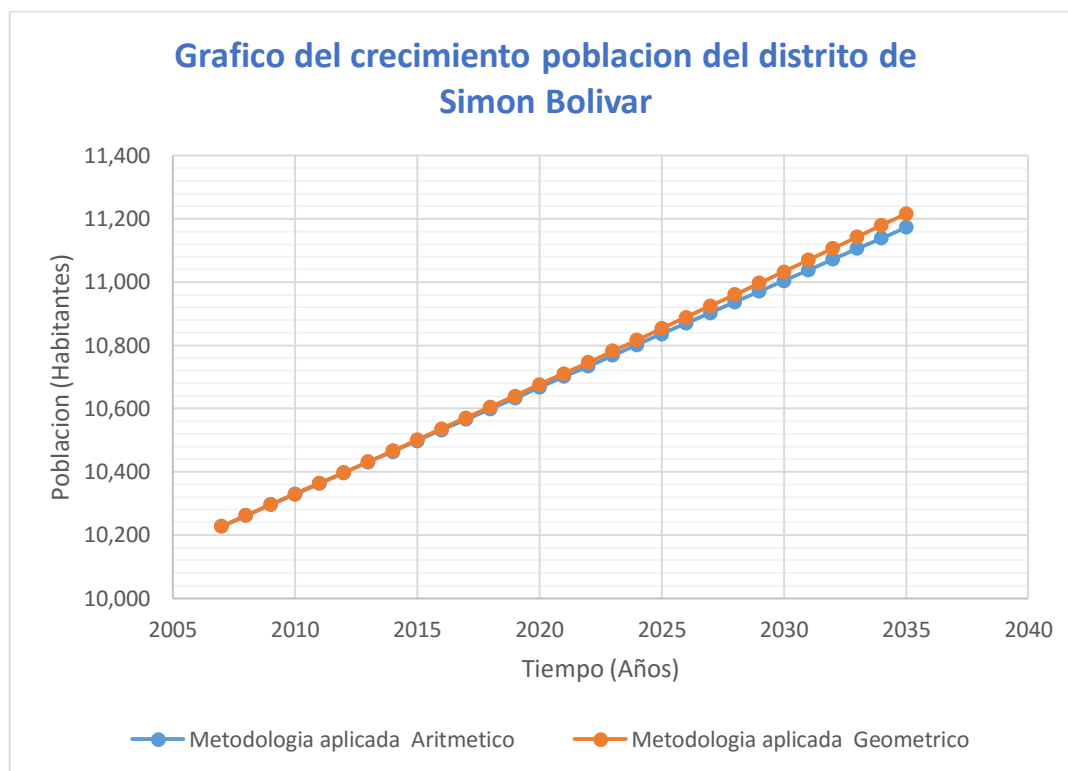


Figura 15. Población futura – Simón Bolívar

Analizando todos los escenarios posible y ambos métodos ya planteadas líneas arriba, nos vemos obligados a realizar un cuadro adicional en función a nuestras características. Que son las siguientes:

- ✓ Variación de la población debido al empleo que genera la minera. Que dicho de paso en este momento está casi cerrada.
- ✓ Migración de la población, generalmente de la población adulta (mayores de 65 años por tema de salud), también se tiene en estudiantes que culmina la secundaria para continuar sus estudios superiores en otras ciudades.
- ✓ Para nosotros que vivimos en la ciudad, podemos apreciar cómo ha disminuido la población, debido al desempleo que genero la reducción de los precios de minerales y el recorte presupuestal del parte de gobierno central hacia los gobiernos locales.
- ✓ El método geométrico se usa más en asentamientos humanos y pueblos jóvenes que incrementa su población de forma acelerada y el método aritmético es para ciudades ya establecidas con un crecimiento constante.

Como la ciudad se encuentra en un caso muy especial y analizando lo proyectado por el INEI. Nos vemos obligados a tomar una opción distinta a los métodos ya planteados. Como sabemos la población en la ciudad está disminuyendo y no sabe el comportamiento que tendrá los precios de los minerales a futuro. Viendo el periodo del 2000 al 2010 donde se tuvo altos precios de los minerales y la población máxima de la ciudad bordeaba los 65,000 habitantes, nosotros hicimos un tercer grafico que asemeja a la realidad, para ello hicimos el procedimiento del método aritmético pero con la particularidad que solo se asume el 50% del crecimiento que dicho método nos arroja. A continuación se muestra dicho gráfico.

Tabla 19. Estimación de la población futura – Cerro de Pasco

Ciudad de Cerro de Pasco- Estimación del crecimiento población			
Año	Metodología aplicada		
	Aritmético	Geométrico	Aproximación - INEI
2007	62,574	62,574	62,574
2008	62,781	62,781	62,678
2009	62,988	62,988	62,781
2010	63,194	63,196	62,884
2011	63,399	63,404	62,987
2012	63,606	63,613	63,090
2013	63,813	63,823	63,194
2014	64,019	64,035	63,297
2015	64,226	64,245	63,400
2016	64,433	64,458	63,504
2017	64,640	64,670	63,607
2018	64,846	64,882	63,710
2019	65,051	65,097	63,813
2020	65,258	65,312	63,916
2021	65,465	65,528	64,020
2022	65,671	65,743	64,123
2023	65,878	65,961	64,226
2024	66,085	66,179	64,330
2025	66,292	66,397	64,433
2026	66,498	66,616	64,536
2027	66,703	66,836	64,639
2028	66,910	67,056	64,742
2029	67,117	67,278	64,846

2030	67,323	67,500	64,949
2031	67,530	67,723	65,052
2032	67,737	67,946	65,156
2033	67,944	68,171	65,259
2034	68,149	68,396	65,362
2035	68,355	68,620	65,465

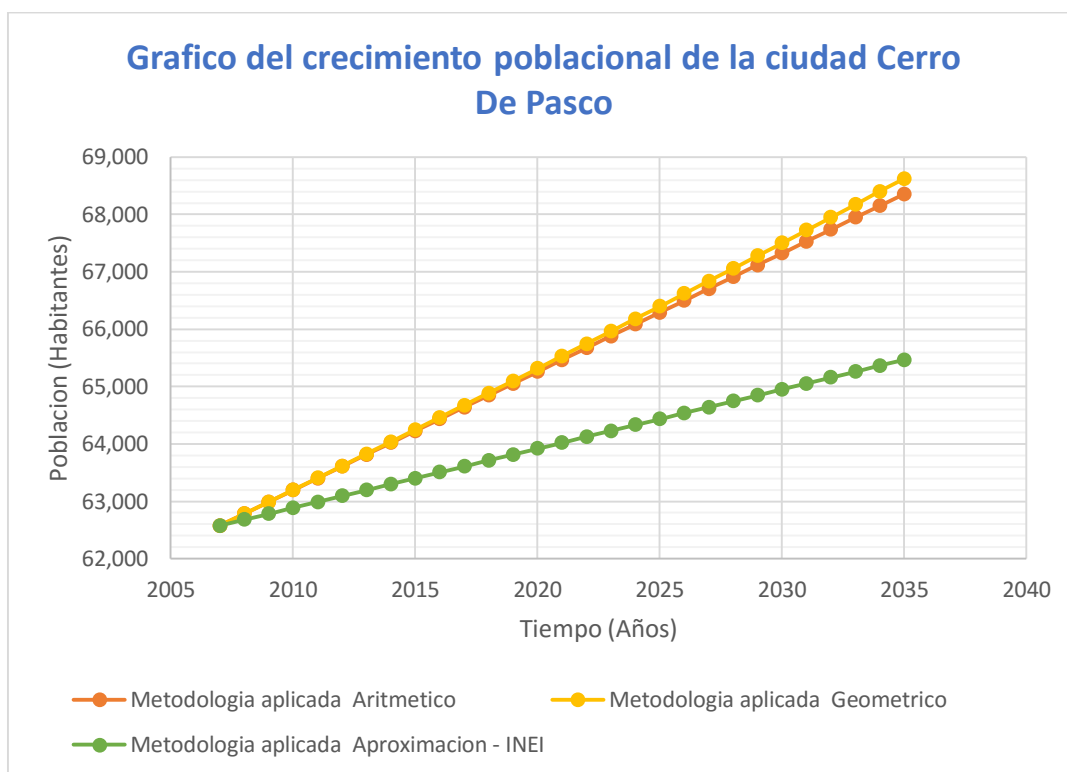


Figura 16. Población futura de Cerro de Pasco

La población de diseño que se asume es de **65,465** habitantes lo cual es superior a los 65,000 en promedio que se tenía en los años de máximo crecimiento que tuvo la ciudad debido a los altos precios de los minerales.

“Toda Ciudad minera existe gracias, a la explotación de sus minerales, más aun como la nuestra que se encuentra a 4380m.s.n.m.”

4.1.1.2. Caudales de diseño.

La dotación de agua potable diaria de **180Lt/Hab/Dia**, Según el reglamento nacional de edificaciones.

❖ *Caudal medio diario.*

$$Qd = \frac{\text{Dotacion} * \text{Poblacion}}{86400}$$

$$Qd = 136.39 \text{ Lt/Seg}$$

Donde:

Qd = Caudal medio diario

Dotación = La dotación diaria por habitante

Población = Población futura.

❖ *Caudal máximo diario.*

$$Qmd = k1 * Qd$$

$$Qmd = 177.31 \text{ Lt/Seg}$$

Usaremos por temas prácticos de regulación de válvulas, 180 Lt/Seg-.

Donde:

Qmd = Caudal máximo diario

Qd = Caudal medio diario

K1 = 1.3, coeficiente

❖ El caudal máximo horario.

$$Qmh = k2 * Qd$$

$$Qmh = 245.50 \text{ Lt/Seg}$$

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo Horario

Q_d = Caudal medio diario

$K_2 = 1.8$, coeficiente

4.1.2. Diseño de línea de conducción por gravedad.

El principal interés de nuestro proyecto es el diseño de la línea de conducción (desde la captación que es la laguna acucocha hasta la planta de tratamiento que se ubica en el cerro uliachin)

Antes de iniciar debemos tener el trazo en planta de la línea de conducción, para ello se trabajó con estación total, a continuación mostramos un esquema del trazo:



Figura 17.- Trazo de la Línea de conducción

Para ello, en primer lugar necesitamos las distancias de las tuberías y las cotas de las mismas, para realizar un buen diseño y modelo de la línea de conducción por gravedad (por tuberías), se tiene las siguientes consideraciones:

- ✓ **Contar con un perfil longitudinal.**- ahí se deben mostrar las longitudes de las tuberías y cota de las tuberías.

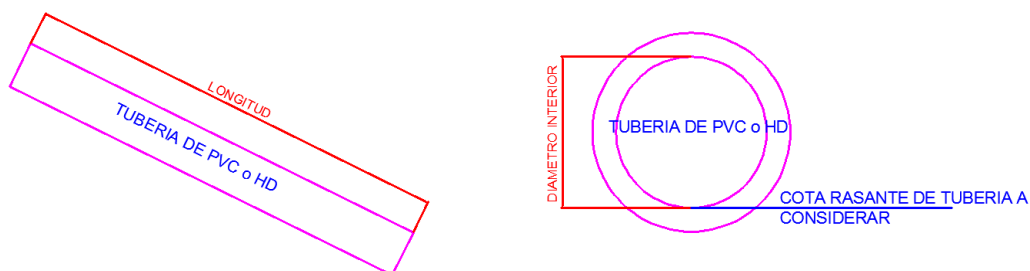


Figura 18. Indicaciones de longitudes y cotas en tuberías

Para poder obtener tanto las longitudes y las cotas, se tiene que realizar un levantamiento topográfico (con estación total). Previo trazo preliminar del posible eje (línea de conducción) en campo.

Con el levantamiento topográfico del eje (línea de conducción), se obtiene el perfil longitudinal del eje ((línea de conducción), para ello nos apoyamos en el software (autodesk Civil 3D versión 2014). Que nos brinda toda la información necesaria, del perfil longitudinal de nuestro eje de la línea de conducción por gravedad.

El perfil longitudinal que es la base de nuestro modelo, dicho perfil se presentara en formato digital (archivo CAD) en un disco compacto (CD), de esta manera protegemos el medio ambiente. Esperamos su comprensión porque la longitud de nuestro eje (línea de conducción) es de 34,718.01 metros. El cual implicaría un promedio de 50 planos (visibles) “A1”. Por cada copia.

- ✓ **Selección de tubería.**

A nuestro criterio personal consideremos los siguientes criterios de selección en orden jerárquico.

- ❖ Un material que tenga, la menor pérdida de carga por fricción (esto es muy importante debido a que nuestra ciudad se encuentra a una cota igual o superior a la fuente de captación (laguna aucocha).
- ❖ Vida útil en años y resistencia a los diferentes tipos de suelos de preferencia materiales anti corrosivos.
- ❖ Costo del material a usar (se elige el más económico)

Viendo estas consideraciones nosotros escogimos tuberías de (**PVC con orientación molecular 500 – dicha tubería va enterrada**) porque tiene menor rugosidad que las demás, es anticorrosiva, y es la más económica del mercado. En algunas opciones donde se requiera mayor resistencia de las tuberías, a las altas presiones que se tiene durante el trayecto de la línea de conducción, proponemos tuberías de (**Hierro dúctil – va expuesta para evitar la corrosión.**).

Mostramos algunos gráficos del material predominante de nuestro proyecto. “PVC-O 500”.



Figura 19. PVC –O 500, Indestructible a los golpes



Figura 20. PVC –O 500, Comportamiento elástico de la tubería



Figura 21. PVC-O 500, ligero y manejable

✓ **Simulación con un software de preferencia.**

Como ya se sabe la simulación se hizo con el software “wátercad versión 8i”, para poder tener un buen resultado en dicho programa se recomienda.

- ❖ Configurar el proyecto.- (nombre, unidad, líquido)
- ❖ Tipos de tuberías a usar (crear prototipos)
- ❖ Designar la ecuación de pérdida de carga por fricción a usar. (Hazen & Williams)

En la simulación se tiene que tener presente que la velocidad media en cada tramo no debe ser superior a 5m/s y como mínimo 0.60 m/s. esto según el reglamento nacional de edificaciones.

Iniciamos la simulación con un solo tramo de la captación hasta la planta de tratamiento para poder identificar el diámetro óptimo de nuestra línea de conducción, tener en cuenta que a mayor diámetro la pérdida de carga por fricción, es menor.

Así mismo cuanto más crece el diámetro la velocidad disminuye, lo cual no debe ser menor a 0.60m/s.

El caudal de diseño para la simulación es de 180l/s, lo obtenido del caudal máximo diario y se usara la fórmula de hazen & Williams, con coeficiente de (C=150, para PVC) y (C=140 para hierro dúctil).

Luego de varias iteraciones se consigue que el diámetro promedio es de 500mm (**se trabajara para mayor seguridad con el diámetro interior**). Para esto se tiene que verificar, los diámetros nominales que nos da el mercado con respecto a las tuberías “PVC-O 500”, y hierro dúctil.

Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (OD)		PVC-O 500 PN 12.5		PVC-O 500 PN 16		PVC-O 500 PN 20		PVC-O 500 PN 25	
			Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)
			min.	máx.	medio	medio	medio	min.	medio	min.
	Mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	-	-	84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	6,9	295,2	8,7	290,6	10,8
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6

Figura 22. Diámetros disponibles de las tuberías PVC-O 500

En el caso del hierro dúctil si tiene el material exacto de 500mm de diámetro interior.

Con estos datos procedemos a separar nuestra línea de conducción en tramos

pequeños con la finalidad de conseguir la mayor altura piezometrica en la planta de

tratamiento o la menor pérdida de carga (fricción más local) y el menor costo posible

del proyecto.

✓ **Identificación de tramos**

En la simulación se comprobó primero la tubería, de menor clases en este caso PN 12.5, se evalúa dicha clases en promedio a un 90 % de su resistencia permitida, por ejemplo trabaja a un máximo de 100.75 metros columna de agua, luego se pasa a la siguiente clases y así sucesivamente. De ello.

Se obtuvieron 11 tramos, que a continuación se describe (cada tramo con diferentes diámetros, para así poder reducir la pérdida de carga por fricción y cumplir nuestro objetivo), antes presentamos los nodos encontrados.

Nodos:

Tabla 20. Nodos de nuestro eje de línea de conducción.

DETALLE DE LOS NODOS			
NODO	PROGRESIVA (m)	ELEVACION (m)	DESCRIPCION
1	+0.00	4,488.00	Captación (Laguna)
2	5+700.00	4,377.73	
3	9+800.00	4,327.76	
4	13+400.00	4,287.29	
5	16+311.30	4,261.84	Inicio de pase aéreo
6	16+329.30	4,261.79	final de pase aéreo
7	20+800.00	4,233.30	
8	29+100.00	4,214.09	
9	31+500.00	4,268.85	
10	33+200.00	4,302.42	
11	34+100.00	4,353.44	
12	34+678.35	4,450.00	Planta de tratamiento.

Tramos

Tabla 21. Tramos identificados en el eje de línea de conducción

TRAMOS IDENTIFICADOS EN NUESTRO EJE DE LINEA DE CONDUCCION					
TRAMO	N INICIO	N FINAL	LONGITUD	MATERIAL	DIAMETRO (mm)
1	1	2	5,713.62	PVC-O 500 PN 12.5	474.6
2	2	3	4,102.28	PVC-O 500 PN 16	595.8
3	3	4	3,600.96	PVC-O 500 PN 20	590.4
4	4	5	2,911.50	PVC-O 500 PN 25	581
5	5	6	18.00	HIERRO DUCTIL	500
6	6	7	4,471.58	PVC-O 500 PN 25	581
7	7	8	8,301.92	HIERRO DUCTIL	500
8	8	9	2,404.10	PVC-O 500 PN 25	581
9	9	10	1,701.17	PVC-O 500 PN 20	590.4
10	10	11	904.87	PVC-O 500 PN 16	595.8
11	11	12	588.01	PVC-O 500 PN 12.5	474.6

✓ Coeficiente “k” de perdida de carga local

Tabla 22. Coeficiente K de perdida de cargas locales

CALCULO DE LOS COEFICIENTE “K” DE PERDIDA DE CARGA LOCAL														
TRAMO	CODOS	CODOS EN HORIZONTAL			CODOS EN VERTICAL			VALVULA DE AIRE/T			VALVULA DE PURGA/T			TOTAL
		C	K	P.	C	K	P.	C	K	P.	C.	K	P.	
1	11.25	14	0.1	4	8	0.1	1.2	8	0.1	0.8	8	0.1	0.8	6.8
	22.5	5	0.2		2	0.2								
	45	4	0.4		0	0.4								
2	11.25	6	0.1	1.6	0	0.1	0	3	0.1	0.3	0	0.1	3	4.9
	22.5	5	0.2		0	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
3	11.25	7	0.1	1.7	0	0.1	0	3	0.1	0.3	0	0.1	3	5
	22.5	1	0.2		0	0.2								
	45	2	0.4		0	0.4								
4	11.25	4	0.1	1.4	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0.1	0	1.4
	22.5	3	0.2		0	0.2								
	45	1	0.4		0	0.4								
5	11.25	0	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0.08
	22.5	0	0.2		0	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
6	11.25	3	0.1	0.9	0	0.1	0	1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	1.1
	22.5	3	0.2		0	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
7	11.25	11	0.1	5.9	5	0.1	0.5	2	0.1	0.2	2	0.1	0.2	6.8
	22.5	10	0.2		0	0.2								
	45	7	0.4		0	0.4								
8	11.25	10	0.1	1	3	0.1	0.3	3	0.1	0.3	3	0.1	0.3	1.9
	22.5	0	0.2		0	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
9	11.25	4	0.1	0.4	0	0.1	1	1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	1.6
	22.5	0	0.2		0	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
10	11.25	8	0.1	2	1	0.1	0.3	1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	2.5
	22.5	6	0.2		1	0.2								
	45	0	0.4		0	0.4								
11	11.25	3	0.1	0.9	3	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0.1	0	1.37
	22.5	1	0.2		0	0.2								
	45	1	0.4		0	0.4								

En el tramo 5 que corresponde a un pase aéreo, se considera un coeficiente $k = 0.08$ por reducción brusca, y en el tramo 11 también se incrementa 0.17 al coeficiente por reducción brusca.

Una vez obtenida las longitudes de los tramos para cada tubería con sus respectivos diámetros y coeficientes de pérdidas locales, así mismo teniendo las elevaciones de los nodos.

Volvemos a ingresar los datos finales al “watercad V8i”, para así poder obtener la simulación final de nuestra línea de conducción por gravedad.

La simulación que se hizo en el “watercad V8i”, se presentara, en un disco compacto (CD).

4.1.3. Diseño de línea de impulsión

Como se vio en la simulación el nivel de agua llega a una cota de 4,450.00 m.s.n.m., lo que indica que la altura de impulsión es mínima compara con el expediente inicial o modificada. Nuestra propuesta es que se realice el abastecimiento de agua potable, a gran parte de población beneficiaria tan solo por gravedad y no por impulsión y así ahorraríamos el costo de energía eléctrica que implica el abastecimiento compuesto por línea de impulsión. Lo cual proponemos de la siguiente manera:

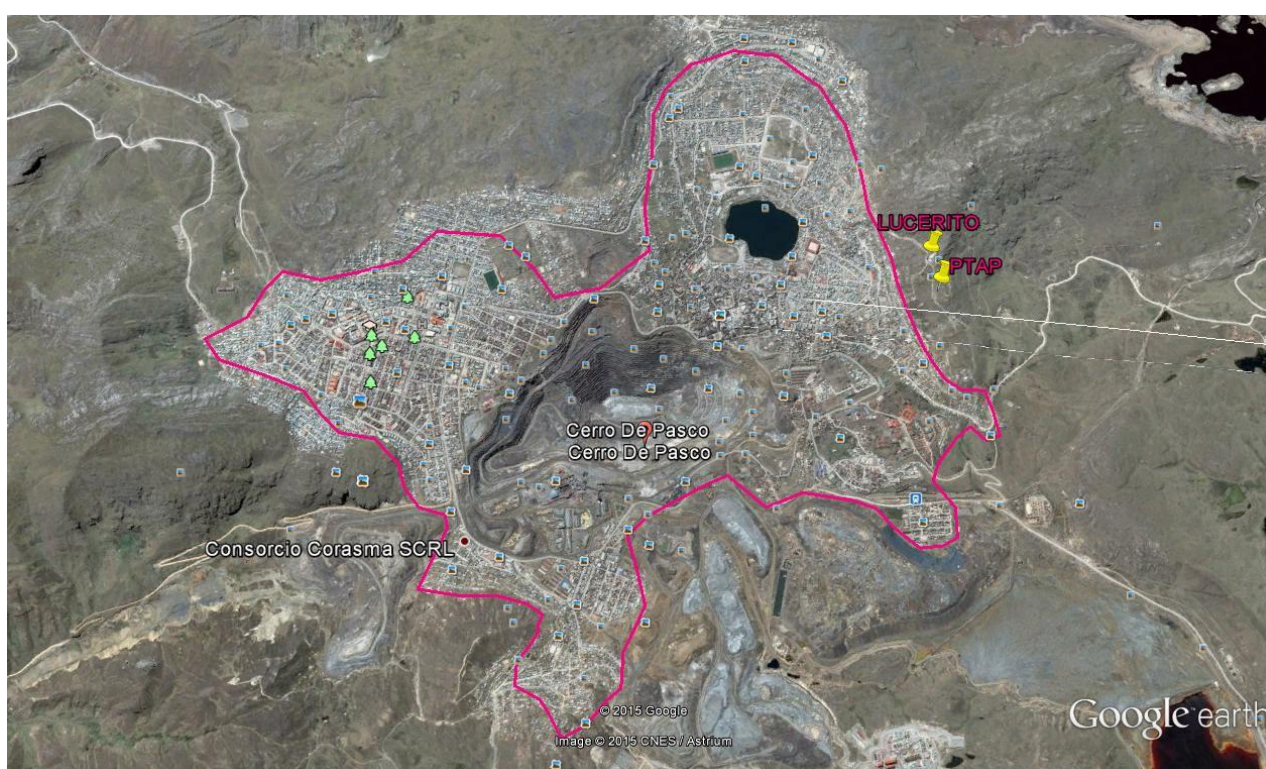


Figura 23. Propuesta que de la población beneficia tan solo por gravedad.

- ❖ 75% de población que comprende la ciudad se abastece tan solo por gravedad.
- ❖ 25% de población que comprende la ciudad se abastece necesariamente usando un sistema de líneas de impulsión.

Cabe indicar que estos porcentajes son tomados por nuestra cuenta, de forma empírica. Asumiendo dichos valores según nuestro criterio lo cual no es correcto.

Los pasos seguidos para diseñar una línea de conducción son las siguientes:

caudal de bombeo.

Antes de calcular el caudal de bombeo, como se mencionó líneas arriba, en esta parte del diseño se asume los datos que son el 25% del abastecimiento de agua potable se realiza mediante sistema de impulsión.

Lo que indica que el Q_{md} (caudal máximo diario) será:

$$Q_{md'} = Q_{md} * 25\%$$

$$Q_{md'} = 180 * 25\%$$

$$Q_{md'} = 45 \text{ l/s}$$

Reemplazando en la formula principal de caudal de bombeo, se tiene:

$$Q_b = Q_{md'} * \frac{24}{N}$$

$$Q_b = 45 * \frac{24}{18}$$

$$Q_b = 60 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo

$Q_{md'}$ = Caudal máximo diario modificado

N = Número de horas de bombeo

Selección del diámetro.

Un procedimiento para la selección del diámetro más adecuado (económico), es usando la fórmula de Bresse, que se aplica mediante la expresión:

$$D = 0.5873 * N^{0.25} * \sqrt{Q_b}$$

$$D = 0.5373 * (18^{0.25})\sqrt{0.06}$$

$$D = 29.62 \text{ cm}$$

Donde:

D = Diámetro interior aproximado (m)

N = Número de horas de bombeo al día.

Q_b = Caudal de bombeo (m^3/s)

Se usara "PVC-O 500 PN 12.5" de diámetro nominal (DN 315) y diámetro interior de 299.20 mm, el superior más próximo. Al tener poco desnivel es suficiente trabajar con la clase más baja que corresponde a 125m de columna de agua.

Cabe indicar que la longitud de la línea de conducción es de 200 m y la diferencia de cotas entra el reservorio lucerito (de donde se pretende abastecer a toda la ciudad por gravedad según lo propuesto en el expediente técnico), y la posible ubicación del equipo de bombeo sería de 25 metros en promedio.

Con esto reducimos de forma sustancial el desnivel y por ende el costo de energía eléctrica, que tenía proyectado en el expediente técnico. No se realiza la simulación de la línea conducción por impulsión, porque no se tiene de forma exacta la demanda que proponemos sería un aproximado del 25% de la demanda total.

4.2. Presentación de resultados, tablas gráficos, figuras, etc.

4.2.1. Línea de conducción.

4.2.1.1. Velocidades en los tramos

Tabla 23. Resultados de la velocidades.

RESULTADOS DE VELOCIDADES EN LOS TRAMOS							
TRAMO	N ini	N fin	L (m)	D (mm)	V (m/s)	Q (l/s)	MATERIAL
1	1	2	5,713.62	474.6	1.02	180.00	PVC-O 500 PN 12.5
2	2	3	4,102.28	595.8	0.65	180.00	PVC-O 500 PN 16
3	3	4	3,600.96	590.4	0.66	180.00	PVC-O 500 PN 20
4	4	5	2,911.50	581	0.68	180.00	PVC-O 500 PN 25
5	5	6	18.00	500	0.92	180.00	HIERRO DUCTIL
6	6	7	4,471.58	581	0.68	180.00	PVC-O 500 PN 25
7	7	8	8,301.92	500	0.92	180.00	HIERRO DUCTIL
8	8	9	2,404.10	581	0.68	180.00	PVC-O 500 PN 25
9	9	10	1,701.17	590.4	0.66	180.00	PVC-O 500 PN 20
10	10	11	904.87	595.8	0.65	180.00	PVC-O 500 PN 16
11	11	12	588.01	474.6	1.02	180.00	PVC-O 500 PN 12.5

4.2.1.2. Presiones en los nodos

Tabla 24. Resultado de las presiones

RESULTADOS DE PRESIONES EN LOS NODOS					
NODO	Prog. (m)	LGH (m)	P. (m H ₂ O)	H (m)	DESCRIPION
1	+0.00	4,488.00	0.00	4,488.00	Captación (Laguna)
2	5+700.00	4,478.68	100.75	4,377.73	
3	9+800.00	4,476.46	148.40	4,327.76	
4	13+400.00	4,474.40	186.73	4,287.29	
5	16+311.30	4,472.66	210.39	4,261.84	Inicio de pase aéreo
6	16+329.30	4,472.63	210.42	4,261.79	final de pase aéreo
7	20+800.00	4,469.99	236.21	4,233.30	
8	29+100.00	4,458.22	243.64	4,214.09	
9	31+500.00	4,456.77	187.54	4,268.85	
10	33+200.00	4,455.82	153.09	4,302.42	
11	34+100.00	4,455.29	101.65	4,353.44	
12	34+678.35	4,454.30	4.29	4,450.00	Planta de tratamiento.

4.3. Discusión de Resultados

El único inconveniente que se tiene, sería que durante el trayecto de la línea de conducción, se puede observar en los resultados que las velocidades en algunos tramos se encuentran casi el límite. Teniendo una velocidad mínima de 0.65 m/s en los tramos 2 y 10. Cabe señalar que el reglamento nacional de edificaciones indica que la velocidad mínima es de 0.60 m/s. Por lo tanto estamos dentro lo permitido.

Con respecto a lo económico, se tiene un ahorro en la partida de suministro e instalación de tuberías, cabe mencionar que la longitud de nuestro eje es de; 34,678.35 metros y del expediente modificado es de; 34,427.73 metros. Teniendo una diferencia de 250.62 metros. Así mismo cabe mencionar que las tuberías de PVC, resulta más económico en el traslado e instalación de la misma a comparación de los de las tuberías de hierro dúctil.

Las tuberías de PVC irán enterradas a una altura de (1.50m mas la longitud del diámetros de la tubería). Y en el caso del hierro dúctil se recomienda que vaya expuesto para así proteger de la corrosión que puede sufrir al estar enterradas, así mismo producto de la corrosión se puede incrementar el la rugosidad del material, teniendo como resultado que el agua no llegue a su destino.

A continuación mostramos el análisis económico del proyecto propuesto y el expediente modificado.

Comparación de precios entre el expediente modificado y el diseño de a tesis.

Tabla 25. Presupuesto del expediente modificado

Análisis de Precios (Expediente Modificado)						
Item	Descripción	Unid.	Metrado	Precio Uni.	Parcial	
01.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS					26,770,295.06
01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 26 (PN6)	m	1,613.00	246.67	397,878.71	
01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 21 (PN8)	m	1,595.00	294.90	470,365.50	
01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 17 (PN10)	m	1,504.00	565.52	850,542.08	
01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 13.6 (PN12.5)	m	1,756.00	530.00	930,680.00	
01.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 11 (PN16)	m	579.00	689.04	398,954.16	
01.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE POLIETILENO HDPE DN 500 PE100 SDR 9 (PN20)	m	1,300.00	622.93	809,809.00	
01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE HIERRO DUCTIL DN 500	m	26,078.00	878.60	22,912,065.61	
Costo Directo					26,770,295.06	
Gastos Generales (10.076%)					2,697,368.24	
Utilidad (5.00)					271,786.15	
Sub Total					29,739,449.45	
IGV (18%.00)					5,353,100.90	
Total					35,092,550.35	

Tabla 26. Presupuesto del proyecto propuesto

Análisis de Precios (Proyecto Propuesto)					
Item	Descripción	Unid.	Metrado	Precio Uni.	Parcial
01.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS				23,866,779.40
01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 12.5	m	5,713.62	402.81	2,301,491.84
01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 16	m	4,102.28	597.76	2,452,178.89
01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 20	m	3,600.96	660.39	2,378,045.18
01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 25	m	2,911.50	768.76	2,238,244.74
01.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE HIERRO DUCTIL DN 500	m	18.00	878.60	15,814.80
01.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 25	m	4,471.58	768.76	3,437,571.84
01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE HIERRO DUCTIL DN 500	m	8,301.92	878.60	7,294,066.91
01.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 25	m	2,404.10	768.76	1,848,175.92
01.09	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 20	m	1,701.17	660.39	1,123,439.06
01.10	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 16	m	904.87	597.76	540,895.09
01.11	SUMINISTRO E INSTALACION DE PVC-O 500 PN 12.5	m	588.01	402.81	236,855.13
Costo Directo					23,866,779.40
Gastos Generales (10.076%)					2,404,810.73
Utilidad (5.00%)					242,308.13
Sub Total					26,513,898.26
IGV (18.00%)					4,772,501.69
Total					31,286,399.95

Del cuadro se apreciar que se tiene un ahorro en promedio de: 3'806,150.40 (Tres millones Ochocientos Seis Mil Ciento Cincuenta con 40/100 Nuevo Soles), lo cual es un ahorro muy importante para el proyecto emblemático del agua potable; así mismo se tiene ahorro por excavación en; terreno natural, semi rocoso y rocoso. Al ir el hierro dúctil expuesto. Además la instalación y accesorios de las tuberías de PVC son más económicas que la del hierro dúctil.

De los resultados obtenidos, el diseño nos garantiza que el ingreso de agua, a la planta de tratamiento de agua potable (ubicación al costado del cementerio de Uliachin del cerro del mismo nombre) tiene una cota de 4550 m.s.n.m. ante esto presentamos algunas alternativas:

Alternativa N 01

Nuestra propuesta es que se abastezca a la gran parte de la población (75% en promedio) del líquido elemento, tan solo por gravedad, para mayor detalle se explica en el gráfico N° 22, donde la población que encierre el círculo de color rojo sería beneficiada de esta manera y la que quede fuera se usaría necesariamente líneas de conducción por impulsión.

Alternativa N 02

La otra alternativa continuar con el mismo diseño del expediente, realizar el bombeo hacia el reservorio Lucerito y repartir a toda la ciudad. Claro a comparación de expediente técnico original y modifica el presente diseño reduce el costo de operación de forma sustancial al tener poco desnivel entre el reservorio Lucerito y la planta de tratamiento de agua potable.

Conclusiones

En primer lugar la razón de ser de una universidad es contribuir a su región (en nuestro caso región de Pasco) o país, entonces con nuestra tesis nosotros aportamos a nuestra comunidad que es la ciudad de Cerro de Pasco, capital de nuestro región. Con el diseño de la línea de conducción de agua potable, desde la laguna acucocha hasta la planta de tratamiento que se ubicara en el cerro uliachin.

En nuestro caso, la ciudad de Cerro de Pasco, es considerada la ciudad más alta del mundo aun nivel en promedio de 4,380.00 m.s.n.m. Por concerniente las fuentes de abastecimiento se encuentran al mismo nivel o más bajo. Lo cual indica que por gravedad no podrá llegar fácilmente el líquido elemento. Por tal motivo la ciudad viene sufriendo el desabastecimiento de agua potable más de 100 años.

El diseño nos garantiza que el nivel de agua puede alcanzar la cota de 4450 m.s.n.m., donde su ubicaría la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad (en el cerro uliachin), así mismo cabe indica que el reservorio lucerito (de donde se pretende abastecer a toda la ciudad por gravedad), se encuentra a una cota de 4470.83 ms.n.m.; la diferencia es mínima como podemos apreciar.

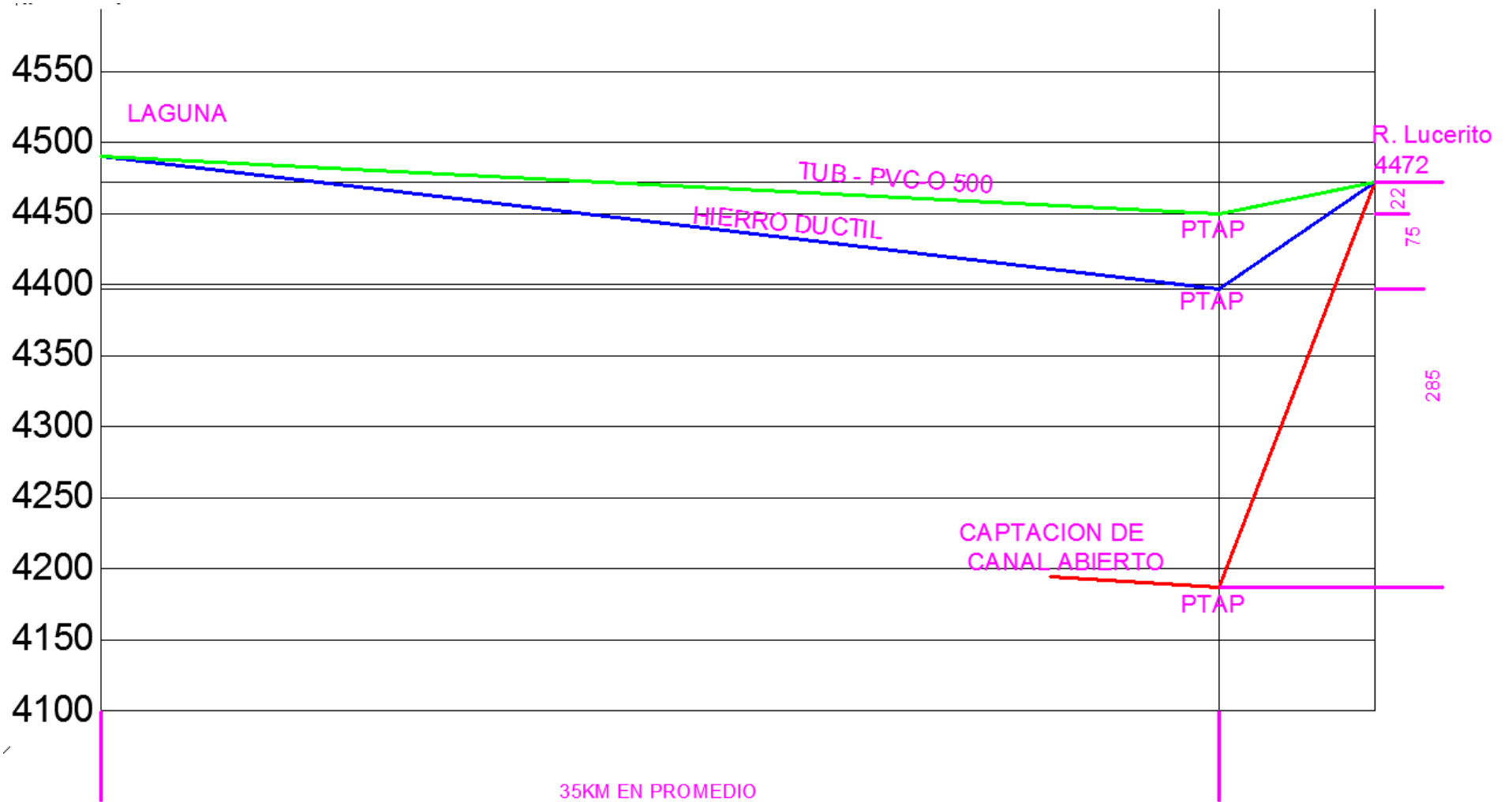


Figura 24. Comparación de Propuestas

Las tuberías de PVC propuesta en el diseño son más económicas y nos ofrecen menos pérdidas de carga por fricción y así poder obtener mayor altura piezométrica en la planta tratamiento y poder abastecer a nuestra población a mejor costo de operación.

Recomendaciones

Todas las recomendaciones van para el gobierno regional de Pasco, quien está ejecutando la obra “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Saneamiento y Fortalecimiento Institucional Integral de EMAPA Pasco”:

- ✚ Verificar el expediente técnico original y modificado, donde proponen la instalación de tuberías de hierro dúctil, cambiar según lo indicado en el presente proyecto. Para así reducir los costos de ejecución de obra y garantizar que la ciudad de Cerro de Pasco, puede con el tan anhelado sueño que es el abastecimiento las 24 horas del líquido elemento (agua). Porque el hierro dúctil tiene mayor rugosidad que el PVC, además tiende a sufrir corrosión con el tiempo, debido que el expediente modificado propone que vayan enterradas.
- ✚ Proponemos luego de elegir nuestro diseño, tomar la alternativa N 01, donde se indica que se abastecerá a la gran de la población tan solo por gravedad, para ello se tiene que modificar la redes primarias de distribución de agua potable. Lo cual es razonable porque esto reduce sustancialmente el costo de operación del equipo de bombeo. Y así poder aliviar la economía de nuestros pobladores.
- ✚ En algunos tramos podemos apreciar rocas, nuestra sugerencia es que se realice un análisis de precios unitarios de excavación en rocas y recubrimiento de tubería con concreto ($F_c=140\text{Kg/cm}^2$) y arena, de ambas se escoge la más económica en beneficios de nuestro pueblo.
- ✚ Somos la ciudad más alta de mundo por ende, los únicos en tener inconvenientes con el abastecimiento de agua potable por gravedad, ante esto lo más importante es la topografía, se tiene que realizar un replanteo general de la topografía de nuestro eje antes de iniciar la obra. Para ello se tiene que utilizar los equipos necesarios como

estación total y nivel de ingeniero. En el levantamiento topográfico se recomienda, con respecto a la planimetría usar el método de la poligonal cerrada cada 4 kilómetros como máximo para realizar la compensación de puntos, con respecto a la altimetría se recomienda realizar la compensación por el método de circuito cerrado cada 500 metros. Así mismo para el inicio de obra se recomiendo al área de topografía dejar sus puntos de control cada 500 metros con sus tres coordenadas.

- ✚ Se alcanzara las especificaciones técnicas de los tipos de tuberías que se usan en el proyecto todo esto en los anexos.
- ✚ A las tres municipalidad (Chauipimarca, Yanacancha y Simon Bolivar); se recomienda emitir ordenanzas que prohíba la construcciones de viviendas en zonas altas superiores a los 4000 m.s.n.m., así mismo no permitir urbanización ni pueblos jóvenes superior a dicho nivel. De lo contrario será muy costoso llevar el agua potable a dichos zonas altas.

Referencias bibliográficas

Consortio San Antonio. (2012). *Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Saneamiento y Fortalecimiento Institucional Integral de EMAPA Pasco*. Cerro de Pasco: Consorcio San Antonio.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Printed in Mexico.

Icart Isern, T., & Pulpon Segura, A. (2008). *Como Elaborar y presentar un proyecto de investigación, una tesina y una tesis*. Barcelona: Graficas Rey.

Martinez Solis, M. (15 de Abril de 2015). *Calameo*. Obtenido de <http://es.calameo.com/read/000163903e73c10ad1e17>

Pedro, A. R. (2007). *APUNTES SOBRE EL CURSO DE INGENIERÍA SANITARIA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Pedro, R. R. (2001). *Abastecimiento de Agua*. OAXACA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA.

Salarriaga, J. (2007). *Hidraulica de tuberias*. Bogota: Alfaomega.

Anexos

Anexos: Normas usadas

Anexos: Especificaciones técnicas de la tubería PVC-O 500

Anexos: Especificaciones técnicas de la tubería Hierro Ductil

Anexo. Instrumentos de Investigación (matriz de consistencia)

Proyecto de investigación: “Modelo De Simulación De Líneas De Conducción E Impulsión Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable De La Ciudad De Cerro De Pasco”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Dimensiones	Metodología
<p>Problema General ¿Cómo se mejoraría la línea de conducción e impulsión para poder abastecer de agua potable de forma adecuada a la ciudad de Cerro de Pasco?</p>	<p>Objetivo general Simular la línea de conducción e impulsión para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco.</p>	<p>Hipótesis General Con un buen modelo de simulación de líneas de conducción e impulsión se mejora el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco.</p>	<p>Variable dependiente Abastecimiento de agua potable</p>	<p>Caudal (Lt/Hab/día)</p>	<p>Dotación de agua</p>	<p>Metodología de la investigación Para nuestra investigación se utilizara un enfoque cuantitativo. Con un alcance de investigación explicativo.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>1.- ¿Cómo se mejoraría la línea de conducción para poder abastecer de agua potable a la ciudad?</p> <p>2.- ¿Cómo se mejoraría la línea de impulsión para poder abastecer de agua potable a la ciudad?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>1.- Simular la línea de conducción para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.</p> <p>2.- Simular la línea de impulsión para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>1.- Con un buen modelo de simulación de la línea de conducción se podrá mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.</p> <p>2.- Con un buen modelo de simulación de la línea de impulsión se podrá mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad.</p>	<p>Variables independientes</p> <p>Línea de conducción</p> <p>Línea de impulsión</p>	<p>Longitud Diámetro Tipo</p> <p>Longitud Diámetro Tipo</p>	<p>Tuberías</p> <p>Tuberías</p>	<p>Diseño de la investigación</p> <p>Usamos el diseño experimental dentro ello nos encontramos en cuasi experimental, aquí tenemos, el diseño de series temporales donde el grupo de control y experimental son los mismo y no necesario incluirlos en el estudio de la investigación.</p>