

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS:

RELACION ENTRE LA CALIBRACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE Y LA MEJORA DE PRESIONES DE SERVICIO DEL DISTRITO DE ACORIA 2018.

Presentado por:

BACH. ARZAPALO RODRIGUEZ, Abraham David

Línea de investigación institucional:

Nuevas tecnologías y procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ING. JUAN JOSE BULLON ROSAS
ASESOR

Dedicatoria:

Esta investigación se la dedico a mi familia ya que ellos fueron la razón por la cual continúe con mi carrera, en especial se lo dedico a mi madre que me apoyo en todo momento a pesar de las dificultades.

Bach. Arzapalo Rodríguez Abraham David

Agradecimientos:

Agradezco a Dios y a las personas que hicieron parte de mi proceso de formación. A mi asesor por su compromiso y dedicación con el trabajo de grado, y a mis colegas que me brindaron de algunos conocimientos extras para el desarrollo de mi trabajo.

Bach. Arzapalo Rodríguez Abraham David

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil
Jurado

MSc. Julio Cesar Llallico Colca
Jurado

Ing. Dayana Mary Montalván Salcedo
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

INDICE

INDICE DE IMÁGENES.....	xi
INDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación y sistematización del problema	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Justificación	4
1.3.1 Social o practica.....	4
1.3.2 Científica o teórica.....	4
1.3.3 Metodológica.....	4
1.4 Delimitaciones.....	4
1.4.1 Espacial	4
1.4.2 Temporal.....	5
1.4.3 Económica	5
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 Objetivo general.....	5
1.6.2 Objetivos específicos	5
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.1.1 A nivel internacional	6
2.1.2 A nivel nacional.....	11
2.2 Marco Conceptual.....	15
2.2.1 Componentes de un sistema de distribución de agua	16
2.2.1.1 Captación.....	16
2.2.1.2 Línea de conducción	16
2.2.1.3 Reservorio.....	17
2.2.1.4 Línea de aducción	17

2.2.1.5 Red de distribución.....	17
2.2.2 Metodología empleada por el software watercad	18
2.2.3 Características especiales del método de gradiente hidráulico.....	19
2.2.4 Calibración de redes de agua potable	20
2.2.5 Metodología del proceso de calibración de coeficientes de rugosidad.....	25
2.2.5.1 Ecuaciones que la calibración	26
2.2.6 Metodología empleada por el software watercad.....	28
2.3 Definición de términos	30
2.4 Hipótesis.....	33
2.4.1 Hipótesis general	33
2.4.2 Hipótesis Especificas	33
2.5 Variables	33
2.5.1 Definición Conceptual de la variable.....	33
2.5.2 Definición Operacional de la variable	34
2.5.3 Operacionalización de la variable	34
CAPITULO III. METODOLOGÍA	35
3.1 Método de investigación	35
3.2 Tipo de investigación	35
3.3 Nivel de investigación	35
3.4 Diseño de investigación	36
3.5 Población y muestra	36
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.7 Técnicas de Procesamiento y análisis de datos	38
3.7.1 Recolección de parámetros de campo	38
3.7.1.1 Captaciones	38
3.7.1.1.1 Captación subterránea existente ucayacu (ce-01):.....	38
3.7.1.1.2 Captación subterránea existente pucullo (ce-02):.....	39
3.7.1.1.3 Captación subterránea existente rajayacu (ce-03):.....	41
3.7.1.1.4 Captación superficial existente chiccyahuaycco (ce-04):.....	42
3.7.1.2 Línea de conducción	43
3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Pucayacu (CE-01):	43
3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Pucullo (CE-02):	43
3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Rajayacu (CE-03):.....	44
3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Chiccyahuaycco (CE-04):.....	44

3.7.1.3 Reservoirios:	44
3.7.1.3.1 Reservoirio existente de la captación Pucayacu (RE – 01):.....	44
3.7.1.3.2 Reservoirio existente de la captación Pucullo (RE – 02):	45
3.7.1.3.3 Reservoirio existente de la captación Rajayacu (RE – 03):	45
3.7.1.3.4 Reservoirio existente de la captación Chiccyahuaycco (RE – 04):	46
3.7.1.4 Línea de aducción y Red de Distribución:.....	47
3.7.1.5 Accesorios del Sistema:	47
3.7.2 Recabación de información de caudal:.....	48
3.7.3 Levantamiento topográfico y digitalización de la RDAP	48
3.7.4 Reunión de registro de presiones.....	50
3.7.5 Técnicas y análisis de datos.....	56
3.7.6 Análisis hidráulico de la red de distribución de Acoria	56
3.7.7 Calibración de coeficientes de rugosidad	61
3.7.7.1 Estimación de los factores para el análisis periodo extendido	61
3.7.7.2 Calibración – Sector Medio – jr. Andrés Cáceres y av. ferrocarril:	62
3.7.7.3 Calibración – Sector Medio – pje. Quinuales y pje. virrey Toledo:	68
3.7.7.4 Calibración – Sector Alto - Jr. ñahuincopa y Jr 09:	72
3.8 Aspectos éticos de la investigación.....	76
CAPITULO IV. RESULTADOS	77
4.1 Descripción de los Resultados	77
4.1.1 Descripción de la hipótesis específica 1	77
4.1.2 Descripción de la hipótesis específica 2	81
Ajuste del coeficiente de Hazen y Williams.....	82
4.1.2.1 Sector medio de la ciudad de Acoria	82
4.1.2.2 Sector de las zonas alta n°01 de la ciudad	82
4.1.2.3 Sector de las zonas alta n°02 de la ciudad	83
4.1.3 Resultados del Análisis estadístico.....	85
CAPITULO V. DISCUSION DE RESULTADOS.....	93
5.1 Discusión de resultados con antecedentes	93
5.2 Contrastación de hipótesis.....	98
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	102
ANEXOS	104

REGISTRO DE PRESIONES.....	106
RESULTADOS DE PRESIONES CALCULADAS EN EL WATERCAD.....	122
PRESIONES OBTENIDAS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO.....	123
VELOCIDADES Y CAUDALES OBTENIDOS CON WATERCAD.....	127

INDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Modelo Digital de la Red de Distribución.....</i>	<i>21</i>
<i>Imagen 2: Modelo a escala de la red de distribución.....</i>	<i>22</i>
<i>Imagen 3: Vista del Control de presiones en cada nodo.....</i>	<i>22</i>
<i>Imagen 4: Vista de la medición hidrostática.....</i>	<i>23</i>
<i>Imagen 5: Ajuste de rugosidad y afinidad.....</i>	<i>23</i>
<i>Imagen 6: Representación de los algoritmos genéticos.....</i>	<i>31</i>
<i>Imagen 7: Captación subterránea existente pucayacu.....</i>	<i>39</i>
<i>Imagen 8: Captación subterránea existente pucullo.....</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 9: Nuevo reservorio de Pucullo.....</i>	<i>41</i>
<i>Imagen 10: Captación subterránea Rajayacu.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 11: Captación superficial Chiccyahuaycco.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 12: Vista del Proceso de levantado topográfico.....</i>	<i>49</i>
<i>Imagen 13: Plano topográfico del sector alto y medio de Acoria.....</i>	<i>49</i>
<i>Imagen 14: Manómetro.....</i>	<i>50</i>
<i>Imagen 15: Manguera.....</i>	<i>51</i>
<i>Imagen 16: Abrazadera.....</i>	<i>51</i>
<i>Imagen 17: Laptop.....</i>	<i>51</i>
<i>Imagen 18: Componente de medición.....</i>	<i>52</i>
<i>Imagen 19: Vista de la toma de información del distrito de Acoria.....</i>	<i>52</i>
<i>Imagen 20: Registro de información mediante el manómetro.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 21: Medición de presión en el Pjr. Virrey Toledo.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 22: Medición de presión en el pJe.Los Quinuales.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 23: Medición en el Jr. Huancavelica.....</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 24: Medición en el Jr. Ñahuincopa.....</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 25: Vista de la medición registrada en el manómetro.....</i>	<i>56</i>
<i>Imagen 26: Vista de la variación horaria de lunes a viernes.....</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 27: Vista de la variación horaria de sábado y domingo.....</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 28: Vista de la red en el sector Medio de la ciudad.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 29: Alineación y selección de tuberías a calibrar.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 30: Vista del Sector Alto 1.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 31: Vista del Sector Alto de la Ciudad de Acoria.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 32: Ingreso de rugosidades calibradas.....</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 33: Escenario de la red calibrada.....</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 34: Presiones Calibradas.....</i>	<i>80</i>
<i>Imagen 35: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W, cercado.....</i>	<i>82</i>
<i>Imagen 36: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W en el Sector Alto N°01.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 37: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W en el sector alto N°02.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 38: Vista de Válvula Sostenedora de presión y su configuración respectiva.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 39: Vista de las presiones nueva obtenidas.....</i>	<i>85</i>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores C para cada solución.....	24
Tabla 2: Operacionalización de las variables.....	34
Tabla 3: Dimensiones de la cámara húmeda de la captación Pucayacu.	39
Tabla 4: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación Pucullo.	40
Tabla 5: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación Rajayacu.....	42
Tabla 6: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación superficial Chiccyahuaycco.....	43
Tabla 7: Demanda de agua por cada sistema.	48
Tabla 8: Parametros de campo incluidos.	58
Tabla 9: Coordenadas obtenidas del levantamiento topográfico en el distrito de acoria.	59
Tabla 10: Propiedades de las tuberías.....	60
Tabla 11: Parámetros de variación horaria.	61
Tabla 12: Promedio de presiones registradas en Enero en el sector medio.....	64
Tabla 13: Ingreso de Presiones observadas - enero.....	64
Tabla 14: Rugosidades calibradas en las tuberías alledañas en el mes de enero del 2019.	65
Tabla 15: Promedio de presiones registradas en Febrero en el sector medio.....	65
Tabla 16: Ingreso de Presiones observadas - Febrero.....	65
Tabla 17: Rugosidades calibradas en las tuberías alledañas en el mes de febrero del 2019.....	65
Tabla 18: Promedio de presiones registradas en marzo en el sector medio.	66
Tabla 19: Ingreso de Presiones observadas - marzo.....	66
Tabla 20: Rugosidades calibradas en las tuberías alledañas en el mes de marzo del 2019.	66
Tabla 21: Promedio de presiones registradas en abril en el sector medio.....	67
Tabla 22: Ingreso de Presiones observadas - Abril.....	67
Tabla 23: Rugosidades calibradas en las tuberías alledañas en el mes de abril del 2019.....	67
Tabla 24: Promedio de presiones registradas en mayo en el sector medio.....	67
Tabla 25: Ingreso de Presiones observadas - mayo.....	68
Tabla 26: Rugosidades calibradas en las tuberías alledañas en el mes de mayo del 2019.....	68
Tabla 27: Promedio de presiones del mes de enero en el sect. alto 1.....	69
Tabla 28: Ingreso de presiones medidas en el mes de enero -2019.....	69
Tabla 29: Rugosidades calibradas en el mes de enero del 2019.....	69
Tabla 30: Promedio de presiones del mes de febrero en el sector alto 1.....	69
Tabla 31: Ingreso de presiones medidas en el mes de febrero -2019.....	69
Tabla 32: Rugosidades calibradas en el mes de febrero del 2019.	70
Tabla 33: Promedio de presiones del mes de marzo en el sector alto 1.....	70
Tabla 34: Ingreso de presiones medidas en el mes de marzo del 2019.	70
Tabla 35: Rugosidades calibradas en el mes de marzo del 2019.....	70
Tabla 36: Promedio de presiones del mes de abril en el sector alto 1.	71
Tabla 37: Ingreso de presiones medidas en el mes de abril del 2019.....	71
Tabla 38: Rugosidades calibradas en el mes de abril del 2019.	71
Tabla 39: Promedio de presiones del mes de mayo en el sector alto 1.....	71
Tabla 40: Ingreso de presiones medidas en el mes de mayo del 2019.....	71
Tabla 41: Rugosidades calibradas en el mes de mayo del 2019.....	72
Tabla 42: Valores estimados del Costo de una Ampliación de agua.....	80
Tabla 43: Costo Estimado del mantenimiento de tuberías averiadas.	81
Tabla 44: Resumen de registro de presiones – sector medio.	86
Tabla 45: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.....	87

<i>Tabla 46: Resumen de registro de presiones - sector alto 1.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 47: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 48: Resumen de registro de presiones - sector alto 2.</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 49: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 50: Presiones enero - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 51: Presiones febrero - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 52: Presiones marzo - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 53: Presiones abril - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 54: Presiones mayo - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 55: Presiones enero - Pje. los quinquales y Pje. Virrey Toledo.</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 56: Presiones febrero - Pje. los quinquales y Pje. Virrey Toledo.</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 57: Presiones marzo - Pje. los quinquales y Pje. Virrey Toledo.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 58: Presiones abril - Pje. los quinquales y Pje. Virrey Toledo.</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 59: Presiones mayo - Pje. los quinquales y Pje. Virrey Toledo.</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 60: Presiones enero - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 61: Presiones febrero - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 62: Presiones marzo - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 63: Presiones abril - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 64: Presiones mayo - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.</i>	<i>121</i>

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca la relación entre la calibración y la mejora de presiones en el distrito de Acoria, Se recabo información de campo para relacionar la calibración de la red y la mejora de las presiones en el distrito de Acoria, el tipo de investigación es aplicada, siendo el nivel de la investigación correlacional, el diseño empleado será no experimental y de corte longitudinal.

La existencia de relación entre la calibración y la continuidad del servicio de agua en el distrito de Acoria ha sido corroborado, de acuerdo a los cálculos obtenidos, se pudo verificar el estado de los coeficientes de rugosidad de las tuberías de la red, se ha podido ensayar escenarios donde se mejora las presiones a partir de esta calibración se ha planteado soluciones como el reemplazo de las tuberías para mejorar las presiones en la red siendo esta la solución más eficiente y económica que la construcción de un nuevo reservorio el cual es una opción mucho más costosa y demandara más tiempo para solucionar dicho problema.

Se encontró la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red, Actualmente el sistema opera bajo condiciones de una apertura total de las válvulas que componen el distrito de Acoria, para lo cual se ha considerado realizar digitalmente la sectorización del sistema y de esta manera poder mejorar la operación de la red del distrito de Acoria.

Se concluye que existe relación entre la calibración de la red y la mejora de las presiones de servicio, obteniéndose un modelo digital que nos permite ensayar escenarios como el uso de válvulas sostenedoras de presión y cambio de tuberías, de esta manera minimizar costos, además de eso se encontró la relación entre la calibración y la mejora en la operación de la red, la cual es inexistente en la actualidad y que si bien en el modelo digital ensayándose un programa de operación mejorara las presiones y continuidad buscadas.

Palabra clave: Hidráulica de tuberías, calibración de redes.

ABSTRACT

This research work seeks the relationship between calibration and pressure improvement in the district of Acoria, Field information was collected to relate the calibration of the network and the improvement of pressures in the district of Acoria, the type of research It is applied, being the level of correlational research, the design used will be non-experimental and longitudinal cut.

The existence of relationship between calibration and the continuity of the water service in the district of Acoria has been corroborated, according to the calculations obtained, it was possible to verify the state of the roughness coefficients of the network pipes, It has been able to test scenarios where the pressures are improved from this calibration. It has been proposed solutions such as the replacement of the pipes to improve the pressures in the network being this the most efficient and economical solution than the construction of a new reservoir which is a much more expensive option and will require more time to solve this problem.

The relationship between the calibration of the drinking water network and the improvement of the network operation was found. Currently the system operates under conditions of a total opening of the valves that make up the Acoria district, for which it has been considered to perform digitally the sectorization of the system and thus be able to improve the operation of the Acoria district network.

It is concluded that there is a relationship between the calibration of the network and the improvement of the service pressures, obtaining a digital model that allows us to test scenarios such as the use of pressure sustaining valves and change of pipes, thus minimizing costs, in addition to that was the relationship between calibration and improvement in the operation of the network, which is currently non-existent and that although in the digital model being tested an operation program will improve the pressures and continuity sought.

Keyword: Pipeline hydraulics, network calibration.

INTRODUCCIÓN

Las tuberías y conducciones de agua potable nacen como necesidad del ser humano para transportar este líquido vital desde las captaciones y fuentes de agua hacia su uso ya sea doméstico, comercial o industrial y de esta manera aprovechar este recurso hídrico.

En el mundo las tuberías han evolucionado desde materiales como el Asbesto cemento muy empleado en la primera parte del siglo XX, pasando a tuberías de Fierro fundido dúctil FFD y llegando a ser actualmente las tuberías de PVC las que se emplean en todo el mundo para las labores de recolección, conducción y distribución de agua ya sea para proyectos de abastecimiento urbano como también para proyectos de riego, teniendo en ambos casos las mismas consideraciones técnicas de diseño y construcción.

En el Perú actualmente los sistemas de distribución de agua se vienen implementando en las poblaciones menores como centros poblados y anexos, sin embargo, existen ya ciudades y distritos que cuentan con ramales de distribución ya de un periodo de tiempo considerable en los cuales se vienen presentando algunas dificultades como los que se explicara en este trabajo.

El problema en particular con las tuberías es que estas tienen un tiempo de vida útil ya sea por factores condicionantes como son la corrosión, la agresión de sulfatos, sólidos en suspensión y el mismo pasar del tiempo, por lo cual al transcurrir un periodo extendido estas tuberías ya no transportan la misma cantidad de agua, y en algunos casos presentan averías y deterioros como son las fugas, reducción de velocidad de transporte entre otras, lo que se traduce en déficit de presión de servicio y ausencia de continuidad de agua.

Para poder entender este problema y cómo afrontarlo partiremos del funcionamiento de una red de agua, para lo cual hace falta entender los algoritmos que rigen el modelamiento de distribución, según refiere (Rossman, 2002), menciona que “el análisis de una red de distribución de tuberías fue de las primeras aplicaciones civiles en la programación y codificación en ingeniería, mediante el uso de

computadoras que recién hacían su aparición en las primeras décadas del siglo veinte, las cuales con el tiempo han podido solucionar sistemas de miles de tuberías”.

Tras entender bien como es el funcionamiento de una red de distribución se procede a realizar la calibración de esta, para lo cual según menciona (Saldarriaga, 2008), la “calibración de un sistema de distribución de agua potable se define como el ajuste de un conjunto de variables a través de las cuales se busca que el modelo reproduzca de forma correcta las lecturas de campo, las principales variables a considerar en una red típica son las demandas desconocidas, los emisores, los diámetros, las rugosidades y las pérdidas”.

Por todo lo antes expuesto la presente investigación busca realizar la calibración de la red de distribución de agua potable del distrito de Acoria ubicado en la región Huancavelica, la red de distribución del mencionado distrito presenta problemas de bajas de presiones, lo que se traducen en la falta de continuidad del servicio de agua, por lo cual se ha realizado la calibración de la red de agua potable mediante el empleo del software en ingeniería WATERCAD para obtener un modelo digital fiable del sistema en el cual se pueden ensayar escenarios y así poder determinar las soluciones más eficientes y óptimas para mejorar las presiones de la red.

Para poder realizar todo el procedimiento de calibración se parte desde la interpretación y empleo del software WATERCAD considero además que resulta indispensable la aplicación de procedimientos y técnicas de calibración que se mencionaran en los antecedentes de la investigación como por ejemplo (Lansey, 1991), empleo el uso de un programa codificado y compilado llamado KYPIPE el cual se realizó en la University of Kentucky USA, este sirvió para la modelación de sistemas de redes de agua potable el mismo que hacía la búsqueda directa del gradiente que minimiza a una función objetivo, la cual calibra las rugosidades.

El autor en lugar de emplear dicho programa empleara el software WATERCAD y la opción del calibrador de Darwin el cual usa algoritmos genéticos para poder estimar la rugosidad en las tuberías del sistema de agua de estudio.

CAPITULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del problema

En el mundo las redes de distribución de agua en cada ciudad con el pasar del tiempo van presentando averías y problemas en las mismas como son bajas presiones y desabastecimiento de agua, a razón de esto han surgido numerosas experiencias e investigaciones afrontando la manera de solucionar estos problemas como es el caso de los ensayos de escenarios posteriores a la calibración de estas redes.

Según refiere (Koppel, 2008) todos los modelos de sistemas de distribución de agua requieren calibración. La precisión de los modelos hidráulicos depende de la exactitud con que han sido calibrados. Los parámetros de calibración suelen incluir la rugosidad de los tubos, los diámetros de los tubos y las demandas, donde las primeras dos se relacionan con las condiciones de flujo y la última con las condiciones de frontera. Los procesos de corrosión y deposición, que ocurren sobre tiempo después de la instalación de la tubería, hacen más difícil determinar el diámetro real de la tubería. Por lo tanto, en ausencia de otro valor, los diámetros nominales de los tubos se utilizan generalmente para el desarrollo de modelos, y el coeficiente de rugosidad se ajusta para compensar el cambio de diámetro debido a la acumulación de la pared del tubo. En Estonia se ha realizado esta investigación encontrándose este problema de corrosión de tuberías y el consiguiente aumento de los costos del agua que requieren que cada consumidor, por lo cual se realizó este proceso de calibración.

El autor (Zheng, 2002) menciona el procedimiento para poder ejecutar de forma exitosa la calibración según se presenta a continuación que “para calibrar hidráulicamente un modelo de red. Las tareas de calibración pueden ser especificadas para un sistema de distribución de agua según la disponibilidad de datos y los requisitos de aplicación del modelo. La calibración de un modelo se define entonces como un implícito problema de optimización no lineal, que se resuelve empleando un poderoso sistema de algoritmos genéticos (GA), un paradigma de búsqueda genérica basado en los principios de la evolución natural y la reproducción biológica.

En Colombia se han presentado problemas similares relacionados al deterioro de tuberías y las bajas presiones de servicio que ocurren en las ciudades más pobladas como Bogotá, (Saldarriaga, 2008) en su trabajo menciona que “la calibración de redes de distribución es un problema complejo, en el que el número de variables involucradas es superior al número de ecuaciones disponibles, por lo que no existe un método directo de solución, siendo una de las opciones más adecuadas el empleo de algoritmos genéticos, la lógica difusa, metrópoli-Montecarlo y la exploración manual.

En el Perú (Llique, 2017) , en su investigación realizó la calibración hidráulica y la propuesta de programación de riego del sistema de aspersión de los jardines de la UNALM, para mejorar la eficiencia del riego que tiene este sistema y esta manera poder realizar la evaluación hidráulica de la operación del sistema a modo de determinar los parámetros de funcionamiento, y de esta manera proponer nuevos escenarios en base a la actual operación del sistema. Esto se ejecutó realizando la medición de presiones en distintos puntos de la red, esto permitió obtener parámetros calibrados de rugosidad, y con esto posteriormente realizó la programación de riego optimizada, este trabajo realizó un énfasis en lo importante que resulta los ensayos virtuales con el fin de ahorrar tiempo y dinero en el mantenimiento y operación de las redes de agua potable.

En el distrito de Acoria se presentan problemas de bajas presiones de servicio en ciertas horas del día, lo cual se atribuye a distintos factores como el incremento de la población, incremento de la longitud de la red de distribución o la mala ubicación estratégica de su reservorio, siendo que como toda red esta es una amalgama de distintos componentes como las tuberías, accesorios, válvulas y estructuras complementarias, las cuales producto del funcionamiento de la red y el paso de tiempo da lugar a un deterioro de estas para lo cual las labores de mantenimiento y reemplazo de la red es la opción más directa y también más costosa, por lo tanto una manera de solucionar indirectamente es realizando un proceso de calibración de la red de distribución de agua existente haciendo uso del software y los ensayos virtuales que este ofrece.

Es por eso que se planteó realizar esta calibración de la red de agua potable basándome en las experiencias ya mencionadas por Koopel, Zheng, Saldarriaga y los antecedentes que menciono en este proyecto de esta manera poder conocer el estado actual de la misma y así proponer mejoras en la red.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de presiones de servicio del distrito de Acoria 2018?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018?
- ¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red del distrito de Acoria 2018?

1.3 Justificación

1.3.1 Social o practica

En el distrito de Acoria existen bajas presiones de servicio de agua en distintos sectores de la ciudad lo cual perjudica a los pobladores ya que este recurso se emplea para el uso doméstico y comercial de los establecimientos de esta urbe. El empleo de una calibración brindara distintos escenarios posibles para solucionar el problema de las bajas presiones y de esta manera se podrá plantear planes de mantenimiento que beneficien este distrito.

1.3.2 Científica o teórica

La información que se recopile y el modelamiento que se ejecute sirva como un referente a investigaciones similares y que buscan optimizar el funcionamiento de una red de agua potable mediante la calibración de redes de distribución, por lo que se enriquecen nuestro conocimiento y brindamos base teoría para futuras investigaciones.

1.3.3 Metodológica

En esta investigación se empleará el uso de equipos topográficos para el registro de parámetros de campo (longitud, altitud y latitud), así mismo se empleará el uso de manómetros para el registrar las presiones medidas en cada grifo y punto de estudio, todo esto se procesará en software en ingeniería como son el CIVIL 3D y el WATERCAD, siendo esta la metodología para llegar a realizar la calibración de nuestra red de distribución de agua, esto a su vez servirá de referente para futuros procedimientos de calibración de redes.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Espacial

Esta investigación se realizó en las zonas urbanas de la capital del distrito de Acoria el cual abarca las principales calles y que contemplan la distribución a

partir de 02 reservorios, de acuerdo a las recomendaciones de limitarse en una zona, ciudad, una región o un país.

1.4.2 Temporal

El proyecto se delimitará temporalmente por el registro de datos mensuales de presiones los cuales se utilizarán para la calibración de la red de agua potable del distrito de Acoria.

1.4.3 Económica

Se delimita económicamente dentro de los medios y equipos necesarios para el registro, procesamiento y análisis de la red de distribución del distrito de Acoria.

1.5 Limitaciones

Hay pocos libros detallados sobre la calibración de la red de suministro de agua local, por lo que se han utilizado documentos nacionales y extranjeros, así como una serie de disertaciones realizadas en el país

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Relacionar la calibración de la red de agua potable y la mejora de presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.

1.6.2 Objetivos específicos

- Relacionar la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.
- Relacionar la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red del distrito de Acoria 2018.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 A nivel internacional

- (Koppel, 2008), desarrollo en Estonia esta investigación titulada “Calibration of a model of an operational water distribution system containing pipes of different age” con el objetivo de demostrar que el Algoritmo (the Leven-berg-marquardt algorithm(LMA)) es útil para poder realizar la calibración del sistema de distribución de la ciudad de Tallin en Estonia, La naturaleza descriptiva del trabajo no exige hipótesis.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- El modelamiento digital que representa una parte de todo el WDS(Water Distribution System - “Sistema de distribución de agua”) de la ciudad de Tallin, se llegó a caracterizar las tuberías existente apreciándose que la edad de las tuberías varía de 0 a 41 años.
- El hierro fundido es el material de la abrumadora mayoría de las tuberías (81% de la longitud total de los tubos). Otros materiales utilizados son el plástico y el acero (11% y 8% de la longitud total, respectivamente).
- Las calibraciones se realizaron sobre la base de las presiones medidas durante nueve días (del miércoles de la primera semana al jueves de la semana siguiente). Las presiones se midieron en 25 puntos uniformemente distribuidos. El intervalo de tiempo de las mediciones fue de 15 minutos. El flujo de agua se midió en dos puntos de entradas de agua en el sistema con el intervalo de tiempo de 1 min.

- El WDS incluye más de 1000 consumidores, cada uno de ellos suministrado con un medidor de flujo. El consumo se lee una vez al mes. Estos datos permiten calcular la parte de la demanda total consumida por cada usuario. Como el consumo no es constante durante el día, se investigó la dinámica diurna para diferentes grupos de consumidores.

Las conclusiones a las cuales arribo en este trabajo son:

- El algoritmo de Levenberg-Marquardt requiere un límite bajo de los parámetros para calcular las derivadas parciales con el fin de trabajar en el modelo operativo del WDS que contiene miles de tuberías.
 - La aproximación de la dependencia de la rugosidad de las tuberías respecto de su edad está determinada por la función y sujeto al número de parámetros lo cual determinara la dificultad de las soluciones.
 - El análisis mostró que la superficie de respuesta es muy útil para entender los resultados. La combinación del Levenberg-Marquardt con la superficie de respuesta obtenida por el método de ensayo y error facilita considerablemente la calibración.
- (Van Bloemen, 2004), en su investigación titulada “Application of Optimization Methods to Calibration of Water Distribution Systems”, realizada con el objetivo de verificar el uso de métodos de optimización para llegar a la solución final, tanto para un prototipo como para la realidad. La naturaleza descriptiva del trabajo no exige hipótesis.

El autor encontró los siguientes resultados:

- En una segunda red que representa una pequeña sección de un parque industrial el cual contiene aproximadamente 200 nodos. Se realizó una simple prueba de rastreo en esta red en la que se inyectó CaCl en un lugar y la conductividad fue monitoreados en ocho lugares diferentes. Aunque algunas demandas se midieron con precisión durante la prueba, ocho nodos eran desconocidos. Algunos datos históricos proporcionaron una guía para las conjeturas iniciales de estas demandas nodales desconocidas.
- Se agregaron 24 parámetros de inversión adicionales a la formulación en un intento de capturar el comportamiento de consumo temporal para cada

variable de demanda sobre el período de 24 horas. A partir de la solución anterior obtenida por el optimizador un método basado en gradientes fue capaz de reducir la función objetivo y incrementado en un 5% con las variables de demanda basadas en el tiempo. Debido a las observaciones no lisas del estudio de parámetros, el progreso adicional hacia una no se anticipó una mejor coincidencia, pero aparentemente el comportamiento en el vecindario del último punto de solución fue lo suficientemente suave para que el gradiente basado en este algoritmo coincida finalmente con los puntos de los sensores observados.

- Durante las fases iniciales del estudio, una simple inversión basada en un gradiente identificó una ubicación de sensor como un atípico. La razón del resultado erróneo sigue siendo no concluyente, pero lo más probable es que se deba a una tergiversación de las condiciones de campo en el modelo numérico. Algunos de los errores asociados con el partido final pueden más probablemente se atribuya a esta inexactitud en el modelo numérico.

Este autor finalmente llegó a las siguientes conclusiones:

- Se aplicaron técnicas de optimización global y local a la calibración de un modelo problema que se invirtió con éxito para ocho demandas utilizando historias de tiempo de medidas de concentración. El modelo prototipo utilizó métodos basados en el gradiente para invertir en 10 demandas en una red de 100 nodos usando tan solo 25 sensores mientras que se aplicó una combinación de métodos globales y métodos locales basados en gradientes al conjunto de datos de la prueba del trazador para realizar una reducción en la función objetivo del 26%. El proceso de calibración determinó que una parte de la red no estaba siendo modelado correctamente (es decir, malos diámetros de tuberías, falta de válvulas, etc.).
- Durante la etapa inicial de evaluación de la investigación, un estudio de parámetros mostró el comportamiento general del prototipo tiene relativamente buen ajuste, pero hay una falta de ajuste a pequeña escala en la simulación de la prueba del trazador real. En consecuencia, se seleccionó un método global para realizar la inversión inicial en un conjunto reducido de variables de inversión. Adicional la mejora de la inversión se realizó mediante

el uso de métodos de gradientes locales a partir de la última solución del método global y utilizando parámetros de inversión dependientes del tiempo. Durante la fase de estudio de los parámetros se evaluaron varios parámetros incluyendo paso de diferencias finitas, resolución de cuadrículas, regularización, condiciones iniciales, y solucionadores.

- Se propone la inversión bajo formulaciones de incertidumbre para ayudar a caracterizar la variabilidad en el modelo y las mediciones de campo. La formulación exacta y la aplicación a la prueba del trazador queda para trabajos futuros.

- (Saldarriaga, 2008), realizó un trabajo de investigación titulado “Metodología de calibración de Redes de Distribución de Agua Potable”, con el objetivo de encontrar patrones de comportamiento de las curvas de presión y caudales, los cuales pueden ser empleados en la disminución del índice de agua no contabilizada de sistemas reales.

Los resultados que pudo obtener en este trabajo muestran de manera inequívoca que al interior de la zona de la red del distrito Estadio se está presentando un problema de tipo técnico, el cual afecta el comportamiento de las mediciones. Dicho resultado se encontró durante el proceso de calibración, sin embargo, fue necesario disponer del criterio de un grupo de ingenieros muy bien entrenados durante un largo periodo de tiempo para lograr esta conclusión. Queda claro que a través del método propuesto se puede llegar al mismo resultado de forma mucho más rápida.

Saldarriaga además arribó a las siguientes conclusiones:

- La calibración de redes de distribución es un problema complejo, en el que el número de variables involucradas es superior al número de ecuaciones disponibles, por lo que existe un método directo de solución. Debido a lo anterior y a la gran cantidad de tiempo que requiere la exploración del espacio solución, se ha venido implementando un conjunto de procedimientos de aproximación, a través de los cuales se busca una respuesta coherente.

Algunos de los principales métodos probados son los algoritmos genéticos, la lógica difusa, Metrópoli-Montecarlo y la exploración manual.

- Con el fin de buscar un método de identificación de pérdidas en un sistema de distribución a través de las mediciones de presión y caudal recolectadas en campo, se planteó un conjunto de indicadores estadísticos e hidráulicos, con los cuales se buscó aprovechar las características propias de las curvas por demandas desconocidas y emisores. Entre los principales indicadores analizados se encontró la media y la desviación estándar, con su respectivo análisis relativo. Mediante dicho procedimiento se encontró la existencia de una relación lineal entre la media relativa y la desviación estándar relativa, para las curvas de los problemas por demandas desconocidas y entre la media relativa y la presión máxima relativa para los problemas de emisores.
- A través de estas relaciones, se planteó un método de identificación y búsqueda de pérdidas técnicas y comerciales a partir de las mediciones en campo, el cual se probó en problemas supuestos y en un sistema real.

- (Jamasp, 2008), realizó su trabajo titulado “CALIBRATION OF EPANET USING GENETIC ALGORITHM” el cual tuvo por objetivo realizar la calibración de una red de tuberías mediante el uso del Algoritmo genético, un código de computadora que es preparado y vinculado al simulador hidráulico en este caso el EPANET, esta investigación se ha considerado la fricción en las tuberías además de los nodos de influencia en una red ideal de agua potable, la evaluación de esta tesis servirá de metodología para la calibración de red de agua empleando el software EPANET.

Este autor ha llegado a los siguientes resultados:

- Se logró la estimación del modelo calibrado en la condición de demanda mínima como base de ajuste proceso, teniendo un porcentaje de error considerable, por lo que significa que no hay una condición adecuada para calibración.
- Las aplicaciones de flujo para las demandas son en conjunto más que las otras condiciones en esta muestra, la rugosidad de la tubería y los consumos

nodales que son dos variables básicas en la determinación de las pérdidas de carga de la red de tuberías, juegan un papel especial y los resultados de la calibración están mucho más cerca de la realidad.

- Las redes de distribución de agua deben ser diseñadas para satisfacer estos requisitos y en otras condiciones, la cantidad de pérdidas de carga y como resultado la aspereza y los efectos de consumo disminuirán.

Además, en su trabajo arribo a las siguientes conclusiones:

- Dado que la ejecución de un sistema de distribución de agua requiere gastos considerables y la gran importancia de suministrar agua en un nivel aceptable para diferentes propósitos, es necesario simular (y analizar) las redes con precisión. Por lo tanto, el programa informático desarrollado aquí (en la programación de MATLAB7 lenguaje y técnica de algoritmo genético) para determinar los coeficientes de rugosidad de los tubos, las demandas nodales o los diámetros de los tubos (mediante el proceso de calibración de EPANET) ofrece un poderoso enfoque para disminuir los efectos de las incertidumbres. Además, el estudio de las condiciones de funcionamiento comunes en un sistema de ejemplo demostró que, el ajuste sincronizado de las demandas y la rugosidad como variables de decisión y la utilización de las observaciones relacionadas con la condición de lucha contra el fuego (con la máxima demanda) dan lugar a resultados más precisos en la calibración de las simulaciones del modelo y del sistema.

2.1.2 A nivel nacional

En el ámbito nacional se han podido encontrar trabajos similares que dan luces al procedimiento de calibración de redes de agua potable los cuales citare a continuación, así mismas estas han sido trabajadas en redes urbanas y rurales amparadas en las normas de saneamiento como son la OS030 y la OS100, los cuales en muchos casos han brindado nuevas luces del desarrollo e interpretación de la calibración de redes de agua potable.

- (Paz, 2018), realizo su tesis, “CALIBRACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE TUBERÍAS DEL SISTEMA IRRIGACIÓN PANGO, SUBTRONCAL 3 -

DEPARTAMENTO DE JUNÍN”, con el objetivo de evaluar el sistema hidráulico en la Subtronal 3 del “Sistema de Irrigación Pangoa” a través de la medición de caudal por el método de flujo ultrasónico y la estimación a través de las ecuaciones empíricas.

Esta investigación concluye que:

- La calibración del caudalímetro de tipo flujo ultrasónico permitió corregir las diferencias entre el perfil actual de velocidad y el perfil supuesto en los cálculos del medidor del flujo de agua; esto se representó en un factor de calibración de 1.09 entre el caudal volumétrico (Q actual) y el caudal ultrasónico (Q registrado) determinado bajo las condiciones específicas del estudio.
 - La caracterización reveló que la red de tubería cumple con los aspectos de funcionalidad hidráulica y economía de recursos empleados, tanto en los materiales como en el planteamiento de estructuras que facilitaron las labores de operación del sistema, logrando además identificar hidrantes que no cumplen con la presión mínima de trabajo. Asimismo, la actividad de campo permitió reconducir los valores ofrecidos por el modelo hidráulico inicial, al identificar la necesidad del cierre de algunas válvulas cuya salida no estaba definida y que pudieron causar futuros problemas de inundación.
 - Del caudal registrado por el equipo ultrasónico y el estimado por las ecuaciones empíricas, se comprobó que la tecnología de flujo ultrasónico de tiempo de tránsito representa el caudal medido con exactitud respecto al caudal real; esta representatividad permitió confirmar que no existen pérdidas de agua en la red de tuberías, revelando una adecuada instalación. De este modo, se convierte en una opción confiable para el empleo en actividades relacionadas al control del agua para sistemas de abastecimiento con fines de riego.
- (Llique, 2017) desarrollo su tesis “CALIBRACIÓN HIDRÁULICA Y PROGRAMACIÓN DE RIEGO DEL SISTEMA POR ASPERSIÓN DE LOS JARDINES DE LA UNALM”, con el objetivo de realizar la calibración hidráulica y programación de riego del sistema por aspersion de los jardines de la

UNALM, teniendo como base la actual operación del sistema, los resultados obtenidos en esta investigación comenta que el funcionamiento del sistema de riego planteado para las áreas verdes de la UNALM tiene como fuente de agua dos reservorios que son abastecidos de manera intercalada, uno cada semana por el canal principal llamado “canal bajo”; situados en el área de Proyección social. La capacidad de cada reservorio fue calculada para satisfacer los requerimientos semanales de agua para los jardines de la UNALM, programa de cereales y maíz haciendo un área total de 18.85 ha y programa de hortalizas con 11.51 ha llamado el “El Huerto”. El canal bajo conduce 300 l/s (1080 m³/hr) y la capacidad del reservorio que abastece a Jardines y al Huerto es de 9372 m³.

Finalmente, este autor llego a las siguientes conclusiones:

- El parámetro calibrado es la rugosidad y los valores 135 y 140 asignados al factor «C» de Hazen-William son los que representan la rugosidad actual de las tuberías del sistema.
- La calibración del sistema hidráulico de riego por aspersión de los jardines de la UNALM presenta una pendiente en la ecuación de regresión lineal de las presiones cercana a la unidad y un valor de R² alrededor de 0.99 para los tres escenarios.
- La relación entre la curva característica de la bomba y los puntos de operación requeridos por el sistema reflejan los déficits de presión y sobrepresiones, el «Escenario 3» muestra valores de eficiencia entre 72 y 80 por ciento.
- La programación de riego para los tres escenarios simulados presenta tres periodos durante el año, el primero de enero a abril, el segundo de mayo a octubre y un último periodo de noviembre a diciembre, presentando tiempos de riego mayores para agrupaciones de 4 válvulas en comparación con agrupaciones de 3 válvulas.
- La relación de la curva característica de la bomba y los puntos de operación del sistema, genera un menor costo energético anual para el «Escenario 3» con un costo anual de S/. 28,628.88, seguido del «Escenario 2» con S/. 30,765.39 y finalmente el «Escenario 1» con S/. 30,870.94; teniendo en

cuenta la calibración y el costo energético, es adecuada la implementación de la programación de riego perteneciente al «Escenario 3», generando un ahorro anual de S/. 2,242.06 en comparación con el escenario actual.

- El desarrollo del sistema de consulta SIG permite monitorear las áreas de jardines a través de herramientas de consulta de manera sencilla respecto a: presión, caudal, CDT, tipo de emisor, diámetro de válvula y diámetro de tubería.
- (Kuroiwa, 2009) desarrollo la investigación “Certificación y calibración de caudalímetros electromagnéticos para operaciones mineras” con los siguientes objetivos:
 - Explicar el funcionamiento de los caudalímetros electromagnéticos, verificando su funcionalidad y exactitud en las mediciones de volúmenes y caudales de agua para conductos cerrados.
 - Estimar un valor de corrección de los datos generados por los caudalímetros, encontrando así el factor de calibración.
 - Calibrar los caudalímetros pertenecientes a SPCC, los cuales se desempeñan en condiciones climatológicas a más de 4000 msnm.
 - Proponer la normalización de la calibración de medidores de flujos en conductos cerrados de diferentes usos, pudiendo ser: Minero, para conexiones domiciliarias, para agricultura, etc. Siendo el Laboratorio Nacional de Hidráulica el ente que certifique los mismo en el Perú.
 - Presentar la infraestructura con la que cuenta el Laboratorio Nacional de Hidráulica para llevar a cabo la certificación y validación de volúmenes y caudales registrados por medidores de flujo de cualquier tipo.

Finalmente, el resultado de esta investigación arribó a las siguientes conclusiones:

- En general se presentaron buenos resultados, con errores de 0.5% entre volúmenes medidos en la poza de calibración y registrados en el equipo, y valores menores en los equipos nuevos.
- Los valores registrados por los caudalímetros electromagnéticos tienen bastante exactitud en la medición de flujos en conductos cerrados. Se puede

afirmar que esta tecnología aplicada por el fabricante indicado en este artículo es confiable.

- Debe realizarse periódicamente la certificación de medidores de flujo para conductos cerrados, después de alguna reparación o manipulación indebida o al igual que los correntómetros después de cierto periodo de trabajo para compensar el desgaste sufrido.
- El Laboratorio Nacional de Hidráulica posee un sistema idóneo para la prueba y control de este tipo de medidores de flujo.

2.2 Marco Conceptual

El proceso de calibración se basa en las investigaciones realizadas por los autores como son L. Wang y J. Saldarriaga este último ha propuesto una metodología para realizar el proceso de calibración de redes de agua potable procedimiento que se hizo mediante el software EPANET a sistemas de distribución de mediano y gran tamaño, dicho procedimiento ha aportado grandes soluciones y respuestas a los problemas habituales que se suscitan en redes de distribución de agua potable como son el problema de las bajas presiones y la baja cobertura de agua potable.

Juan Saldarriaga presenta la fase de calibración la cual es adaptada para los procesos de la presente investigación y es la que se muestra a continuación:

- Crear un modelo digital del sistema de distribución de agua, el cual será de acuerdo a la topografía, datos hidráulicos de diseño, características de fábrica de las tuberías y accesorios, información de la situación actual del sistema, previamente modelado.
- El modelo digital con datos de demandas y elevaciones, será proyectado en un periodo extendido para determinar su comportamiento a lo largo del tiempo.
- Recopilación de la Información recabada por el presente tesista del registro de presiones mediante el uso de manómetros en los distintos puntos de la ciudad de Acoria durante la duración del proyecto de investigación.

- Contrastación de los resultados del modelo hidráulico digital y sus resultados (Presiones y velocidades) con los datos y registros obtenidos de la medición y aforo en campo en cada nodo de la red, en base a la comparación y observación se identificarán las zonas y sectores a calibrar al igual que se determinará un área de influencia para las tuberías.
- La calibración se realizara en el software WATERCAD y su herramienta DARWIN CALIBRATOR que emplea algoritmos genéticos e inteligencia artificial, es para esto que se necesita presiones y velocidades registradas del sistema en tiempo real, para calcular los coeficientes de rugosidad de las tuberías existentes y de esta manera poder identificar fácilmente las tuberías que necesitan un cambio y las que necesitan mantenimiento, resulta ser bastante importante esta calibración pues de forma inmediata nos dará un diagnóstico y también una referente predicción de cómo se irá dando el deterioro de las tuberías en posteriores meses y años.

Antes de pasar al proceso de calibración como tal, detallare los componentes de un sistema de distribución de agua, las cuales son la base para el modelo digital de apoyo del distrito de Acoria.

2.2.1 Componentes de un sistema de distribución de agua

2.2.1.1 Captación

(P. Rodriguez-2001) Las fuentes de abastecimiento proporcionan un suministro de agua para distintos propósitos como son el consumo humano, riego, uso industrial etc., las cuales deben de dar en conjunto un gasto suficiente para abastecer a una población.

2.2.1.2 Línea de conducción

Las obras de conducción cumplen la función de llevar las aguas desde la captación o toma hacia los reservorios y/o plantas de tratamiento de agua potable, estas se pueden llevar mediante(Vierendel):

- Canales

- ✓ La velocidad en los canales no debe producir depósitos ni erosión.
- ✓ Los canales deberán ser revestidos y techados.
- Tuberías
- ✓ La velocidad mínima será adoptada de acuerdo a los materiales en suspensión, pero estas en ningún caso será menos de 0.60m/s.
- ✓ La velocidad máxima será de acuerdo al tipo de material.

2.2.1.3 Reservorio

(OPS-2005) Los reservorios son estanques de almacenamiento de agua, las cual proveen de un punto de elevación estratégica que provea de una línea de presión hidrostática suficiente para suministrar de presión de agua a cada punto de la red de distribución de agua potable.

Desempeñan un rol muy importante ya sea por el factor económico como en el funcionamiento hidráulico del sistema y del mantenimiento eficiente de un servicio.

Existen los siguientes reservorios:

- Reservorios de cabecera
- Reservorios flotantes

2.2.1.4 Línea de aducción

Se llama línea de aducción a la tubería saliente del reservorio hacia el primer nodo de distribución, es la tubería de mayor diámetro de la red y es la que distribuye todo el caudal asignado para dicha red de distribución.

2.2.1.5 Red de distribución

(R. Pittman -1997), Una red de distribución consiste en el conjunto de tuberías de distintas características como son diámetros, tipo de tubería, clase de tubería, válvulas, grifos y demás accesorios que componen y dan funcionalidad a cada red de distribución.

(R. Pittman -1997), Las presiones deben de cumplir las condiciones mínimas y máximas para distintos tipos de eventos que se puedan suscitar en la red de distribución, por lo cual la red debe de mantener presiones de servicio mínimas y que están puedan llevar agua al interior de cada vivienda(Zonas alta de cada población), además de esto las conexiones deben de tener restricciones en las sobrepresiones de agua y así evitar daños en las conexiones, tuberías y accesorios, para lo cual se debe considerar el uso de accesorios de reducción y control de presiones.

2.2.2 Metodología empleada por el software watercad

El software Watercad al igual que otros muchos software's como son: EPANET, PIPE2000, KYPIPE, CADRED, LOOP, entre otros muchos los cuales trabajan con una rutina de cálculo la cual se denomina como el Método de Gradiente Hidráulico el cual lleva actualmente el procedimiento más adecuado debido a la facilidad de convergencia y que puede trabajar gran cantidad de tuberías en redes de distribución, sin embargo no es el único y a lo largo de la historia se ha tenido otros métodos como son los siguientes:

- Método de Hardy-Cross con corrección de caudales en los circuitos.
- Método de Hardy-Cross con corrección de cabezas en los nodos.
- Método de Newton-Rhapson.
- Método de la teoría lineal.

Finalmente fue el método de gradiente hidráulico el más eficiente en el modelamiento de redes y se detalla a continuación el procedimiento que este sigue:

(J. Saldarriaga-), El método fue planteado por Todini y Pilati (1987), y más tarde Salgado (1988), el procedimiento que emplea el método de gradiente hidráulico para el diseño de redes de distribución de aguas está basado en el hecho de que al tenerse un flujo permanente se garantiza que se cumpla las ecuaciones de

conservación de la masa en cada uno de los nodos de la red y la ecuación de conservación de la energía en cada uno de los circuitos de esta.

Siendo este el método más empleado por la amplia gama de software's en ingeniería y el cual se empleó para la presente investigación.

2.2.3 Características especiales del método de gradiente hidráulico

(J. Saldarriaga), el método de gradiente hidráulico presenta características especiales las cuales se menciona a continuación:

- Se puede implementar un método de cálculo eficiente basado en el algoritmo pre condicionado con la factorización incompleta de cholesky y tratamiento de matrices dispersas.
- El método de cálculo anterior garantiza la solución en máximo NN iteraciones.
- La manipulación de las matrices dispersas típicas del método de gradiente reduce la memoria requerida y el tiempo de cálculo en cualquier computador.
- El método de gradiente resuelve un sistema de dimensión $NN \times NN$, mientras que el método de la teoría lineal resuelve un sistema de $NT \times NT$, debido a que en todos los casos $NN < NT$, el método del gradiente es más veloz y requiere menos memoria en el computador, aun utilizando el mismo algoritmo de solución. El sistema de ecuaciones que se monta puede llegar a ser un 50% menor en el caso de redes grandes.
- El método de gradiente hidráulico calcula y ajusta simultáneamente los caudales y las cabezas, ya que es el método más eficiente, eso reduce el número de iteraciones con respecto al método de la teoría lineal.

2.2.4 Calibración de redes de agua potable

(S. Takahashi- 2008), La calibración de redes de distribución resulta de gran importancia para realizar operaciones y mantenimientos en las redes existentes.

Con el fin de que se pueden realizar simulaciones hidráulicas sobre modelos de red confiable válida y que ofrezcan los datos necesarios para tomar decisiones aceptables de operación.

(B. van Bloemen- 2004), menciona acerca que un buen camino para realizar la calibración de redes de agua, es el uso de algoritmos invertidos para ir minimizando la diferencia entre los valores observados y los valores calculados. Respecto a esto es bueno acotar que si bien el procedimiento de calibración empleado ha brindado buenos resultados en las pruebas realizadas con un prototipo de 10 demandas y 100 tuberías empleando para eso 25 sensores.

(C. Vega-2008), El proceso de calibración de redes sirve para determinar el valor actual de cada uno de los atributos de los elementos de la red, puesto que estos atributos pueden haber cambiado con respecto a los valores que se tenían en un modelo base inicial.

Según (T. Walski - 2006), Los métodos empleado para realizar calibraciones de forma automática emplean modelos de sistemas de distribución de agua. Pero es muy difícil probar que cualquier método sea correcto, dado que en un momento la capacidad de conocer todos los parámetros y condiciones de flujo en un sistema real son imposibles, por lo cual obteniendo todos los datos necesarios en un sistema de agua real a escala bajo este entorno se ve viable realizar la calibración lo más realista posible.

Probar la capacidad de los métodos de calibración automatizados para predecir las condiciones reales en una red de distribución de agua (N. Defrank-2006) se realiza mediante el uso de un modelo físico a escala de laboratorio de la red a estudiar. En el cual se realizó el proceso de calibración y teniendo resultados que indicaron que los métodos de

calibración automatizados funcionan bien para estimar la rugosidad de la tubería.

Según (T. Walski - 2006), Se acota además que un modelo físico y un lenguaje de programación empleado para codificar el algoritmo de calibración, exige la ubicación de las válvulas, ubicación de accesorios, condición de apertura o cierre de las válvulas, bajo esas condiciones de exactitud el modelo calibrado coincide exactamente.

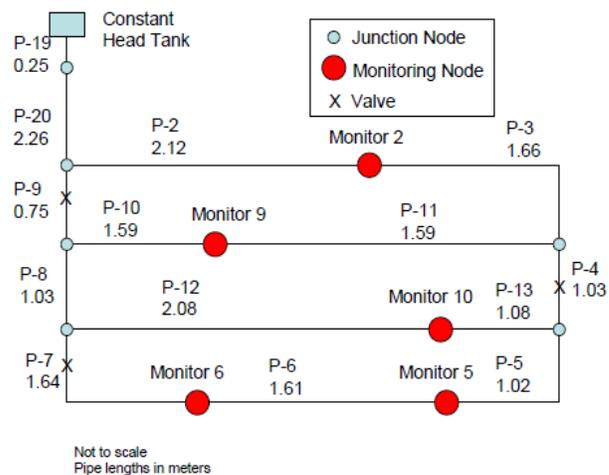


Imagen 1: Modelo Digital de la Red de Distribución

En dicho experimento los flujos y presiones medidos en el sistema brindaron en los resultados del algoritmo la capacidad de identificar si una válvula estaba cerrada o abierta además de donde se ubicaron las demandas. Cuando se proporcionaron datos suficientes, fue capaz de identificar la rugosidad de la tubería.

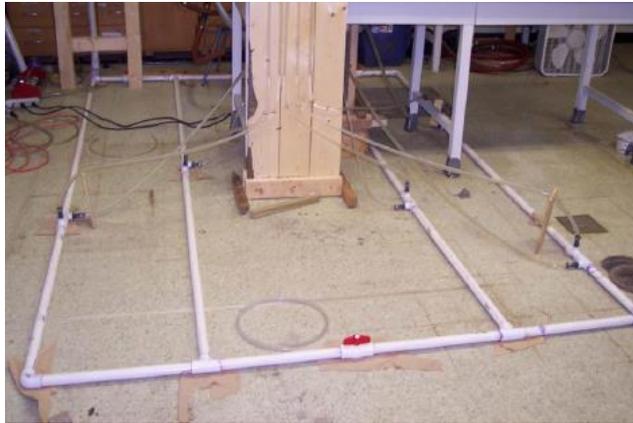


Imagen 2: Modelo a escala de la red de distribución.

El autor de ese artículo menciona además que se produjeron problemas cuando el número de incógnitas superó con creces el número de mediciones. Cabe señalar además que el modelo funciona bien bajo las ecuaciones de Hazen-Williams y las ecuaciones de Darcy-Weisbach o Manning.

Se toma bastante en consideración los trabajos realizados por estos autores debido a que da el precedente de cómo realizar una calibración de agua potable en base a datos medidos y registrados es decir tener la mayor cantidad de parámetros de campo registrados ayudara a la calibración de la red.



Imagen 3: Vista del Control de presiones en cada nodo.

Estas mediciones no requirieron con equipos especializados y costosos se hicieron de forma directa el uso de manómetros y en caso de la línea de presión hidrostática con flexómetros.



Imagen 4: Vista de la medición hidrostática.

El proceso de calibración llevado ha brindado distintos resultados acerca de la calibración de las rugosidades lo cual se detalla a continuación:

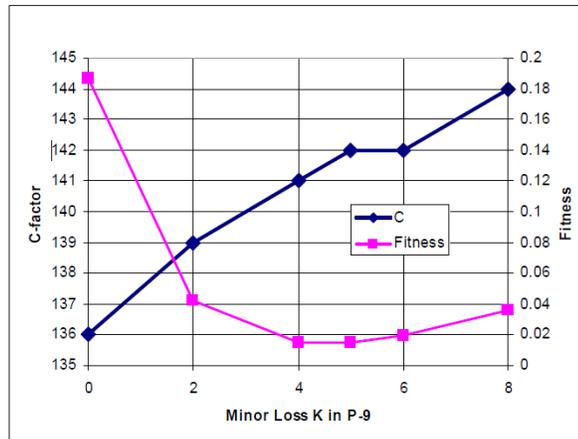


Imagen 5: Ajuste de rugosidad y afinidad.

Del proceso de calibración realizado se obtuvieron resultados en total de 12 procesos iterativos los cuales arrojaron distinto grado de afinidad y ajuste en las distintas tuberías tratadas, algo particular es el hecho de que

Solution Number	1	5	8	12
Fitness Value	0.00258	0.00296	0.00341	0.00407
Pipe 2	145	144	144	144
Pipe 3	152	151	152	150
Pipe 4	151	180	150	152
Pipe 5	180	147	180	180
Pipe 6	154	180	114	172
Pipe 7	115	180	175	175
Pipe 8	146	119	140	117
Pipe 9	103	116	100	116
Pipe 10	138	147	135	180
Pipe 11	112	113	110	112
Pipe 12	156	175	152	180
Pipe 13	123	125	164	101
Pipe 19	141	157	180	180
Pipe 20	131	132	130	130

Tabla 1: Factores C para cada solución

A partir de dichos resultados debemos entonces apreciar que el valor ideal de 150 como coeficiente de Hazen-williams ha sufrido variación a valores cercados a 112, 130,123 y distintos valores los cuales indican una disminución del Coeficiente de rugosidad el cual es inversamente proporcional al incremento de la rugosidad de las tuberías, dando lugar esto a bajas de presiones, desperfectos en accesorios de la red.

(T. Voglino- 2006) Demostró la capacidad de los algoritmos genéticos para determinar valores para la rugosidad de las tuberías, el estado de la válvula y la demanda de una red de tuberías donde los flujos y la válvula

son conocidos. Se identificaron varios peligros potenciales en su uso, lo más significativo es tratar de Utilizar más grupos de tuberías de los que pueden soportar los datos. En este caso muchas combinaciones posibles de factores C eran posibles, también cuando se trata de determinar el estado de la válvula en un caso donde pasaría muy poco flujo a través de la válvula, en un caso, el calibrador predijo incorrectamente si la válvula estaba abierta o cerrado. El calibrador de Darwin funcionó bien independientemente de si el C de Hazen-Williams o n de Manning. Al determinar las demandas, es importante especificar algún flujo, como la entrada total al sistema en las fuentes, para mantener la búsqueda enfocada en el rango correcto.

2.2.5 Metodología del proceso de calibración de coeficientes de rugosidad.

Según (M. Jamasb- 2008), los modelos hidráulicos se utilizan ampliamente para simular el rendimiento hidráulico de los sistemas de distribución de agua tanto en el diseño como en las etapas operativas. Estos modelos tienen un papel importante en los procedimientos de toma de decisiones, debe notarse que la calidad de los resultados del modelo está directamente relacionada con la calidad de los datos de entrada. Sin embargo, debido a varias razones, como el cambio de los factores de fricción y el diámetro de las tuberías, demandas variables etc., los resultados de salida son propensos a errores.

Por otra parte, los criterios de diseño pueden cambiarse durante el período operativo, para mejorar el rendimiento del modelo y reducir las incertidumbres propias de tal calculo.

Durante los diferentes procedimientos de consumos, es necesario calibrar estos modelos. Por el momento solo existe un puñado de programas capaces de realizar la calibración de redes de agua potable entre ellos el WATERCAD Y EPANET, los cuales consideran los factores de fricción de las tuberías o simplemente el consumo en cada nodo como la variable.

Para lo cual se debe de emplear algunas variables extras como son el coeficiente de fricción de las tuberías ya mencionadas (Hazen William), diámetro de las tuberías, consumo, etc. De esta manera evaluar las ventajas de este procedimiento frente a otros manuales y que requiere un gasto considerable en la inversión de muestreos y equipos.

2.2.5.1 Ecuaciones que la calibración

El modelo hidráulico para poder realizar la calibración ha mejorado su desarrollo y la velocidad además de la precisión a comparación de otras metodologías (Walski, 2003). Para lo cual distintos investigadores han brindado varias funciones y métodos (A. Vassijev-2005) y (G. Giudice, 1999).

Los cuales proponen la siguiente ecuación para poder realizar la calibración y comparar las funciones planteadas las cuales realizan una comparación de las presiones y caudales observados, mediante una función de ajuste mínimo es decir buscan minimizar la diferencia.

$$\text{Min } f(x) = \sum_{i=1}^N W_n \left(\frac{H_{\text{cal}} - H_{\text{meas}}}{H_{\text{meas}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^S W_s \left(\frac{Q_{\text{cal}} - Q_{\text{meas}}}{Q_{\text{meas}}} \right)^2$$

En esta ecuación, N es el número de puntos que tienen un barómetro o manómetro y S es el número de tuberías que tienen un medidor de flujo, correntómetro o micromedidor. Hcalc y Qcalc son cabeceras y caudales calculados en cada nodo. Wn y Ws son coeficientes ponderados que pueden considerarse como una función de las pérdidas de cabeza y los caudales de acuerdo con la ecuación a la siguiente ecuación:

$$W_n = f\left[\frac{(H_{\text{loss}})_n}{\sum (H_{\text{loss}})_n}\right]$$

Y la siguiente ecuación:

$$W_s = f\left[\frac{(Q_{\text{obs}})_s}{\sum (Q_{\text{obs}})_s}\right]$$

Donde $(H_{loss})_n$ es la pérdida de carga en un tramo al lugar del manómetro(n) y $(Q_{obs})_s$ es la tasa de flujo en las tuberías dividido en todas las pérdidas de carga y caudales medidos. Las limitaciones del problema incluyen:

- Limitaciones hidráulicas del sistema que la programación de modelos hidráulicos se basa principalmente en ecuaciones que gobiernan la red.
- Limitaciones implícitas: bajo cada condición de demanda, presión de uniones y el flujo en las tuberías, se ubica entre las cantidades mínimas y máximas (según los estudios de campo y las condiciones de las redes).
- Limitaciones explícitas del borde el cual se relación a determinar el rango de variables de decisión.

En diferentes investigaciones, se han propuesto varios enfoques para el proceso de calibración y optimización. Pero a causa de cantidad considerable de incógnitas, variables, parámetros y la incertidumbre existente esto representa dificultades en la distribución real del agua. En los sistemas, estos métodos no tienen la eficiencia adecuada. Por lo tanto, al seguir métodos clásicos y junto con el aumento de los procedimientos de cálculo informáticos para resolver problemas complicados que tienen muchas variables de decisión, se han sugerido y formulado nuevas técnicas.

Un enfoque estadístico para la optimización y la búsqueda es el uso de Algoritmos genéticos (AG), que es una solución aplicable con alto poder para manejar funciones o restricciones no lineales (Haestad Methods, 2005). Sobre esta base los Algoritmos Genéticos se utiliza para optimizar la función mencionada anteriormente.

2.2.6 Metodología empleada por el software watercad

(Haestad.Methods- 2005), Bentley dentro de su preocupación y la problemática por el control y reducción de pérdidas de agua, dentro de lo cual mediante el uso de su software brinda la posibilidad de encontrar y eliminar todas las perdidas. Actualmente como esto se viene empleando para el fin de localizar perdidas mediante procedimientos directos e indirectos (Calibración de redes) se hace uso de equipos con los siguientes fines:

- Una gestión y regulación de la presión de la organización de los sistemas hidráulicos.
- Mayor utilización de tuberías plásticas (PVC, HDPE, etc.).
- Una implementación parcial de un plano contra pérdidas de agua para futuros planes de mantenimiento.
- Una coordinación de todos los componentes de un programa de reducción de pérdidas de agua.

La optimización a través del Darwin Calibrator, el cual es un módulo disponible en Bentley WaterGEMS.

El cual presenta las siguientes bondades:

Teniendo un modelo hidráulico y datos observados de Presión y el caudal (datos de campo).

Se puede realizar la calibración y estimar lo siguiente:

- Rugosidades (Roughness).
- Demandas (Demandas).
- Puntos (Potenciales) de fugas (Leakage hotspots).
- Estado de válvulas y tuberías.
- Configurar el análisis utilizando algoritmos genéticos.
- Evaluar y optimizar el ajuste (Fitness) entre los datos observados y los simulados.

Se emplearán el ajuste mediante las siguientes ecuaciones (Fitness).

- Min Squares difference

$$F = \frac{1}{w_H} \sum (H_{\text{mod}} - H_{\text{obs}})^2 + \frac{1}{w_Q} \sum (Q_{\text{mod}} - Q_{\text{obs}})^2$$

➤ Min absolute value differences

$$F = \frac{1}{w_H} \sum |H_{\text{mod}} - H_{\text{obs}}| + \frac{1}{w_Q} \sum |Q_{\text{mod}} - Q_{\text{obs}}|$$

➤ Min worst point

$$F = \frac{1}{w_H} \max |H_{\text{mod}} - H_{\text{obs}}| + \frac{1}{w_Q} \max |Q_{\text{mod}} - Q_{\text{obs}}|$$

Ejecución de la optimización para la detección de Pérdidas, posibles fugas y aumento de rugosidades.

- Optimizar únicamente el Grupo de Demandas
- Tipo de Operación para el Grupo de Demandas
- Predecir la ubicación de nodos de fuga
- Optimizar los coeficientes de emisor (emitter coefficients) en un nudo de fugas

Lo que se debe tomar en cuenta y considerar es que los emisores de flujo son una propiedad asociada a cada nodo, esto permite estimar el caudal de fugas donde el caudal varía según el valor de la presión.

- Configurar el rango de valores
 - Mínimo, Máximo e Incremento
 - Máximo número de nudos de fugas
- Crear un estudio de calibración (New calibration study)
 - Insertar / Importar datos observados en Campo
 - Configurar grupos
 - ❖ Nodos (Junctions) para Grupos de Demanda
 - ❖ Líneas (Pipes) para Grupos de Rugosidad
- Crear calibraciones (simulaciones) optimizadas
 - Seleccionar el tipo de operación correcto.

- Definir configuraciones racionales (por ejemplo, valores min. Y máx. para los coeficientes de emisor).
- Configurar parámetros de optimización del GA.
- Procesar.
- Revisar las soluciones obtenidas.

2.3 Definición de términos

- **Algoritmos Genéticos:**

El algoritmo genético es una técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución de Darwin, que ha cobrado tremenda popularidad alrededor del mundo durante los últimos años.

La comunidad científica internacional ha mostrado un creciente interés en una nueva técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución y que se conoce como el algoritmo genético. Esta técnica se basa en los mecanismos de selección que utiliza la naturaleza, de acuerdo a los cuales los individuos más aptos de una población son los que Sobreviven, al adaptarse más fácilmente a los cambios que se producen en su entorno. Hoy en día se sabe que estos cambios se efectúan en los genes (unidad básica de codificación de cada uno de los atributos de un ser vivo) de un individuo, y que los atributos más deseables, del mismo se transmiten a sus descendientes.

Un investigador de la Universidad de Michigan llamado John Holland estaba consciente de la importancia de la selección natural, y a fines de los 60s desarrollo una técnica que permitió incorporarla en un programa de computadora. Su objetivo era lograr que las computadoras aprendieran por sí mismas. A la técnica que invento Holland se le llamo originalmente: planes reproductivos, pero se hizo popular bajo el nombre de Algoritmo genéticos tras la publicación de su libro en 1975.

La aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables. Sin embargo, no todos los problemas pudieran ser apropiados para

la técnica, y se recomienda en general tomar en cuenta las siguientes características del mismo antes de intentar usarla:

- Su espacio de búsqueda debe estar delimitado dentro de un cierto rango.
- Debe poderse definir una función de aptitud que nos indique que tan buena o mala es una cierta respuesta.
- Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en la computadora.

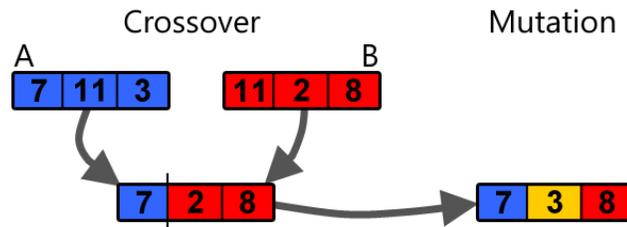


Imagen 6: Representación de los algoritmos genéticos.

- **Caudal de diseño**

La red de distribución se calculará con la cifra que resulte mayor al comparar el gasto máximo horario con la suma del gasto máximo diario más el gasto contra incendios para el caso de habilitaciones en que se considere demanda contra incendio.

- **Análisis hidráulico**

Las redes de distribución se proyectarán, en principio y siempre que sea posible en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red debiendo garantizar en lo posible una mesa de presiones paralela al terreno.

- **Diámetro Mínimo**

El diámetro mínimo de las tuberías principales será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial.

En casos excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo ó de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión.

El valor mínimo del diámetro efectivo en un ramal distribuidor de agua será el determinado por el cálculo hidráulico. Cuando la fuente de abastecimiento es agua subterránea, se adoptará como diámetro nominal mínimo de 38 mm o su equivalente.

- **Velocidad**

La velocidad máxima será de 3 m/s y la velocidad mínima será 0.6 m/s, e casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

- **Presiones**

La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. en condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m. En caso de abastecimiento de agua por piletas, la presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta.

- **Calibración**

La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). Según la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la calibración es una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación.

Se han realizado procesos de calibraciones alrededor del mundo en sistemas de distribución de Agua Potable, dando como resultado simulaciones y resultados del comportamiento de estos sistemas para tener modelos más confiables y que reflejen la situación actual de las redes de agua, tomando como ejemplo la Calibración del Coeficiente de Hazen y Williams: Como parte del proyecto de investigación se hará uso del Coeficiente C Adimensional de Hazen y Williams, para identificar la edad de las tuberías y su cambio o mantenimiento a tratar.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria. 2018.
- Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la operación de la red del distrito de Acoria 2018.

2.5 Variables

2.5.1 Definición Conceptual de la variable

- **Calibración:** Se define como el procedimiento que se realiza para comparar la indicación de un valor observado con un patrón o valor de referencia conocido o calculado.
- **Presión de servicio y/o agua:** Se denomina así a la fuerza ejercida por cada metro de columna de agua es decir el equivalente a agua pura de un metro de altura bajo la gravedad terrestre, se suele usar como símbolo el mca (metros de columna de agua) como indicado de esta característica

2.5.2 Definición Operacional de la variable

- **Calibración de una RDAP:** Es la comparación de los resultados obtenidos de una modelo digital contra los datos observados en campo, en el cual el programa digital se basa en la rugosidad de las tuberías pertenecientes a la red de distribución de agua potable.
- **Presión de servicio y/o agua:** Es la presión interior en la tubería de suministro en una condición de operación dada, medida en un punto señalado

2.5.3 Operacionalización de la variable

Variable 1	Dimensiones	indicadores	fuelle
Calibración de redes de agua potable	-Rugosidad en tuberías.	-coeficiente de rugosidad	Optimización de tuberías
Variable 2	Dimensiones	indicadores	fuelle
Presiones de servicio	-presión interior	-metro de columna de agua	Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla 2: Operacionalización de las variables.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

La ciencia dispone de una amplia variedad de métodos científicos. Esto se debe a la diversidad de la realidad objetiva por su naturaleza; y cada uno de sus procesos y elementos exige un enfoque especial para su investigación (Gomero Camones, 1997). El método científico es el procedimiento que se empleara en esta investigación.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de estudio de la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica es la utilización de los conocimientos en la práctica misma en ambientes naturales (de campo), para aplicarlos en la mayoría de los casos, en provecho del hombre y la sociedad. Y en lo particular el uso de software en ingeniería como el watercad.

3.3 Nivel de investigación

El nivel de Investigación es correlacional debido a que se compara ambas variables y se buscara la relación que puedan tener. La existencia y fuerza de esta covariación normalmente se determina estadísticamente por medio de coeficientes de correlación. Es conveniente tener en cuenta que esta covariación no significa que entre los valores existan relaciones de causalidad, pues éstas se determinan por otros criterios que, además de la covariación, hay que tener en cuenta.

3.4 Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, de corte longitudinal, ya que se ha recabado información a lo largo de un periodo de tiempo y se realizó el análisis de dicha información en formatos digitales y modelos digitales.

3.5 Población y muestra

Población

La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad o similares.

Para la presente investigación será: las redes de tuberías en el distrito de Acoria abarcan un total de 107 tramos de tuberías, el cual contienen 83 nodos que componen el sistema.

Muestra y Muestreo

La muestra es una pequeña parte de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (posee las principales características de la población) la que hace posible que el investigador que trabaje con la muestra, generalice sus resultados a la población.

Para la presente investigación se utilizará como muestra el cercado de la ciudad de Acoria con un total de tuberías basado en un muestreo intencional.

Para la presente investigación se realizó un muestreo de tipo intencional contando con un total de 17 tramos de tuberías.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En primer lugar, se tiene en cuenta el análisis documental, donde se considerará las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

Se utilizará la observación para apreciar y reconocer las zonas donde se muestran más evidentes las consecuencias de tuberías averiadas, como zonas de desabastecimiento en los horarios de mayor consumo o en zonas donde existen tuberías antiguas y apreciar el comportamiento en dichas zonas.

El empleo del software SPSS Versión 20.00 se considerará, las Medidas de Tendencia Central (la media aritmética, la mediana y la moda), de Dispersión (La varianza y la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad), indispensable en esta etapa de recolección de datos.

Uso del MS Excel-2013 para llevar registros, controles de datos y elaborar tablas, diagramas y gráficos referentes a la recolección directa de datos.

La recolección de datos se ejecutó de acuerdo a las variables requeridas para canalizar la investigación:

Pasando por la recolección de información topológica de campo la cual detallo a continuación:

- Levantamiento topográfico de las zonas involucradas en la investigación.
- Levantamiento de información de las estructuras hidráulicas que contemplan el proyecto de investigación.
- Aforos de agua en las captaciones para determinar demanda de agua.
- Medición de presiones registradas en los nodos de la red de investigación.

Recolección de información bibliográfica referente a la investigación la cual detallo a continuación:

- Métodos de aforo de caudal.
- Metodología de calibración de redes de agua potable.
- Modelamiento de redes de agua potable.
- Modelamiento de periodo extendido en redes de agua potable.

3.7 Técnicas de Procesamiento y análisis de datos

3.7.1 Recolección de parámetros de campo

Se realizó la recopilación de información de todo el sistema de distribución del distrito de Acoria partiendo desde las captaciones, líneas de conducción y reservorios que existente en el sistema.

3.7.1.1 Captaciones

El distrito de Acoria es abastecido por las fuentes subterráneas (manantiales) como por fuentes superficiales (riachuelos). En la actualidad existen 03 manantiales y 01 riachuelo que abastecen de agua potable a la localidad de Acoria, los cuales son:

- Captación Subterránea Existente Pucayacu (CE-01)
- Captación Subterránea Existente Pucullo (CE-02)
- Captación Subterránea Existente Rajayacu (CE-03)
- Captación Superficial Existente Chiccyahuaycco (CE-04)

3.7.1.1.1 Captación subterránea existente ucayacu (ce-01):

Tiempo de Funcionamiento: 20 años

Esta captación abastece al sistema de agua potable del barrio de Anta, es del tipo manantial de ladera, se encuentra ubicado en el paraje denominado "Pucayacu" a una cota de 3659 msnm, tiene un caudal de 1.870 lt/seg.

La Captación de tipo ladera de PUCAYACU se encuentra ubicado en:

COORDENADA NORTE : 8601097,264

COORDENADA ESTE : 514 891,625

ALTURA : 3659.29 m.s.n.m.

Según estudio hidrológico, tiene un caudal disponible del manantial de 1.870 l/s. Según lo realizado las mediciones se tienen el siguiente cuadro de dimensiones de la cámara húmeda de la captación:

Tabla 3: Dimensiones de la cámara húmeda de la captación Pucayacu.

DIMENSIONES DE LA CÁMARA HÚMEDA			
CAPTACION	LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA (m)
PUCAYACU	0.70	0.70	1.00

FUENTE: Elaboración propia.



Imagen 7: Captación subterránea existente pucayacu.

3.7.1.1.2 Captación subterránea existente pucullo (ce-02):

Tiempo de Funcionamiento: 20 años

Esta captación abastece al sistema de agua potable del barrio de Pucullo, del tipo manantial de ladera, se encuentra ubicado en el paraje “Pucullo” a una cota de 3477 msnm, las estructuras se encuentran deterioradas debido a la antigüedad, el caudal es 2.530 l/seg.



Imagen 8: Captación subterránea existente pucullo.

La Captación de tipo ladera N°02 PUCULLO encuentra ubicado en:

- COORDENADA NORTE : 8602702,217
- COORDENADA ESTE : 517233,719
- ALTITUD : 3477.94 m.s.n.m.

El caudal disponible del manantial es 2.530 l/s, según estudio hidrológico.

Según lo realizado las mediciones se tienen el siguiente cuadro de dimensiones de la cámara húmeda de la captación:

Tabla 4: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación Pucullo.

DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA HÚMEDA			
CAPTACIÓN	LARGO(m)	ANCHO(m)	ALT (m)
PUCULLO	0.70	0.70	1.00

FUENTE: Elaboración propia.

Así mismo cuenta con una nueva captación subterránea existente Pucullo, que hasta la fecha no está en funcionamiento.



Imagen 9: Nuevo reservorio de Pucullo.

3.7.1.1.3 Captación subterránea existente rajayacu (ce-03):

Tiempo de Funcionamiento: 10 años.

Esta captación abastece al sistema de agua potable de los barrios de Chacas, Pacas y Yananaco que conforman la parte central de Acoria, es del tipo manantial de ladera, se encuentra ubicado en el paraje denominado "Rajayacu" a una cota de 3339 msnm, las estructuras se encuentran en regular estado, el caudal es 2.280 lt/seg.

La Captación de tipo ladera N°03 RAJAYACU se encuentra ubicado en:

- COORDENADA NORTE : 8 603 704.622
- COORDENADA ESTE : 514 712.933
- ALTITUD : 3339.29 m.s.n.m.

El caudal disponible del manantial es 2.280 l/s. Según estudios hidrológicos. Las dimensiones de esta captación de la cámara húmeda son los siguientes:

Tabla 5: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación Rajayacu.

DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA HÚMEDA			
CAPTACION	LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA (m)
RAJAYACU	0.70	0.70	1.00

FUENTE: Elaboración propia.



Imagen 10: Captación subterránea Rajayacu.

3.7.1.1.4 Captación superficial existente chiccyahuaycco (ce-04):

Tiempo de Funcionamiento: 07 años, es del tipo barraje de río, no tiene un desarenador primario y control de materiales en suspensión, en máximas avenidas se protege mediante muros de concreto ciclópeo en los aleros aguas arriba de la captación. Está ubicada en el paraje denominado “Chiccyahuaycco” en la margen izquierda del riachuelo de Chiccyahuaycco a una cota de 3490.00 m.s.n.m. El caudal es 10.280 lt/seg.

La Captación de tipo barraje de CHICCYAHUAYCCO se encuentra ubicado en:

- COORDENADA NORTE : 8603411.769
- COORDENADA ESTE : 515560.591
- ALTITUD : 3490.17 m.s.n.m.

El caudal disponible del manantial es 10.280 l/s, según estudio hidrológico, Según lo realizado las mediciones se tienen el siguiente cuadro de dimensiones de la cámara húmeda de la captación:

Tabla 6: Dimensionamiento de la cámara húmeda de la captación superficial Chiccyahuaycco.

DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA HÚMEDA			
CAPTACIÓN	LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA (m)
CHICCYAHUAYCCO	0.70	0.70	1.00

FUENTE: Elaboración propia.



Imagen 11: Captación superficial Chiccyahuaycco.

3.7.1.2 Línea de conducción

3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Pucayacu (CE-01):

Esta línea se inicia en la captación ubicada en el paraje denominado “Pucayacu” y culmina en el reservorio existente RE–01 ubicado en las cercanías del barrio de anta, tiene una longitud aproximada de 0.67 kilómetros, la tubería es de PVC y tiene un diámetro de 1”.

3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Pucullo (CE-02):

Esta línea se inicia en la captación ubicada en el paraje denominado “Pucullo” y culmina en el reservorio existente RE–02 ubicado en las cercanías del barrio de Pucullo, tiene una longitud aproximada de 1.733 kilómetros, la tubería es de PVC y tiene un diámetro de 2”.

3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Rajayacu (CE-03):

Esta línea se inicia en la captación ubicada en el paraje denominado “Rajayacu” y culmina en el reservorio existente RE-03 ubicado en las cercanías del barrio de Yananaco, tiene una longitud aproximada de 190 metros, la tubería es de PVC y tiene un diámetro de 2”.

3.7.1.2.1 Línea de Conducción de la captación Chiccyahuaycco (CE-04):

Esta línea se inicia en la captación ubicada en el paraje denominado “Chiccyahuaycco” y culmina en la PTAP existente ubicado en las cercanías del barrio de Yananaco, tiene una longitud aproximada de 145 metros, la tubería es de PVC y tiene un diámetro de 2”.

3.7.1.3 Reservorios:

El sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Acoria cuenta con 04 reservorios de almacenamiento de los cuales todos están ubicados en distintas áreas, estos reservorios han sido construidos en diferentes periodos de tiempo ante la escasez de agua.

A continuación, se describen las principales características de estas estructuras de almacenamiento:

3.7.1.3.1 Reservorio existente de la captación Pucayacu (RE – 01):

Tiempo de funcionamiento: 20 años

Es un reservorio rectangular apoyado de tipo cabecera que está ubicado en la costa 3333 m.s.n.m. y cuyo volumen de almacenamiento aproximado es de 11.20 m³, este reservorio es el más antiguo del sistema de agua potable, hay que tener en cuenta que este reservorio solo abastece al barrio de anta.

Datos de estructura de almacenamiento:

- Material de construcción: Concreto armado
- Cerco perimétrico: alambre de púas
- Dimensiones de reservorio:

- Largo=2.50
- Ancho=2.50
- Altura=2.00
- Espesor de muros= 0.15m.
- Volumen de Almacenamiento: 11.20 m³.
- Tubería de ingreso: PVC D=1”
- Tubería de salida: PVC D=1”
- Tubería de rebose: PVC D=1”

3.7.1.3.2 Reservorio existente de la captación Pucullo (RE – 02):

Tiempo de funcionamiento: 20 años

Actualmente existe un reservorio rectangular de tipo cabecera que está ubicado en la cota 3295 m.s.n.m y cuyo volumen de almacenamiento aproximado es de 14.00 m³, hay que tener en cuenta que este reservorio solo abastece al barrio de “Pucullo”.

Datos de estructura de almacenamiento:

- Largo=3.24
- Ancho=3.24
- Altura=1.60
- Espesor de muros= 0.15m
- Volumen de Almacenamiento: 14.00 m³.
- Tubería de ingreso: PVC D=2”
- Tubería de salida: PVC D=2”
- Tubería de rebose: PVC D=2”

3.7.1.3.3 Reservorio existente de la captación Rajayacu (RE – 03):

Tiempo de funcionamiento: 10 años

Actualmente existe un reservorio circular apoyado de tipo cabecera que está ubicado en la cota 3310 m.s.n.m y cuyo volumen de almacenamiento aproximado es de 60 m³, hay que tener en cuenta que este reservorio solo abastece a los barrios de chacas Pacas y Yananaco.

Datos de estructura de almacenamiento:

- Material de construcción: Concreto armado
- Cerco perimétrico: alambre de púas
- Dimensiones de reservorio:
 - ❖ Radio = 5.4 metros
 - ❖ Altura = 2.5 metros
 - ❖ Volumen de Almacenamiento: 60.00 m³.
 - ❖ Tubería de ingreso: PVC D=2”
 - ❖ Tubería de salida: PVC D=2”
 - ❖ Tubería de rebose: PVC D=2”

En general el reservorio se encuentra ubicado en una zona donde las presiones y velocidades del agua no van a cumplir con los requerimientos que nos menciona el reglamento nacional de edificaciones.

3.7.1.3.4 Reservorio existente de la captación Chiccyahuaycco (RE – 04):

Tiempo de funcionamiento: 20 años

Actualmente existe un reservorio rectangular apoyado de tipo cabecera que está ubicado en la cota 3260 m.s.n.m y cuyo volumen de almacenamiento aproximado es de 150.00 m³, hay que tener en cuenta que este reservorio abastece solo a los barrios de Chacas, Pacas y Yananaco, esta estructura es la que abastece a la mayor parte de la población de Acoria. Este reservorio se abastece de la PTAP la cual a su vez se abastece de la captación superficial ubicada en “Chiccyahuaycco”.

Datos de estructura de almacenamiento:

- Material de construcción: Concreto armado, con techo de calamina
- Cerco perimétrico: no tiene
- Dimensiones de reservorio:
 - ❖ Radio = 7.2 metros.

- ❖ Altura=3.45 metros
- ❖ Espesor de muros= 0.20m.
- ❖ Volumen de Almacenamiento: 150.00 m³.
- ❖ Tubería de ingreso: PVC D=2”
- ❖ Tubería de salida: PVC D=2”
- ❖ Tubería de rebose: PVC D=2”

3.7.1.4 Línea de aducción y Red de Distribución:

Tiempo de funcionamiento: 20 años.

La tubería de la línea de aducción es de PVC de 2”, el trazo de esta línea se inicia en el RE-01, de igual manera en el RE-2, RE-3, RE-4 la tubería de Aducción es de 2”.

La red de distribución primigenia tiene un tiempo de funcionamiento de 20 años. Las redes de distribución están conformadas por las siguientes tuberías:

- Barrio de Anta tiene por tuberías de PVC Ø 1/2”, 1” y 1 ½”.
- Barrio de Pucullo tiene por tuberías de PVC Ø 1 “, 1 ½” y 2”.
- Para los barrios de Pacas, Chacas, y Yananaco la red de distribución están conformados por tuberías de PVC Ø 1 ½” y 2”.

3.7.1.5 Accesorios del Sistema:

En el funcionamiento del sistema general consta de válvulas de control las cuales detallo a continuación:

Red de distribución N°1 agua potable:

- VALVULA DE CONTROL (09 unidades)
- VALVULA DE PURGA (28 unidades)
- VALVULA DE AIRE (02 unidades)

Red de distribución N°2 agua potable:

- VALVULA DE CONTROL (02 unidades)
- VALVULA DE PURGA (7unidades)
- VALVULA DE AIRE (02 unidades)

Red de distribución N°3 agua potable:

- VALVULA DE CONTROL (01 unidad)
- VALVULA DE PURGA (09 unidades)
- VALVULA DE AIRE (01 unidad)

3.7.2 Recabación de información de caudal:

La demanda de agua requerida para sostener el sistema de distribución en conjunto del distrito de Acoria requiere la captación de agua de los manantiales los cuales presento a continuación.

DEMANDA DE AGUA	CAUDAL (Lps)
PUCAYACU	
CONSUMO MEDIO (Qm)	0.55 lt/s
CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)	0.72 lt/s
CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)	1.10 lt/s
PUCULLO	
CONSUMO MEDIO (Qm)	0.55 lt/s
CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)	0.72lt/s
CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)	1.10 lt/s
RAJAYACU	
CONSUMO MEDIO (Qm)	1.21lt/s
CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)	1.57 lt/s
CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)	2.42 lt/s
CHICCYAHUAYCCO	
CONSUMO MEDIO (Qm)	3.41 lt/s
CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)	4.43 lt/s
CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)	6.82 t/s

Tabla 7: Demanda de agua por cada sistema.

3.7.3 Levantamiento topográfico y digitalización de la RDAP

Se realizó el levantamiento topográfico empleando una estación total, GPS, Prismas y Winchas con el cual se elaboró el plano topográfico el

3.7.4 Reunión de registro de presiones

El proceso de registro de información se realizó en cada conexión domiciliar cercana o aledaña a los nodos de estudio, el cual consistió en la toma directa y la anotación de estos datos en un registro de información para posteriormente ser procesada.

Los instrumentos usados para realizar el registro de información será el siguiente:

- **Manómetro:** Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.



Imagen 14: Manómetro.

- **Manguera:** Una manguera es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar y que servirá para conectar al manómetro con la pileta de estudio.



Imagen 15: Manguera.

- Abrazaderas: Es una pieza de metal que sirve para asegurar tuberías o conductos de cualquier tipo.



Imagen 16: Abrazadera.

- Laptop: Instrumento electrónico que nos permitirá llevar el registro de información para posteriormente procesarla



Imagen 17: Laptop.

- Una vez acoplada la manguera al manómetro se procedió a registrar la información de acuerdo a los puntos de interés.

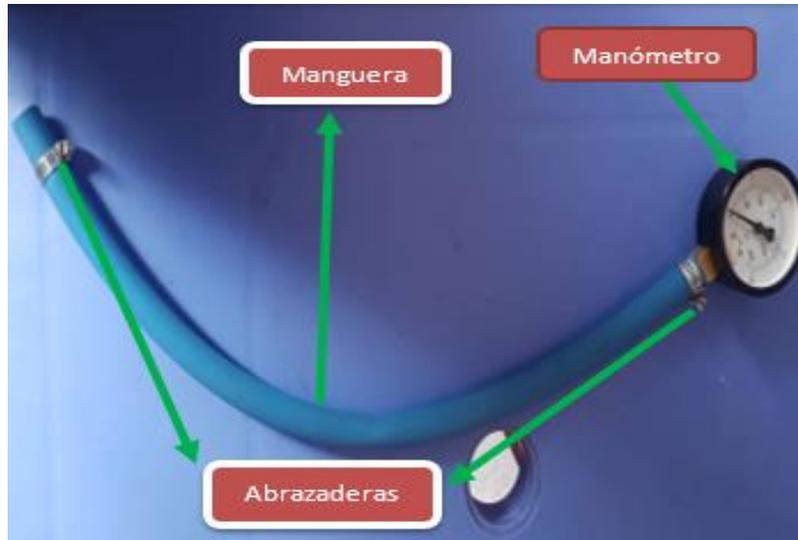


Imagen 18: Componente de medición.



Imagen 19: Vista de la toma de información del distrito de Acoria.



Imagen 20: Registro de información mediante el manómetro.

Se adjunta en los anexos el registro de las mediciones de presión realizadas en las distintas horas y durante el registro de 05 meses.

En el Pje. Los Quinuales y el Pje. Virrey Toledo, también se realizó las tomas de presiones debido al malestar de la población en dichas calles, en las que se señala la disminución drástica de las presiones en horas punta del día.



Imagen 21: Medición de presión en el Pjr. Virrey Toledo.



Imagen 22: Medición de presión en el pJe. Los Quinuales.



Imagen 23: Medición en el Jr. Huancavelica.

En las calles del Jr. Ñahuincopa, el Jr. 09 de diciembre y la calle wiracocha, se realizó la medición de presiones de las piletas y grifos, con lo cual se tuvo 03 zonas de estudio conformadas para realizar la calibración de la red de agua potable.



Imagen 24: Medición en el Jr. Ñahuincopa.



Imagen 25: Vista de la medición registrada en el manómetro.

3.7.5 Técnicas y análisis de datos

Para la elaboración y procesamiento de datos se utilizarán los modelos tabulares numéricos y gráficos, además el uso de los software's aplicativos.

Empleo de software WaterCad V8i, siendo esta una herramienta potente para el modelamiento de sistemas de agua potable, en la que se trabajaran todas tuberías principales que conforman el sistema de agua potable de la ciudad, brindando de esta forma un análisis completo y detallado del funcionamiento del sistema en su totalidad y siendo aquí donde se trabajara la calibración de tuberías basándonos en los datos de presiones encontrados y presiones que deben de tener los nodos en la ciudad.

3.7.6 Análisis hidráulico de la red de distribución de Acoria

El modelamiento de la red hidráulica del localidad de Acoria, se realizó tomando los siguientes datos: se contó, con un total de 47 manzanas, 530 viviendas y con un total de 83 nodos seleccionados con una

densidad poblacional de 6 hab/vivienda, asumiendo un diámetro de la tubería de 110 mm , así mismo se contó con el plano catastral, redes de distribución y elevación topográfica de la zona (plano topográfico) del localidad de Acoria, cabe mencionar que el localidad de Acoria tiene cuatro reservorios y solo se analizaron dos reservorios puesto que son los que más cobertura ofrecen a la población de Acoria, los siguientes reservorios fueron los siguientes:

Reservorio N.º 03: con un caudal de 60 m³ de capacidad y una altura de 2.5m, su ubicación es de por el este (515, 012, 66º) por el norte (8, 602,814, 70º).

Reservorio N.º 04: con un caudal de 150 m³ y una altura de 2.5m, su ubicación es de por el este (514, 667,79º) por el norte (8, 603, 533,64º)

El software utilizado para el modelamiento de la red hidráulica de Acoria es el Wáter Cad, nos permito crear o simular las condiciones de las presiones en cada nodo seleccionado, así mismo se utilizaron otros programas como el Excel, Arcgis que se utilizó para determinar el área de estudio utilizando el método de polígono de Thiessen, para de esa manera asignar los caudales de diseño para cada área delimitada, se utilizó tan bien el software de AutoCAD y civil 3D que fueron instrumentos de ayuda para el modelamiento de la red hidráulica.

Se analizó la red de distribución tomando en cuenta las cotas piezométricas, las cuervas de nivel, el área de estudio, plano topográfico, el dimensionamiento de las tuberías, los accesorios de red y las longitudes de los tramos. El grafico mostrado se realizó en AutoCAD mediante el método de Polígono de Thiessen para hallar el área de estudio, obteniéndose un área de 378977.85 m²

Para la obtención de la cota Piezométricas en cada nodo en la red de distribución.

COTA PIEZOMETRICA EN CADA NODO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL DISTRITO DE ACORIA							
N. nodos	Cota Piezométricas	N. nodos	Cota Piezométricas	N. nodos	Cota Piezométricas	N. nodos	Cota Piezométricas
01	3,199.92	21	3,202.53	42	3,227.93	63	3,210.48
02	3,199.96	22	3,259.08	43	3,206.61	64	3,205.30
03	3,201.60	23	3,250.75	44	3,208.21	65	3,201.52
04	3,201.76	24	3,201.15	45	3,204.48	66	3,215.85
05	3,222.16	25	3,200.86	46	3,227.08	67	3,205.70
06	3,222.12	26	3,213.42	47	3,205.92	68	3,224.11
07	3,222.42	27	3,222.88	48	3,197.84	69	3,213.19
08	3,207.70	28	3,206.71	49	3,197.14	70	3,222.65
09	3,207.38	29	3,198.88	50	3,199.91	71	3,196.34
10	3,216.34	30	3,199.18	51	3,212.14	72	3,198.25
11	3,214.73	31	3,212.58	52	3,205.32	73	3,218.56
12	3,225.66	32	3,216.27	53	3,204.11	74	3,229.55
13	3,225.01	33	3,206.56	54	3,272.68	75	3,224.98
14	3,204.50	34	3,199.24	55	3,204.34	76	3,198.14
15	3,204.39	35	3,199.38	56	3,198.52	77	3,211.31
16	3,212.94	36	3,200.50	57	3,205.20	78	3,258.59
17	3,199.21	37	3,199.05	58	3,223.93	79	3,215.71
18	3,200.34	38	3,203.81	59	3,199.71	80	3,220.22
19	3,204.06	39	3,204.92	60	3,202.00	81	3,214.91
20	3,204.28	40	3,212.81	61	3,243.49	82	3,202.40
		41	3,237.03	62	3,248.10	83	3,226.22

Tabla 8:Parametros de campo incluidos.

CURVA DE NIVEL (COORDENADAS EN CADA NODO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL DISTRITO DE ACORIA)								
N° de Nodo	X(m)	Y(m)	N° de Nodo	X(m)	Y(m)	N° de Nodo	X(m)	Y(m)
1	515,044.34	8,602,317.20	28	515,204.66	8,602,149.50	56	515,005.24	8,602,394.18
2	515,041.52	8,602,313.51	29	514,959.08	8,602,378.20	57	515,160.75	8,602,202.74
3	515,064.25	8,602,297.90	30	514,979.75	8,602,361.98	58	514,608.74	8,602,540.25
4	515,068.13	8,602,295.22	31	514,689.14	8,602,586.51	59	514,875.48	8,602,396.34
5	514,625.40	8,602,606.57	32	514,668.12	8,602,570.04	60	515,014.21	8,602,277.93
6	514,630.14	8,602,603.41	33	515,187.54	8,602,171.05	61	514,808.74	8,603,077.62
7	514,620.58	8,602,609.79	34	515,084.07	8,602,370.39	62	514,842.35	8,603,107.99
8	515,202.70	8,602,118.94	35	515,066.94	8,602,347.45	63	514,735.29	8,602,656.21
9	515,207.09	8,602,123.44	36	515,205.48	8,602,246.42	64	515,086.12	8,602,225.46
10	514,846.44	8,602,650.49	37	515,236.64	8,602,248.75	65	514,770.24	8,602,687.86
11	514,840.82	8,602,643.14	38	515,191.87	8,602,228.90	66	514,697.22	8,602,692.79
12	514,614.09	8,602,725.62	39	515,167.25	8,602,208.39	67	514,917.28	8,602,281.72
13	514,607.31	8,602,733.27	40	514,709.00	8,602,561.30	68	514,658.42	8,602,488.74
14	515,191.73	8,602,206.72	41	514,557.14	8,602,543.43	69	514,709.21	8,602,533.89
15	515,180.83	8,602,219.71	42	514,577.96	8,602,569.14	70	514,626.97	8,602,532.06
16	514,823.56	8,602,648.17	43	514,751.68	8,602,494.58	71	515,004.82	8,602,451.52
17	514,811.13	8,602,565.64	44	514,764.08	8,602,462.50	72	515,117.71	8,602,418.86
18	514,795.52	8,602,555.44	45	515,238.20	8,602,157.53	73	514,666.02	8,602,656.21
19	515,134.64	8,602,273.01	46	514,640.73	8,602,749.24	74	514,572.26	8,602,654.64
20	515,119.30	8,602,257.02	47	515,141.54	8,602,183.69	75	514,698.73	8,602,433.18
21	515,053.43	8,602,276.90	48	514,930.30	8,602,400.78	76	515,290.38	8,602,307.76
22	514,946.73	8,602,823.34	49	514,904.53	8,602,428.50	77	514,720.91	8,602,523.19
23	514,928.70	8,602,804.94	50	515,092.16	8,602,323.65	78	514,470.88	8,602,710.61
24	514,930.34	8,602,340.17	51	514,713.28	8,602,616.53	79	514,925.64	8,602,938.80
25	514,950.15	8,602,323.81	52	514,780.79	8,602,468.59	80	514,933.00	8,602,563.16
26	514,761.62	8,602,398.69	53	515,216.68	8,602,197.10	81	515,235.50	8,601,995.38
27	514,752.66	8,602,374.14	54	514,978.73	8,602,794.55	82	515,300.94	8,602,011.66
			55	514,913.00	8,602,304.69	83	514,761.13	8,602,343.00

Tabla 9: Coordenadas obtenidas del levantamiento topográfico en el distrito de acoria.

LONGITUD DE TUBERÍA EN CADA NÚMERO DE TUBERÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL DISTRITO DE ACORIA											
Numero de tubería	longitud de tubería	N tubería	Longitud de T.	N tubería	Longitud de T.	N tuberías	Longitud de T.	N tuberías	Longitud de T	N tuberías	Longitud de T
TUB-01	5	TUB-22	44	TUB-43	45	TUB-64	66	TUB-85	184	TUB-106	25
TUB-02	5	TUB-23	32	TUB-44	61	TUB-65	160	TUB-86	123	TUB-107	14
TUB-03	6	TUB-24	40	TUB-45	46	TUB-66	78	TUB-87	129		
TUB-04	6	TUB-25	44	TUB-46	46	TUB-67	68	TUB-88	157		
TUB-05	6	TUB-26	36	TUB-47	47	TUB-68	68	TUB-89	171		
TUB-06	9	TUB-27	36	TUB-48	67	TUB-69	70	TUB-90	197		
TUB-07	10	TUB-28	36	TUB-49	48	TUB-70	69	TUB-91	250		
TUB-08	17	TUB-29	83	TUB-50	52	TUB-71	69	TUB-92	484		
TUB-09	19	TUB-30	37	TUB-51	51	TUB-72	74	TUB-93	54		
TUB-10	20	TUB-31	38	TUB-52	53	TUB-73	72	TUB-94	16		
TUB-11	22	TUB-32	38	TUB-53	53	TUB-74	77	TUB-95	42		
TUB-12	24	TUB-33	39	TUB-54	55	TUB-75	79	TUB-96	14		
TUB-13	26	TUB-34	40	TUB-55	56	TUB-76	79	TUB-97	18		
TUB-14	26	TUB-35	39	TUB-56	69	TUB-77	80	TUB-98	3		
TUB-15	133	TUB-36	40	TUB-57	59	TUB-78	84	TUB-99	614		
TUB-16	30	TUB-37	47	TUB-58	59	TUB-79	88	TUB-100	35		
TUB-17	26	TUB-38	41	TUB-59	62	TUB-80	91	TUB-101	4		
TUB-18	27	TUB-39	41	TUB-60	66	TUB-81	89	TUB-102	4		
TUB-19	28	TUB-40	42	TUB-61	64	TUB-82	102	TUB-103	194		
TUB-20	28	TUB-41	43	TUB-62	91	TUB-83	132	TUB-104			
TUB-21	29	TUB-42	43	TUB-63	81	TUB-84	143	TUB-105			

Tabla 10: Propiedades de las tuberías.

Tomando en cuenta los puntos elegidos de la red, los datos obtenidos utilizando el programa de WaterCad son los siguientes:

3.7.7 Calibración de coeficientes de rugosidad

Factores de variación horaria: Para realizar esta meta es necesario un monitoreo de presiones mediante el empleo de los valores registrados con los manómetros e igualmente se realizó el monitoreo de Caudales, velocidades y presiones a partir del reservorio ubicado en la parte más alta del distrito de Acoria.

Dichos valores han sido procesados y mediante un Algoritmo que es una variante de las ecuaciones de diseño hidráulico de reservorios se ha podido estimar los valores de los Factores de Variación Horaria, los cuales presento a continuación:

HORA	FACTOR	HORA	FACTOR	HORA	FACTOR	HORA	FACTOR
00:00:00	0.40	06:30:00	0.90	13:00:00	1.25	19:30:00	0.85
00:30:00	0.50	07:00:00	0.95	13:30:00	1.20	20:00:00	0.80
01:00:00	0.50	07:30:00	1.10	14:00:00	1.15	20:30:00	0.75
01:30:00	0.55	08:00:00	1.15	14:30:00	1.25	21:00:00	0.70
02:00:00	0.50	08:30:00	1.20	15:00:00	1.10	21:30:00	0.65
02:30:00	0.50	09:00:00	1.15	15:30:00	1.05	22:00:00	0.65
03:00:00	0.40	09:30:00	1.10	16:00:00	1.05	22:30:00	0.50
03:30:00	0.55	10:00:00	1.00	16:30:00	1.00	23:00:00	0.55
04:00:00	0.55	10:30:00	1.15	17:00:00	0.95	23:30:00	0.45
04:30:00	0.60	11:00:00	1.20	17:30:00	0.90	00:00:00	0.40
05:00:00	0.60	11:30:00	1.25	18:00:00	0.85		
05:30:00	0.70	12:00:00	1.35	18:30:00	0.95		
06:00:00	0.85	12:30:00	1.20	19:00:00	0.90		

Tabla 11: Parámetros de variación horaria.

Es preciso señalar el hecho que estos factores servirán para el Análisis Periodo Extendido y posterior a eso la Calibración in Situ, del Sistema en los sectores antes mencionados.

3.7.7.1 Estimación de los factores para el análisis periodo extendido

Sobre el recojo de esta información se realizó al pie del reservorio haciendo uso de un manómetro para registro de presiones, el cual va midiendo la subida y bajada de Presión del mismo.

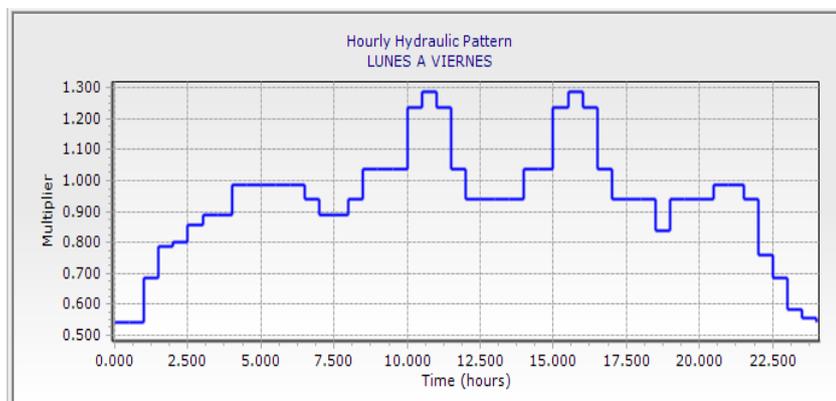


Imagen 26: Vista de la variación horaria de lunes a viernes.

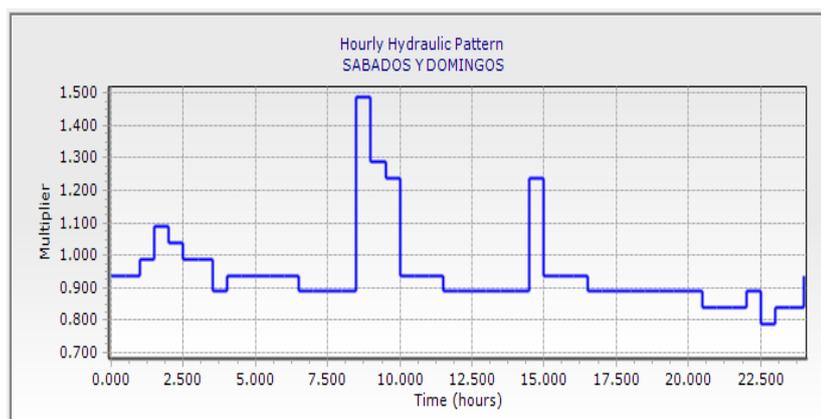


Imagen 27: Vista de la variación horaria de sábado y domingo.

Los resultados de la calibración nos muestran una disminución del coeficiente de rugosidad de Hazen Williams "C" desde 150 hasta distintos valores.

Visto lo antes citado, presento los resultados de la calibración por sectores y de forma global a fin de tener un panorama amplio del funcionamiento del algoritmo genético incluido en el Darwin calibrator el cual resulta será la opción más adecuada por su potente motor ya que viendo las demostraciones arrojan los mismos resultados,

3.7.7.2 Calibración – Sector Medio – jr. Andrés Cáceres y av. ferrocarril:

En este sector ubicado entre las calles Jr. Andrés A. Cáceres y Av. ferrocarril, se colocaron tuberías y ampliaciones en los años 2005-2006 según se tienen datos de la obra ejecutada en aquellos años.

Por lo que se realizó la comparación de la red existente con los valores calculados en el programa.

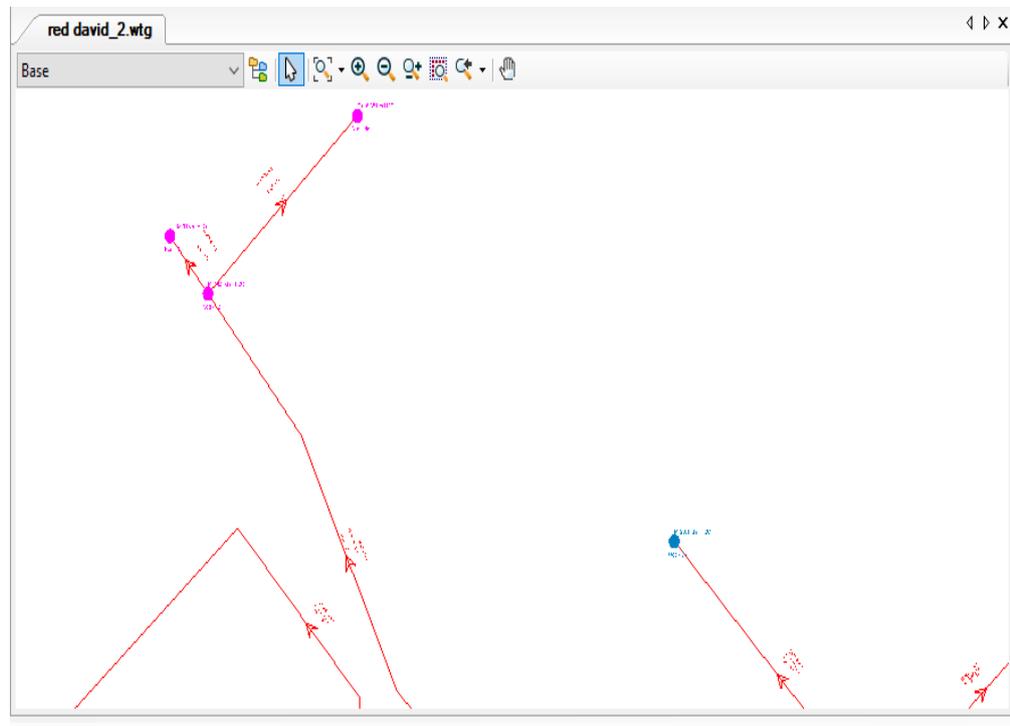


Imagen 28: Vista de la red en el sector Medio de la ciudad.

A continuación, se realizará la selección de las tuberías a calibrar y los valores obtenidos de la calibración obtenida.

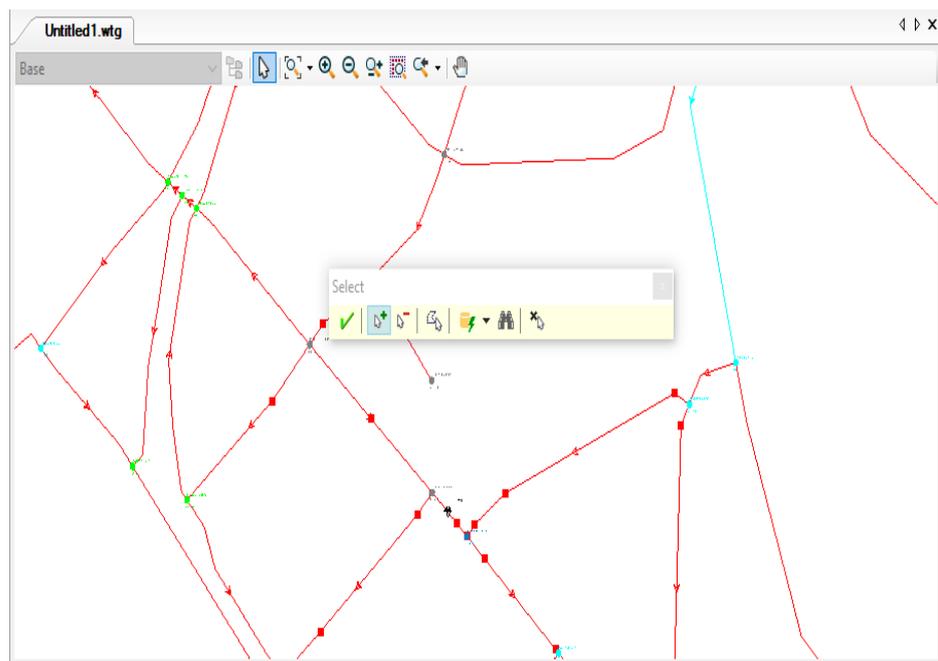


Imagen 29: Alineación y selección de tuberías a calibrar.

ENERO - 2019		
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 12	8.86	18.95
NODO 13	7.35	18.30
NODO 46	5.66	16.88
NODO 73	5.35	25.40

Tabla 12: Promedio de presiones registradas en Enero en el sector medio.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 11	Nod - 12	Preassure (mH2O)	8.660
2	New Field Snapshot - 11	Nod - 13	Preassure (mH2O)	7.350
3	New Field Snapshot - 11	Nod - 46	Preassure (mH2O)	5.660
4	New Field Snapshot - 11	Nod - 73	Preassure (mH2O)	5.350

Tabla 13: Ingreso de Presiones observadas - enero.

El cual será contratado con las presiones calculadas en el sistema por medio del programa watercad.

A continuación, se muestran las rugosidades calibradas de las tuberías de la red por mes obtenidas en el Software:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 11	Tub - 7	150.00	101.70
2	New Roughness Group - 11	Tub - 27	150.00	101.70
3	New Roughness Group - 11	Tub - 79	150.00	101.70
4	New Roughness Group - 11	Tub - 45	150.00	101.70
5	New Roughness Group - 11	Tub - 47	150.00	101.70
6	New Roughness Group - 11	Tub - 52	150.00	101.70
7	New Roughness Group - 11	Tub - 59	150.00	101.70

Tabla 14: Rugosidades calibradas en las tuberías aledañas en el mes de enero del 2019.

Se procede a realizar la calibración en el mes de febrero con los datos observados y medidos en campo.

N° NODOS	FEBRERO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 12	8.70	18.30
NODO 13	7.28	18.95
NODO 46	5.69	16.88
NODO 73	5.33	25.40

Tabla 15: Promedio de presiones registradas en Febrero en el sector medio.

Estos valores serán ingresados en el programa en los mismos nodos a fin de corroborar la validación de dicha información.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 12	Nod - 12	Preassure (mH2O)	8.700
2	New Field Snapshot - 12	Nod - 13	Preassure (mH2O)	7.280
3	New Field Snapshot - 12	Nod - 46	Preassure (mH2O)	5.690
4	New Field Snapshot - 12	Nod - 73	Preassure (mH2O)	5.330

Tabla 16: Ingreso de Presiones observadas - Febrero

Después de realizada la calibración se obtuvo los siguientes resultados:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 11	Tub - 7	150.00	101.55
2	New Roughness Group - 11	Tub - 27	150.00	101.55
3	New Roughness Group - 11	Tub - 79	150.00	101.55
4	New Roughness Group - 11	Tub - 45	150.00	101.55
5	New Roughness Group - 11	Tub - 47	150.00	101.55
6	New Roughness Group - 11	Tub - 52	150.00	101.55
7	New Roughness Group - 11	Tub - 59	150.00	101.55

Tabla 17: Rugosidades calibradas en las tuberías aledañas en el mes de febrero del 2019.

Basándose en el mismo procedimiento se realiza la calibración de rugosidades en el mes de marzo del 2019 en base a los datos observados.

N° NODOS	MARZO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 12	8.65	18.30
NODO 13	7.40	18.95
NODO 46	5.74	16.88
NODO 73	5.31	25.40

Tabla 18: Promedio de presiones registradas en marzo en el sector medio.

Se ingresaron las presiones observadas al Darwin calibrator a fin de realizar la calibración respectiva.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 13	Nod - 12	Preassure (mH2O)	8.650
2	New Field Snapshot - 13	Nod - 13	Preassure (mH2O)	7.400
3	New Field Snapshot - 13	Nod - 46	Preassure (mH2O)	5.740
4	New Field Snapshot - 13	Nod - 73	Preassure (mH2O)	5.310

Tabla 19: Ingreso de Presiones observadas - marzo.

Al calibrarse se obtuvieron las siguientes rugosidades para el grupo de tuberías alrededor del área de estudio.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 13	Tub - 7	150.00	100.95
2	New Roughness Group - 13	Tub - 27	150.00	100.95
3	New Roughness Group - 13	Tub - 79	150.00	100.95
4	New Roughness Group - 13	Tub - 45	150.00	100.95
5	New Roughness Group - 13	Tub - 47	150.00	100.95
6	New Roughness Group - 13	Tub - 52	150.00	100.95
7	New Roughness Group - 13	Tub - 59	150.00	100.95

Tabla 20: Rugosidades calibradas en las tuberías aledañas en el mes de marzo del 2019

Se realizó el proceso de calibración de forma similar en el mes de abril del 2019, teniendo las siguientes presiones observadas en campo.

N° NODOS	ABRIL - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 12	8.87	18.30

NODO 13	7.39	18.95
NODO 46	5.75	16.88
NODO 73	5.40	25.40

Tabla 21: Promedio de presiones registradas en abril en el sector medio.

Estas presiones fueron ingresadas al programa para su calibración respectiva.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 14	Nod - 12	Preassure (mH2O)	8.870
2	New Field Snapshot - 14	Nod - 13	Preassure (mH2O)	7.390
3	New Field Snapshot - 14	Nod - 46	Preassure (mH2O)	5.750
4	New Field Snapshot - 14	Nod - 73	Preassure (mH2O)	5.400

Tabla 22: Ingreso de Presiones observadas - Abril.

El resultado de las calibraciones es el que se muestra a continuación:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 14	Tub - 7	150.00	100.65
2	New Roughness Group - 14	Tub - 27	150.00	100.65
3	New Roughness Group - 14	Tub - 79	150.00	100.65
4	New Roughness Group - 14	Tub - 45	150.00	100.65
5	New Roughness Group - 14	Tub - 47	150.00	100.65
6	New Roughness Group - 14	Tub - 52	150.00	100.65
7	New Roughness Group - 14	Tub - 59	150.00	100.65

Tabla 23: Rugosidades calibradas en las tuberías aledañas en el mes de abril del 2019.

En el mes de mayo se realizó el último mes de recabacion de información para consolidar el registro de presiones en este sector.

N° NODOS	MAYO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 12	8.86	18.30
NODO 13	7.32	18.95
NODO 46	5.74	16.88
NODO 73	5.48	25.40

Tabla 24: Promedio de presiones registradas en mayo en el sector medio.

Estas presiones fueron ingresadas en el programa a fin de realizar la calibración de las tuberías.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 15	Nod - 12	Preassure (mH2O)	8.860
2	New Field Snapshot - 15	Nod - 13	Preassure (mH2O)	7.320
3	New Field Snapshot - 15	Nod - 46	Preassure (mH2O)	5.740
4	New Field Snapshot - 15	Nod - 73	Preassure (mH2O)	5.480

Tabla 25: Ingreso de Presiones observadas - mayo.

Una vez calibrada este sector se tienes el siguiente resultado en las tuberías dentro de su área de influencia.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 15	Tub - 7	150.00	100.53
2	New Roughness Group - 15	Tub - 27	150.00	100.53
3	New Roughness Group - 15	Tub - 79	150.00	100.53
4	New Roughness Group - 15	Tub - 45	150.00	100.53
5	New Roughness Group - 15	Tub - 47	150.00	100.53
6	New Roughness Group - 15	Tub - 52	150.00	100.53
7	New Roughness Group - 15	Tub - 59	150.00	100.53

Tabla 26: Rugosidades calibradas en las tuberías aledañas en el mes de mayo del 2019.

3.7.7.3 Calibración – Sector Medio – pje. Quinuales y pje. virrey Toledo:

En este sector ubicado en el Pje. Los quinuales y el pje. Virrey Toledo se tiene las tuberías las cuales tienen un tiempo aproximado de vida de 4 a 5 años.

Por lo que se realizó la comparación de la red existente con los valores calculados en el programa.

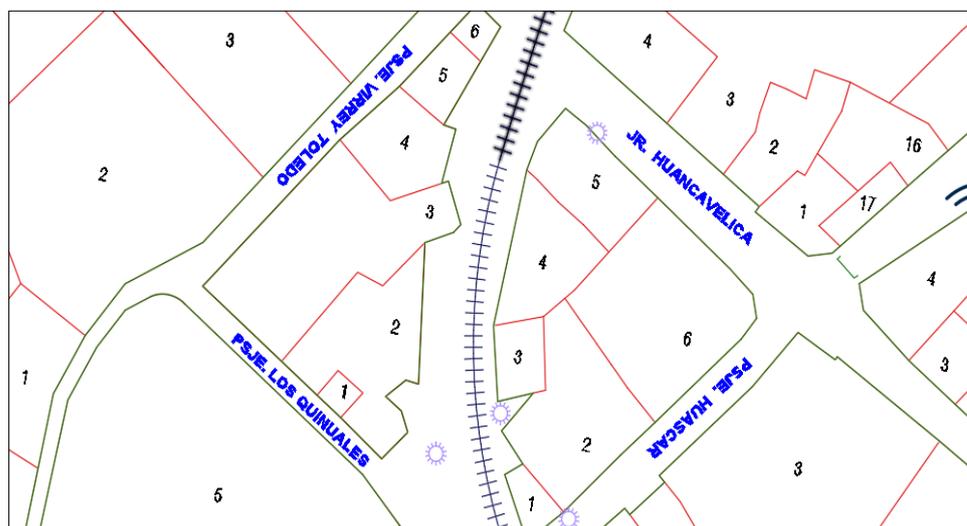


Imagen 30: Vista del Sector Alto 1.

A continuación, se realizará la selección de las tuberías a calibrar y los valores obtenidos de la calibración obtenida.

N° NODOS	ENERO	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 41	8.06	6.97
NODO 42	15.31	16.05
NODO 58	20.65	20.05
NODO 07	20.58	21.55

Tabla 27: Promedio de presiones del mes de enero en el sect. alto 1.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 1	Nod - 41	Preassure (mH2O)	8.060
2	New Field Snapshot - 1	Nod - 42	Preassure (mH2O)	15.310
3	New Field Snapshot - 1	Nod - 58	Preassure (mH2O)	20.650
4	New Field Snapshot - 1	Nod - 7	Preassure (mH2O)	20.580

Tabla 28: Ingreso de presiones medidas en el mes de enero -2019.

A continuación, se muestran las rugosidades calibradas de las tuberías de la red por mes obtenidas en el Software:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 1	Tub - 57	150.00	138.75
2	New Roughness Group - 1	Tub - 24	150.00	138.75
3	New Roughness Group - 1	Tub - 40	150.00	138.75
4	New Roughness Group - 1	Tub - 69	150.00	138.75
5	New Roughness Group - 1	Tub - 89	150.00	138.75

Tabla 29: Rugosidades calibradas en el mes de enero del 2019.

Se realizó el proceso de calibración de forma similar en el mes de febrero del 2019, teniendo las siguientes presiones observadas en campo.

N° NODOS	FEBRERO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 41	7.91	6.97
NODO 42	15.20	16.05
NODO 58	20.65	20.05
NODO 07	20.48	21.55

Tabla 30: Promedio de presiones del mes de febrero en el sector alto 1.

Estas presiones fueron ingresadas al programa para su calibración respectiva.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 2	Nod - 41	Preassure (mH2O)	7.910
2	New Field Snapshot - 2	Nod - 42	Preassure (mH2O)	15.200
3	New Field Snapshot - 2	Nod - 58	Preassure (mH2O)	20.650
4	New Field Snapshot - 2	Nod - 7	Preassure (mH2O)	20.480

Tabla 31: Ingreso de presiones medidas en el mes de febrero -2019.

El resultado de las calibraciones es el que se muestra a continuación:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 2	Tub - 57	150.00	139.275
2	New Roughness Group - 2	Tub - 24	150.00	139.275
3	New Roughness Group - 2	Tub - 40	150.00	139.275
4	New Roughness Group - 2	Tub - 69	150.00	139.275
5	New Roughness Group - 2	Tub - 89	150.00	139.275

Tabla 32: Rugosidades calibradas en el mes de febrero del 2019.

En el mes de marzo se procedió con la calibración de la red de distribución en el sector alto primero.

N° NODOS	MARZO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 41	8.00	6.97
NODO 42	15.25	16.05
NODO 58	20.70	20.05
NODO 07	20.44	21.55

Tabla 33: Promedio de presiones del mes de marzo en el sector alto 1.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 3	Nod - 41	Preassure (mH2O)	8.000
2	New Field Snapshot - 3	Nod - 42	Preassure (mH2O)	15.250
3	New Field Snapshot - 3	Nod - 58	Preassure (mH2O)	20.700
4	New Field Snapshot - 3	Nod - 7	Preassure (mH2O)	20.440

Tabla 34: Ingreso de presiones medidas en el mes de marzo del 2019.

El resultado de las calibraciones es el que se muestra a continuación:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 3	Tub - 57	150.00	139.147
2	New Roughness Group - 3	Tub - 24	150.00	139.147
3	New Roughness Group - 3	Tub - 40	150.00	139.147
4	New Roughness Group - 3	Tub - 69	150.00	139.147
5	New Roughness Group - 3	Tub - 89	150.00	139.147

Tabla 35: Rugosidades calibradas en el mes de marzo del 2019.

Se realizó el proceso de calibración de forma similar en el mes de abril del 2019, teniendo las siguientes presiones observadas en campo.

N° NODOS	ABRIL - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 41	7.95	6.97

NODO 42	15.35	16.05
NODO 58	20.55	20.05
NODO 07	20.57	21.55

Tabla 36: Promedio de presiones del mes de abril en el sector alto 1.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 4	Nod - 41	Preassure (mH2O)	7.950
2	New Field Snapshot - 4	Nod - 42	Preassure (mH2O)	15.350
3	New Field Snapshot - 4	Nod - 58	Preassure (mH2O)	20.550
4	New Field Snapshot - 4	Nod - 7	Preassure (mH2O)	20.570

Tabla 37: Ingreso de presiones medidas en el mes de abril del 2019.

El resultado de las calibraciones es el que se muestra a continuación:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 4	Tub - 57	150.00	138.238
2	New Roughness Group - 4	Tub - 24	150.00	138.238
3	New Roughness Group - 4	Tub - 40	150.00	138.238
4	New Roughness Group - 4	Tub - 69	150.00	138.238
5	New Roughness Group - 4	Tub - 89	150.00	138.238

Tabla 38: Rugosidades calibradas en el mes de abril del 2019.

Se realizó el proceso de calibración de forma similar en el mes de mayo del 2019, teniendo las siguientes presiones observadas en campo.

N° NODOS	MAYO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 41	8.06	6.97
NODO 42	15.28	16.05
NODO 58	20.61	20.05
NODO 07	20.51	21.55

Tabla 39: Promedio de presiones del mes de mayo en el sector alto 1.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 5	Nod - 41	Preassure (mH2O)	8.000
2	New Field Snapshot - 5	Nod - 42	Preassure (mH2O)	15.280
3	New Field Snapshot - 5	Nod - 58	Preassure (mH2O)	20.610
4	New Field Snapshot - 5	Nod - 7	Preassure (mH2O)	20.510

Tabla 40: Ingreso de presiones medidas en el mes de mayo del 2019

El resultado de las calibraciones es el que se muestra a continuación:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 5	Tub - 57	150.00	138.687
2	New Roughness Group - 5	Tub - 24	150.00	138.687
3	New Roughness Group - 5	Tub - 40	150.00	138.687
4	New Roughness Group - 5	Tub - 69	150.00	138.687
5	New Roughness Group - 5	Tub - 89	150.00	138.687

Tabla 41: Rugosidades calibradas en el mes de mayo del 2019.

3.7.7.4 Calibración – Sector Alto - Jr. ñahuincopa y Jr 09:

Este sector en particular no contaba con el servicio de agua por lo cual las tuberías son nuevas y cuya instalación tiene en promedio 01 año de uso, el monitoreo de las presiones arroja valores que no se alejan demasiado de la realidad y cuya calibración nos ofrece los mismos resultados.

N° NODOS	ENERO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 82	30.88	35.63
NODO 81	20.63	23.15
NODO 8	29.89	30.36
NODO 9	28.33	30.68

Tabla 42: Promedio de presiones del mes de enero en el sector alto 2

A continuación, se realizará la selección de las tuberías a calibrar y los valores obtenidos de la calibración obtenida.

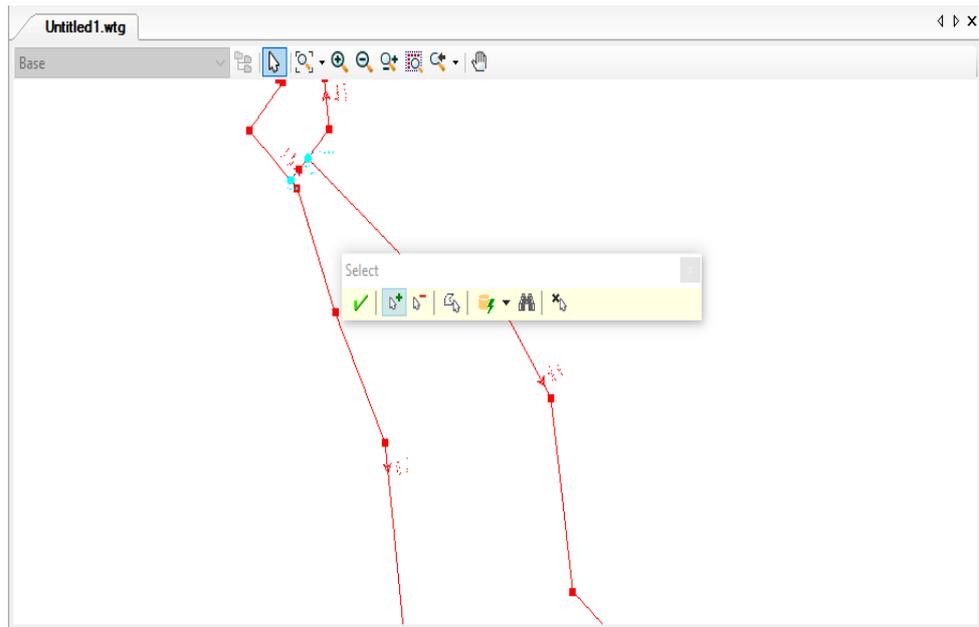


Imagen 31: Vista del Sector Alto de la Ciudad de Acoria.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 6	Nod - 81	Preassure (mH2O)	20.630
2	New Field Snapshot - 6	Nod - 82	Preassure (mH2O)	30.880
3	New Field Snapshot - 6	Nod - 8	Preassure (mH2O)	29.890
4	New Field Snapshot - 6	Nod - 9	Preassure (mH2O)	28.330

Tabla 43: Ingreso de presiones medidas en el mes de enero del 2019.

A continuación, se muestran las rugosidades calibradas de las tuberías de la red por mes, obtenidas en el software:

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 6	Tub - 5	150.00	142.275
2	New Roughness Group - 6	Tub - 16	150.00	142.275
3	New Roughness Group - 6	Tub - 82	150.00	142.275
4	New Roughness Group - 6	Tub - 86	150.00	142.275
5	New Roughness Group - 6	Tub - 87	150.00	142.275

Tabla 44: Rugosidades calibradas en el mes de enero del 2019.

En el mes de febrero del 2019 se realizará la calibración con los datos encontrados en campo por la medición de presiones.

N° NODOS	FEBRERO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 82	30.81	35.63

NODO 81	21.00	23.15
NODO 8	29.80	30.36
NODO 9	28.15	30.68

Tabla 45: Promedio de presiones del mes de febrero en el sector alto 2.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 7	Nod - 81	Preassure (mH2O)	21.000
2	New Field Snapshot - 7	Nod - 82	Preassure (mH2O)	30.810
3	New Field Snapshot - 7	Nod - 8	Preassure (mH2O)	29.800
4	New Field Snapshot - 7	Nod - 9	Preassure (mH2O)	28.150

Tabla 46: Ingreso de presiones medidas en el mes de febrero del 2019.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 7	Tub - 5	150.00	143.052
2	New Roughness Group - 7	Tub - 16	150.00	143.052
3	New Roughness Group - 7	Tub - 82	150.00	143.052
4	New Roughness Group - 7	Tub - 86	150.00	143.052
5	New Roughness Group - 7	Tub - 87	150.00	143.052

Tabla 47: Rugosidades calibradas en el mes de febrero del 2019.

En el mes de marzo del 2019 se realizó la calibración de la red de agua potable obteniéndose el registro que luego se ingresara para calibrar la red de distribución.

N° NODOS	MARZO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 82	31.11	35.63
NODO 81	20.78	23.15
NODO 8	30.24	30.36
NODO 9	28.56	30.68

Tabla 48: Promedio de presiones del mes de marzo en el sector alto 2.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 8	Nod - 81	Preassure (mH2O)	20.780
2	New Field Snapshot - 8	Nod - 82	Preassure (mH2O)	31.110
3	New Field Snapshot - 8	Nod - 8	Preassure (mH2O)	30.240
4	New Field Snapshot - 8	Nod - 9	Preassure (mH2O)	28.560

Tabla 49: Ingreso de presiones medidas en el mes de marzo del 2019.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 8	Tub - 5	150.00	144.375
2	New Roughness Group - 8	Tub - 16	150.00	144.375
3	New Roughness Group - 8	Tub - 82	150.00	144.375
4	New Roughness Group - 8	Tub - 86	150.00	144.375

5	New Roughness Group - 8	Tub - 87	150.00	144.375
---	-------------------------	----------	--------	---------

Tabla 50: Rugosidades calibradas en el mes de marzo del 2019

En el mes de abril del 2019 del mismo modo se realizó la calibración de la red en el sector Alto de la ciudad siguiendo el mismo procedimiento.

N° NODOS	ABRIL - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 82	30.60	35.63
NODO 81	20.72	23.15
NODO 8	30.09	30.36
NODO 9	28.18	30.68

Tabla 51: Promedio de presiones del mes de abril en el sector alto 2.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 9	Nod - 81	Preassure (mH2O)	20.720
2	New Field Snapshot - 9	Nod - 82	Preassure (mH2O)	30.600
3	New Field Snapshot - 9	Nod - 8	Preassure (mH2O)	30.090
4	New Field Snapshot - 9	Nod - 9	Preassure (mH2O)	28.180

Tabla 52: Ingreso de presiones medidas en el mes de abril del 2019.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 9	Tub - 5	150.00	140.322
2	New Roughness Group - 9	Tub - 16	150.00	140.322
3	New Roughness Group - 9	Tub - 82	150.00	140.322
4	New Roughness Group - 9	Tub - 86	150.00	140.322
5	New Roughness Group - 9	Tub - 87	150.00	140.322

Tabla 53: Rugosidades calibradas en el mes de abril del 2019.

Finalmente, en el mes de mayo del mismo modo se realizó la calibración de la red de distribución con las tomas de presión registradas.

N° NODOS	MAYO - 2019	
	PRESION OBSERVADA	PRESION CALCULADA
NODO 82	30.68	35.63
NODO 81	20.93	23.15
NODO 8	30.14	30.36
NODO 9	27.64	30.68

Tabla 54: Promedio de presiones del mes de mayo en el sector alto 2.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	New Field Snapshot - 10	Nod - 81	Preassure (mH2O)	20.930

2	New Field Snapshot - 10	Nod - 82	Preassure (mH2O)	30.680
3	New Field Snapshot - 10	Nod - 8	Preassure (mH2O)	30.140
4	New Field Snapshot - 10	Nod - 9	Preassure (mH2O)	27.640

Tabla 55: Ingreso de presiones medidas en el mes de mayo del 2019.

	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	New Roughness Group - 10	Tub - 5	150.00	141.355
2	New Roughness Group - 10	Tub - 16	150.00	141.355
3	New Roughness Group - 10	Tub - 82	150.00	141.355
4	New Roughness Group - 10	Tub - 86	150.00	141.355
5	New Roughness Group - 10	Tub - 87	150.00	141.355

Tabla 56: Rugosidades calibradas en el mes de mayo del 2019.

3.8 Aspectos éticos de la investigación

(Acevedo,2002) Los progresos científicos y tecnológicos que día a día aportan el conocimiento de modernos procedimientos y avances; por otro lado, surgen distintas investigaciones en donde aparecen dilemas éticos, como producto de estas investigaciones y en determinadas ocasiones, del no cumplimiento de normas, códigos o reglamentación en la investigación experimental.

En esta investigación se ha enfocado en dar una solución dentro de las limitaciones tecnológicas y de tiempo a los problemas que presentan los pobladores del distrito de Acoria con respecto a la falta de agua y la cobertura de esta a lo largo del día. Optándose por la calibración de redes como un medio eficiente para poder dar diagnósticos y así intervenir directamente en los problemas que puedan afectar a una red de agua potable.

CAPITULO IV. RESULTADOS

Según los valores obtenidos en la Calibración en los sectores mencionados los cuales describen distintos comportamientos del coeficiente "C" de Hazen y Williams, por lo cual los resultados indican efectivamente que las tuberías se han deteriorado y eso incluye a los accesorios de la red, lo cual aquí nos muestran los valores de las presiones registradas y que equivalen a las mediciones en campo.

4.1 Descripción de los Resultados

4.1.1 Descripción de la hipótesis específica 1

La calibración nos muestra el estado actual de los coeficientes de rugosidad en las tuberías de los sectores medios y altos de la ciudad de Acoria los mismos que nos da a conocer el incremento de rugosidad en las tuberías, este modelo entonces ya muestra una aproximación digital del Distrito de Acoria donde se ingresaron los valores de los coeficientes "C" de Hazen y Williams ya calibrados (Imagen 32).

Se ha realizado el modelamiento en base al ya existente mediante el uso de escenarios lo cuales tendrán los nuevos valores calibrados del coeficiente C de Hazen y Williams según se aprecia en la Imagen 33.

Se ha realizado el modelamiento en base al ya existente mediante el uso de escenarios lo cuales tendrán los nuevos valores calibrados del coeficiente C de Hazen y Williams y nos muestran los valores de las presiones ya calibradas según se muestra en la Imagen 34.

Physical : Datos calibrados (Untitled1.wtg)

Lateral
 Junction
 Hydrant
 Tank
 Reservoir
 Customer Meter
 Pump
 Pump Station
 Variable Speed Pump Battery
 PRV
 PSV

	*	ID	Label	Zone	Material	Diameter (mm)	Manning's n	Hazen-Williams C
30: Tub - 1	<input type="checkbox"/>	30	Tub - 1	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
33: Tub - 2	<input type="checkbox"/>	33	Tub - 2	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
36: Tub - 3	<input type="checkbox"/>	36	Tub - 3	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
39: Tub - 4	<input type="checkbox"/>	39	Tub - 4	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
41: Tub - 5	<input checked="" type="checkbox"/>	41	Tub - 5	<None>	PVC	99.4	0.012	141.4
44: Tub - 6	<input type="checkbox"/>	44	Tub - 6	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
47: Tub - 7	<input type="checkbox"/>	47	Tub - 7	<None>	PVC	67.8	0.012	150.0
50: Tub - 8	<input type="checkbox"/>	50	Tub - 8	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
53: Tub - 9	<input type="checkbox"/>	53	Tub - 9	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
55: Tub - 10	<input type="checkbox"/>	55	Tub - 10	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
58: Tub - 11	<input type="checkbox"/>	58	Tub - 11	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
61: Tub - 12	<input type="checkbox"/>	61	Tub - 12	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
63: Tub - 13	<input type="checkbox"/>	63	Tub - 13	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
66: Tub - 14	<input type="checkbox"/>	66	Tub - 14	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
69: Tub - 15	<input type="checkbox"/>	69	Tub - 15	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
72: Tub - 16	<input checked="" type="checkbox"/>	72	Tub - 16	<None>	PVC	99.4	0.012	141.4
74: Tub - 17	<input type="checkbox"/>	74	Tub - 17	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
77: Tub - 18	<input type="checkbox"/>	77	Tub - 18	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
80: Tub - 19	<input checked="" type="checkbox"/>	80	Tub - 19	<None>	PVC	99.4	0.012	132.8
82: Tub - 20	<input type="checkbox"/>	82	Tub - 20	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
83: Tub - 21	<input type="checkbox"/>	83	Tub - 21	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
86: Tub - 22	<input type="checkbox"/>	86	Tub - 22	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
92: Tub - 23	<input checked="" type="checkbox"/>	92	Tub - 23	<None>	PVC	99.4	0.012	132.8
94: Tub - 24	<input type="checkbox"/>	94	Tub - 24	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
97: Tub - 25	<input checked="" type="checkbox"/>	97	Tub - 25	<None>	PVC	99.4	0.012	132.8
100: Tub - 26	<input type="checkbox"/>	100	Tub - 26	<None>	PVC	81.4	0.012	150.0
102: Tub - 27	<input type="checkbox"/>	102	Tub - 27	<None>	PVC	67.8	0.012	150.0
104: Tub - 28	<input type="checkbox"/>	104	Tub - 28	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
106: Tub - 29	<input type="checkbox"/>	106	Tub - 29	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0
108: Tub - 30	<input type="checkbox"/>	108	Tub - 30	<None>	PVC	99.4	0.012	150.0

= Base data
 = Local data
 = Inherited data

Imagen 32: Ingreso de rugosidades calibradas en el software Watercad.

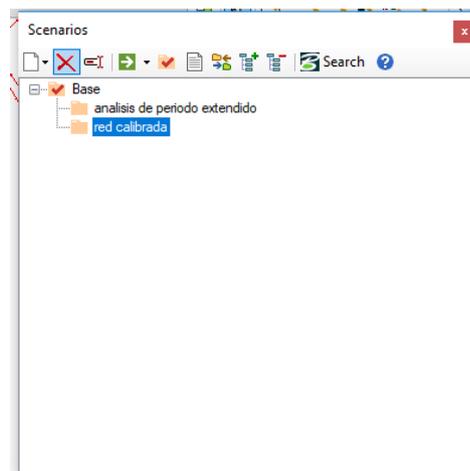


Imagen 33: Escenario de la red calibrada.

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
Nod - 1	3,199.92	<Collection: 1 i	3,238.15	38.157
Nod - 2	3,199.96	<Collection: 1 i	3,238.15	38.111
Nod - 3	3,201.60	<Collection: 1 i	3,238.14	36.474
Nod - 4	3,201.76	<Collection: 1 i	3,238.14	36.312
Nod - 5	3,222.16	<Collection: 1 i	3,266.94	44.695
Nod - 6	3,222.12	<Collection: 1 i	3,266.94	44.728
Nod - 7	3,222.42	<Collection: 1 i	3,266.94	44.432
Nod - 8	3,207.70	<Collection: 1 i	3,238.12	30.358
Nod - 9	3,207.38	<Collection: 1 i	3,238.11	30.670
Nod - 10	3,216.34	<Collection: 1 i	3,238.94	22.558
Nod - 11	3,214.73	<Collection: 1 i	3,238.94	24.162
Nod - 12	3,225.66	<Collection: 1 i	3,266.92	41.185
Nod - 13	3,225.01	<Collection: 1 i	3,266.92	41.829
Nod - 14	3,204.50	<Collection: 1 i	3,238.13	33.563
Nod - 15	3,204.39	<Collection: 1 i	3,238.13	33.677
Nod - 16	3,212.94	<Collection: 1 i	3,238.94	25.947
Nod - 17	3,199.21	<Collection: 1 i	3,238.37	39.082
Nod - 18	3,200.34	<Collection: 1 i	3,238.35	37.934
Nod - 19	3,204.06	<Collection: 1 i	3,238.14	34.007
Nod - 20	3,204.28	<Collection: 1 i	3,238.14	33.788
Nod - 21	3,202.53	<Collection: 1 i	3,238.14	35.539
Nod - 22	3,259.08	<Collection: 1 i	3,290.87	31.728
Nod - 23	3,250.75	<Collection: 1 i	3,290.87	40.038
Nod - 24	3,201.15	<Collection: 1 i	3,238.18	36.955
Nod - 25	3,200.86	<Collection: 1 i	3,238.17	37.228
Nod - 26	3,213.42	<Collection: 1 i	3,238.32	24.843
Nod - 27	3,222.88	<Collection: 1 i	3,238.31	15.407
Nod - 28	3,206.71	<Collection: 1 i	3,238.11	31.343
Nod - 29	3,198.88	<Collection: 1 i	3,238.18	39.220
Nod - 30	3,199.18	<Collection: 1 i	3,238.17	38.903
Nod - 31	3,212.58	<Collection: 1 i	3,266.95	54.261
Nod - 32	3,216.27	<Collection: 1 i	3,266.94	50.571
Nod - 33	3,206.56	<Collection: 1 i	3,238.11	31.492

Imagen 34: Presiones Calibradas.

Según se ha verificado la calibración de la red de agua potable nos han brindado un diagnostico acerca del estado de las redes de distribución de agua en el distrito de Acoria. A partir de esta calibración se ha planteado abordar como solución el reemplazo de las tuberías de agua potable como medio para mejorar las presiones de distribución en el sistema existente siendo esto una solución más eficiente y económica que la construcción de un nuevo reservorio el cual representa una opción mucho más costosa y demandara más tiempo para solucionar dicho problema.

La construcción de un reservorio de 40m³ que pueda ayudar a complementar el sistema y de esta manera poder cobertura las áreas que presentan bajas presiones implica que se deba considerar los siguientes componentes:

- Construcción de captaciones que puedan sustentar el reservorio.
- Construcción de una línea de conducción que lleve dicha agua hacia el reservorio propuesto.
- Construcción del reservorio de 40m³.
- Construcción e instalación de la línea de aducción hasta los sectores menos favorecidos.

Si se optase por ejecutar e incluir un sistema que apoye en el suministro al distrito de Acoria, se buscaría que este cuente por lo menos con los siguientes componentes y el costo que esto implicaría.

COMPONENTES PRINCIPALES DE UN NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	COSTO ESTIMADO
Construcción de Captaciones	S/ 28,000.00
Construcción e Instalación de Línea de Conducción	S/ 65,000.00
Construcción e Instalación de Reservorio(40 m³)	S/ 85,000.00
Construcción e Instalación de Línea de Aducción	S/ 25,000.00
Accesorios y componentes varios	S/ 10,000.00
TOTAL	S/ 213,000.00

Tabla 42: Valores estimados del Costo de una Ampliación de agua.

Ya que la investigación ha podido encontrar los valores del coeficiente de Hazen y Williams que nos ha podido identificar cuáles son las tuberías que

pueden reemplazarse se tiene un estimado del costo que estos trabajos de mantenimiento representan.

REEMPLAZO DE TUBERIAS RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN	CANTIDAD	UND	LONG. TUB	METRADO	C.U. (REEMPLAZO DE TUBERIAS) - EXCAVACION, DESMONTAJE Y MONTAJE DE NUEVA INSTALACION, RELLENO Y COMPACTADO)	COSTO ESTIMADO
Sector 1 (07 tuberías)	7.0	ML	6.0	42.0	S/ 175.50	S/ 7,371.00
Sector 2 (07 tuberías)	7.0	ML	6.0	42.0	S/ 175.50	S/ 7,371.00
Sector 3(14 tuberías)	14.0	ML	6.0	84.0	S/ 175.50	S/ 14,742.00
					TOTAL	S/ 29,484.00

Tabla 43: Costo Estimado del mantenimiento de tuberías averiadas.

La simple comparación de costos nos da a conocer que empleando la calibración se puede optimizar costos de mantenimiento sin la necesidad de realizar ampliaciones y realizar gastos innecesarios con el fin de atender un problema y poder solucionarlo de forma eficiente y optima, mediante la calibración se ha logrado saber con certeza cuales son las tuberías a reemplazar y de esta manera mejorar la continuidad de presiones en el distrito de Acoria.

4.1.2 Descripción de la hipótesis específica 2

Actualmente el sistema opera bajo condiciones de una apertura total de las válvulas en todas las calles que componen el distrito de Acoria, para lo cual se ha considerado realizar digitalmente la sectorización del sistema y de esta manera poder mejorar la operación de la red del distrito de Acoria.

De acuerdo al ajuste calculado de la calibración de las presiones medidas en cada sector investigado se tiene los siguientes resultados:

Ajuste del coeficiente de Hazen y Williams

4.1.2.1 Sector medio de la ciudad de Acoria

En el sector medio de la ciudad ubicado en la Av. Ferrocarril de la ciudad se aprecia que el ajuste que nos brinda no es bueno, lo cual dentro de mi apreciación se debe tomar en cuenta que en este sector existen conexiones con posible fuga y el hecho del deterioro de las tuberías y accesorios.

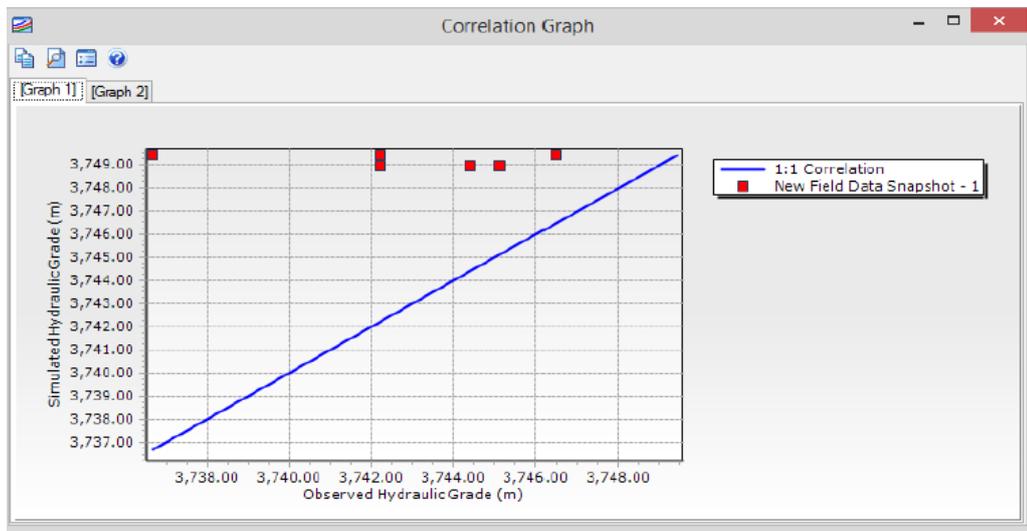


Imagen 35: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W, cercado.

4.1.2.2 Sector de las zonas alta n°01 de la ciudad

En tanto en el Sector alto de la ciudad los valores encontrados en campo y los calculados concuerdan de buena forma se aprecia también un coeficiente de Hazen y Williams que concuerda con una zona donde las tuberías son relativamente nuevas, las cuales están ubicadas en las calles Pje. Quinuales y Pje. Virrey Toledo.

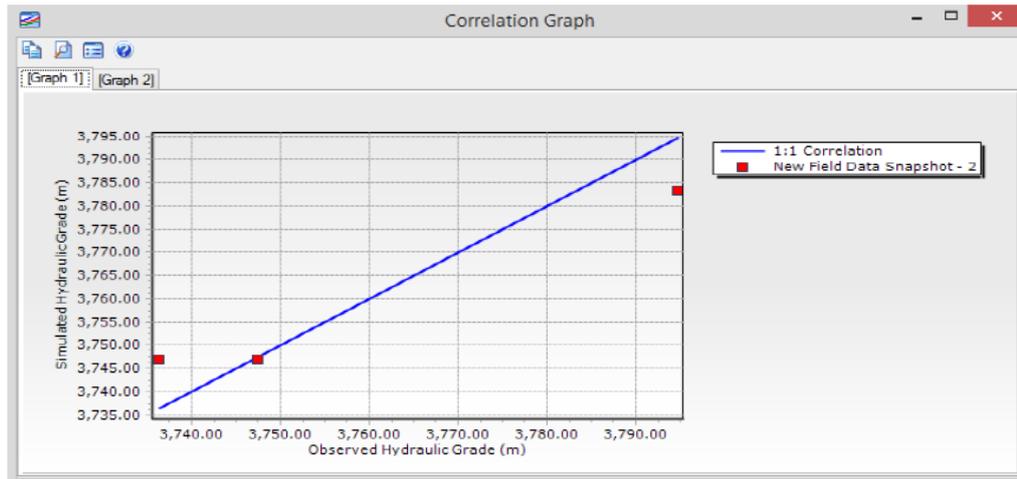


Imagen 36: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W en el Sector Alto N°01.

4.1.2.3 Sector de las zonas alta n°02 de la ciudad

En tanto en el Sector alto de la ciudad ubicado en el Jr. Ñahuincopa y el Jr. Wiracocha, los valores encontrados en campo y los calculados concuerdan de buena forma se aprecia también un coeficiente de Hazen y Williams que concuerda con una zona donde las tuberías son relativamente nuevas.

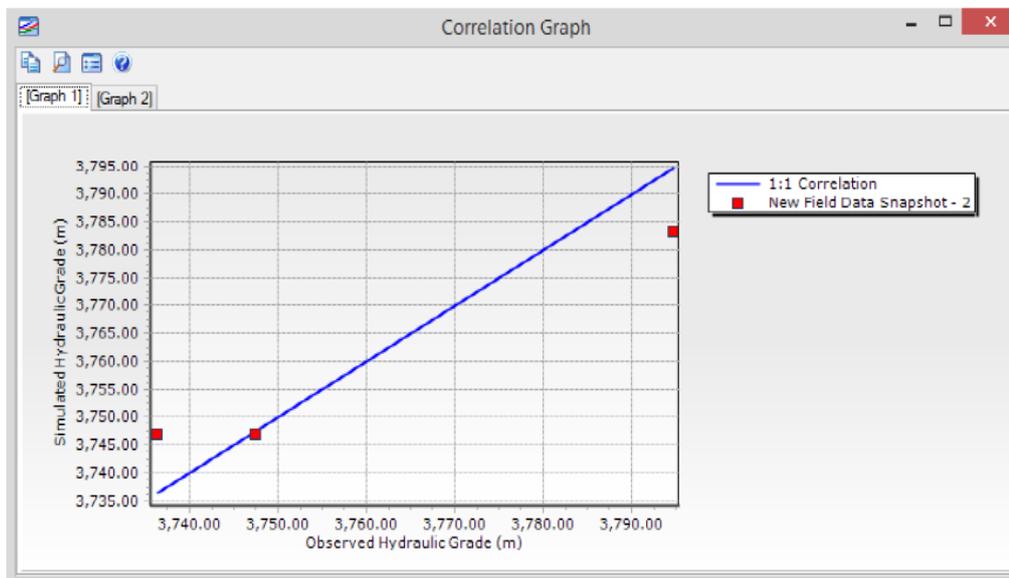


Imagen 37: Correlación y ajuste del coeficiente C H&W en el sector alto N°02.

Para poder solucionar el problema de las bajas presiones se planteó el uso de válvulas sostenedoras (Imagen 68) de presión las cuales se han colocado

digitalmente en el sistema de distribución calibrado el mismo que refleja fehacientemente el sistema de distribución.

Además de esto se ha separado los sectores con menor presión de servicio las cuales sufren la falta agua, para poder realizar el modelado digital y de esta manera ensayar escenarios donde se trabaje mejorando el sistema de operación el cual no supondrá mayores gastos, y que consistirá en la elaboración de un plan de manejo y operación para que el personal del JASS encargado pueda realizar el cierre y la apertura de válvulas en determinadas horas y de esta forma mejorar la llegada de presiones de servicio hacia los consumidores.

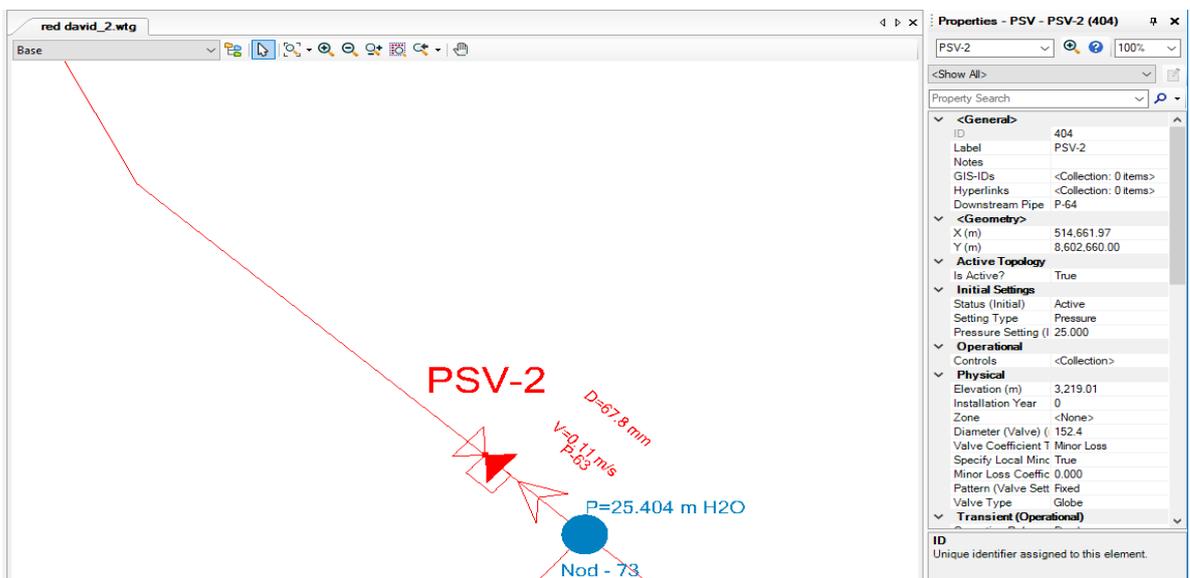


Imagen 38: Vista de Válvula Sostenedora de presión y su configuración respectiva.

Los resultados obtenidos de las válvulas sostenedoras de presión y la sectorización de la red de distribución, han posibilitado que la presión en dichos puntos se mantenga y que de esta manera se compense la baja de presiones en las horas de mayor consumo del día.

Las presiones obtenidas son las siguientes:

- Nodo 12: 18.302

- Nodo 13: 18.947
- Nodo 46: 16.881

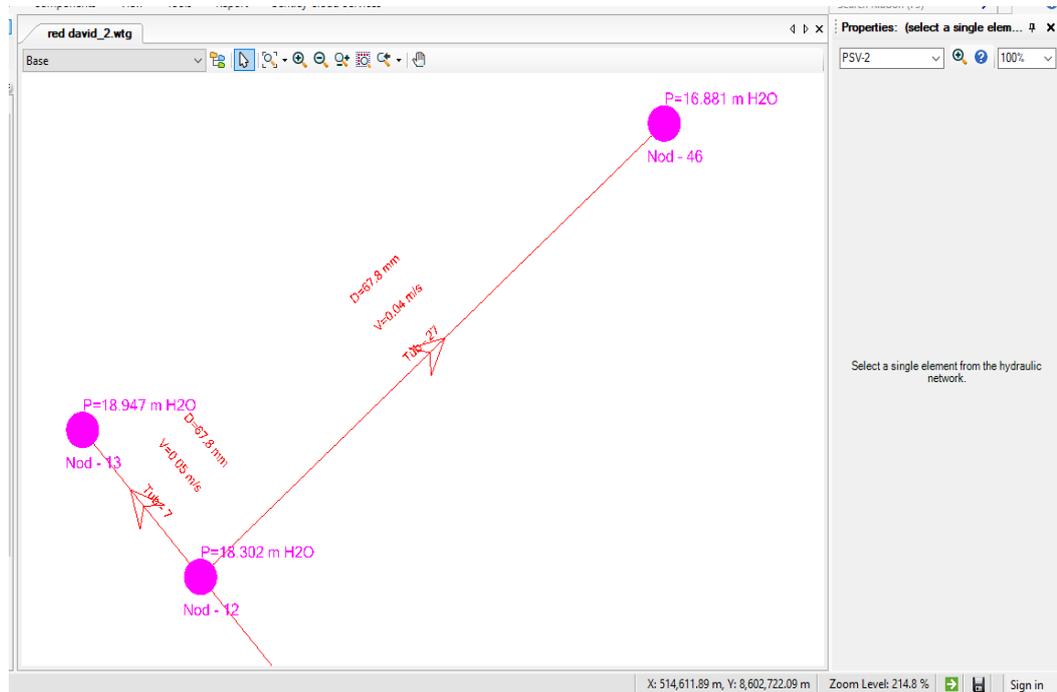


Imagen 39: Vista de las presiones nueva obtenidas.

Gracias a este modelo digital calibrado es posible realizar estas mejoras y mantenimientos sin necesidad de realizar esto en campo y con el uso de maquinaria y equipos.

Ensayar distintos escenarios que puedan brindar buenos resultados sobre la base digital que ahora cuenta el distrito de Acoria.

4.1.3 Resultados del Análisis estadístico

Se hizo un análisis estadístico de t de student para valorar las diferencias entre los valores calculados y los valores medidos.

MES	NODO	Resumen de Registro en el sector Medio	
		Valores medidos	Valores calculados
ENERO	NODO° 12	8.86	18.95
	NODO° 13	7.35	18.3
	NODO° 46	5.66	16.88

	NODO° 73	5.35	25.4
FEBRERO	NODO° 12	8.7	18.95
	NODO° 13	7.28	18.3
	NODO° 46	5.69	16.88
	NODO° 73	5.33	25.4
	NODO° 12	8.65	18.95
MARZO	NODO° 13	7.4	18.3
	NODO° 46	5.74	16.88
	NODO° 73	5.31	25.4
	NODO° 12	8.87	18.95
ABRIL	NODO° 13	7.39	18.3
	NODO° 46	5.75	16.88
	NODO° 73	5.4	25.4
	NODO° 12	8.86	18.95
MAYO	NODO° 13	7.32	18.3
	NODO° 46	5.74	16.88
	NODO° 73	5.48	25.4
	NODO° 12	8.86	18.95

Tabla 44: Resumen de registro de presiones – sector medio.

De los resultados del análisis estadístico t student se tiene:

	Variable 1	Variable 2
Media	6.8065	19.8825
Varianza	1.967497632	11.27149342
Observaciones	20	20
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.409850209	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	14.1417	
P(T<=t) una cola	7.72208E-12	
Valor crítico de t (una cola)	1.729132812	
P(T<=t) dos colas	1.54442E-11	
Valor crítico de t (dos colas)	2.093024054	

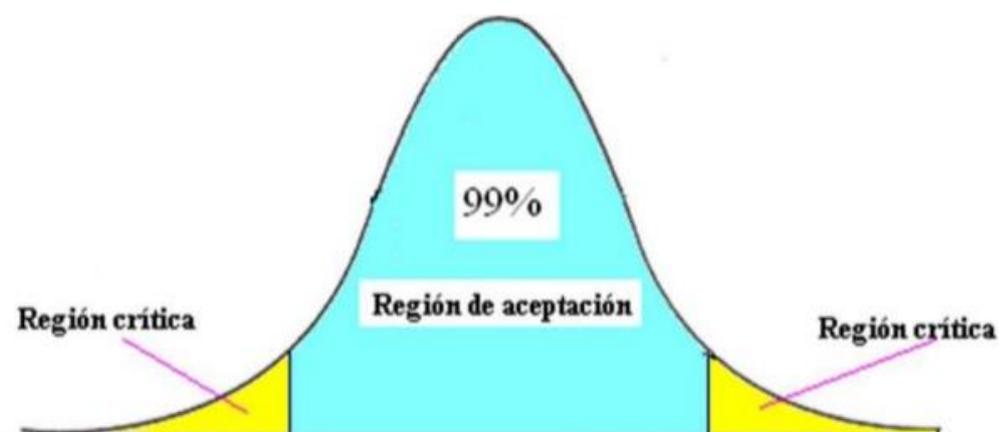
Tabla 45: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.

Ahora bien, se realizó la regresión de estos valores medidos y calculados, de lo cual se obtuvo:

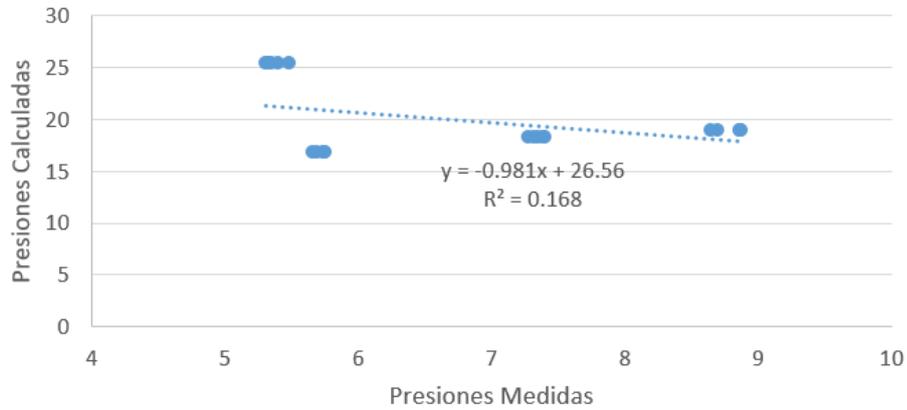
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.40985021
Coefficiente de determinación R ²	0.16797719
R ² ajustado	0.1217537
Error típico	1.31451417
Observaciones	20

También se efectuó la gráfica de la regresión de estos valores, según se aprecia en su R² se aprecia que esta no tiene un ajuste bueno, estando los valores muy dispersos entre los calculados y medidos.

De los valores obtenidos acorde al análisis con 19 grados de libertad y con un nivel significancia al 1%, podemos apreciar que los valores se encuentran fuera de la región de aceptación, por lo que la hipótesis de investigación se acepta.



REGRESION LINEAL SIMPLE DE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS



MES	NODO	Resumen de Registro en la zona alta 1	
		Valores medidos	Valores calculados
ENERO	NODO° 41	8.06	6.97
	NODO° 42	15.31	16.05
	NODO° 58	20.65	20.05
	NODO°07	20.58	21.55
FEBRERO	NODO° 41	7.91	6.97
	NODO° 42	15.2	16.05
	NODO° 58	20.65	20.05
	NODO°07	20.48	21.55
MARZO	NODO° 41	8	6.97
	NODO° 42	15.25	16.05
	NODO° 58	20.7	20.05
	NODO°07	20.44	21.55
ABRIL	NODO° 41	7.95	6.97
	NODO° 42	15.35	16.05
	NODO° 58	20.55	20.05
	NODO°07	20.57	21.55
MAYO	NODO° 41	8.06	6.97
	NODO° 42	15.28	16.05
	NODO° 58	20.61	20.05
	NODO°07	20.51	21.55

Tabla 46:Resumen de registro de presiones - sector alto 1.

De los resultados del análisis estadístico t student se tiene:

	Variable 1	Variable 2
Media	16.1055	16.155
Varianza	28.00051026	33.8558684
Observaciones	20	20
Coeficiente de correlación de Pearson	0.991441264	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	0.2467	
P(T<=t) una cola	0.4038696	
Valor crítico de t (una cola)	1.729132812	
P(T<=t) dos colas	0.8077392	
Valor crítico de t (dos colas)	2.093024054	

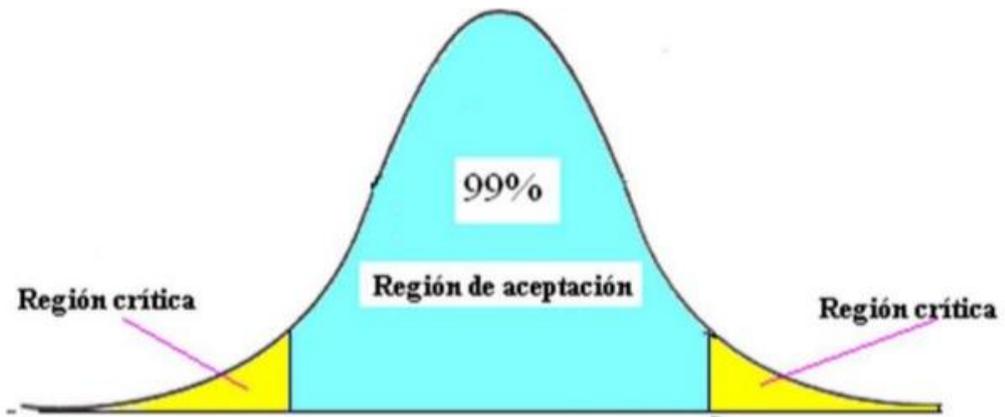
Tabla 47: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.

Se obtuvo los valores de la regresión:

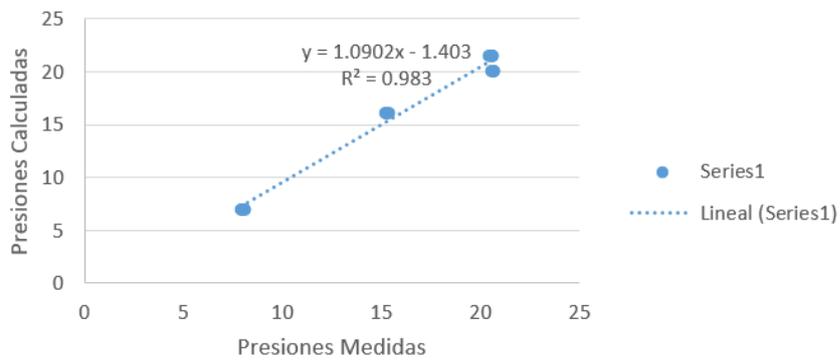
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.99144126
Coeficiente de determinación R ²	0.98295578
R ² ajustado	0.98200888
Error típico	0.70976094
Observaciones	20

En esta grafica de la curva de regresión se puede apreciar que esta curva tiende a ajustarse y de lo cual el valor del R² nos da a conocer el ajuste que esta tiene de los valores medidos y calculados.

De los valores obtenidos acorde al análisis con 19 grados de libertad y con un nivel de significancia al 1%, podemos apreciar que los valores se encuentran dentro de la región de aceptación, por lo que la hipótesis se acepta.



REGRESION LINEAL SIMPLE DE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS



MES	NODO	Resumen de Registro en la zona alta 2	
		Valores medidos	Valores calculados
ENERO	NODO° 82	30.88	30.15
	NODO° 81	20.63	23.15
	NODO° 8	29.89	30.36
	NODO°9	28.33	30.68
FEBRERO	NODO° 82	30.91	35.63
	NODO° 81	21	23.15
	NODO° 8	29.8	30.36
	NODO°9	28.15	30.68
MARZO	NODO° 82	31.11	35.63
	NODO° 81	20.78	23.15
	NODO° 8	30.24	30.36
	NODO°9	28.56	30.68

ABRIL	NODO° 82	30.6	35.63
	NODO° 81	20.72	23.15
	NODO° 8	30.09	30.36
	NODO°9	28.18	30.68
MAYO	NODO° 82	30.68	35.63
	NODO° 81	20.93	23.15
	NODO° 8	30.14	30.36
	NODO°9	27.64	30.68

Tabla 48: Resumen de registro de presiones - sector alto 2.

De los resultados del análisis estadístico t student se tiene:

	Variable 1	Variable 2
Media	27.463	29.955
Varianza	16.5485589	20.8429737
Observaciones	20	20
Coeficiente de correlación de Pearson	0.93457198	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
		-
Estadístico t	6.81056034	
P(T<=t) una cola	8.3838E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1.72913281	
P(T<=t) dos colas	1.6768E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2.09302405	

Tabla 49: Análisis estadístico "t" student para dos variables relacionadas.

De los datos obtenidos de la regresión se obtuvo lo siguiente:

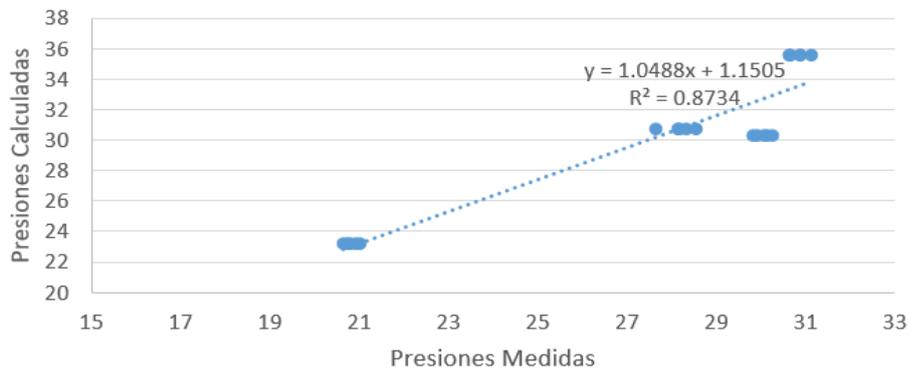
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.93457198
Coeficiente de determinación R ²	0.87342479
R ² ajustado	0.86639284
Error típico	1.48694521
Observaciones	20

De acuerdo a lo obtenido en la regresión se obtuvo que aquí el ajuste de la regresión no está adecuado, lo cual se aprecia en la dispersión que tienen estos datos en el grafico siguiente:

De los valores obtenidos acorde al análisis con 19 grados de libertad y con un nivel significancia al 1%, se apreciar que los valores se encuentran fuera de la región de aceptación, por lo que la hipótesis de investigación se acepta.



REGRESION LINEAL SIMPLE DE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS



CAPITULO V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Discusión de resultados con antecedentes

A partir de los resultados obtenidos en los sectores analizados, se acepta la hipótesis general que existe una relación directa y significativa entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de las presiones de servicio del distrito de Acoria, dado que una vez obtenidos los valores reales y aproximados de las rugosidades en las tuberías, estas permiten ensayar escenarios para mejorar las presiones de servicio en la localidad de estudio donde las presiones medidas y calibradas en los nodos 12,13 y 46 dieron como presiones 8.425, 8.926 y 7.541 respectivamente, por lo cual ensayándose la colocación de una válvula sostenedora de presión según se aprecia en la imagen 38 se obtuvieron mejores presiones como se aprecia en la imagen 39 teniéndose unas presiones ensayadas del sistema en los nodos 12,13 y 46 de 18.302, 18.947 y 16.881 respectivamente, por lo cual este resultado obtenido guarda relación con lo obtenido por el ingeniero Juan Saldarriaga en su investigación "Calibración de redes de distribución de agua potable bajo un ambiente de fugas", ya que este menciona que el manejo adecuado de las presiones de una red la cual se combina con políticas de rehabilitación eficientes y manejo de accesorios basadas en el uso de la calibración de redes, puede ahorrar costos importantes a las empresas gestoras de la administración de agua, debo mencionar además que el **Ing. Juan Saldarriaga considera el empleo de ecuaciones para estimar el parámetro "C" o coeficiente de Hazen y Williams.**

Según lo obtenido en la calibración de redes en el sector medio de la ciudad de Acoria específicamente en la Av. Ferrocarril y el Jr. Andrés A. Cáceres se

observan valores muy dispersos de los encontrados en campo con respecto al modelo digital por lo que la calibración arrojó valores que dan a entender una disminución considerable del coeficiente "C" de Hazen y Williams, lo que se aprecia según el detalle por mes empezando por la tabla N°14 correspondiente al mes de enero donde se registra un coeficiente "C" de 101.700 lo cual representa una tubería ya muy deteriorada y donde se muestra un incremento considerable de la rugosidad lo que nos da a suponer además a esto que existen causas que afectan directamente al libre paso del agua y a la disminución considerable de las presiones. Este patrón de disminución considerable de la rugosidad se sigue apreciando en el mes de febrero con un coeficiente "C" de Hazen y Williams de 101.55 el cual no difiere demasiado del mes de enero, y la variación es por razones relacionadas a múltiples parámetros de campo los cuales cito nuevamente: el consumo variable de la población, el clima, la variación horaria etc. Dicho panorama sigue sin modificarse en los meses de marzo donde se registra el valor de un "C" de Hazen y Williams promedio de 100.95 según se aprecia en la tabla N°20, en el mes de abril se obtuvo un "C" de Hazen y Williams promedio de 100.65 y que claramente no sufre variación considerable respecto a los otros meses anteriores, finalmente en el mes de mayo se obtuvo un coeficiente de Hazen y Williams de 100.53 según la tabla N°26, el que del mismo modo muestra un patrón constante que refiere que las tuberías consideradas en el análisis y el muestreo(Tubería 47, tubería 52, tubería 45, tubería 59, tubería 7, tubería 27 y tubería 79) están en deterioro evidente. **Tit Koppel presenta en el artículo de investigación titulado "Calibration of a model of an operational wáter distribution" en la imagen N°05 un diagrama en dos dimensiones (Rugosidad_Y, Años_X), en el que se representa el aumento de la rugosidad en cada año que tenga expuesta al paso del agua las tuberías,** y que se menciona una vez más que la disminución del coeficiente "C" de Hazen y Williams es inversamente proporcional al aumento de la rugosidad y que evidentemente en este sector se aprecia una disminución considerable y que tratándose de tuberías que ya llevan más de 10 años de trabajo es concordante verificar que estas hayan aumentado su rugosidad considerablemente y que sin embargo debo mencionar que alrededor de este sector ha habido un

incremento de viviendas por lo cual el consumo asignado inicialmente ha sufrido una variación negativa es decir la cantidad de agua asignada no es suficiente evidentemente por el aumento de consumidores, es por esta razón que podría explicarse la disminución alarmante del coeficiente “C” de Hazen y Williams.

En lo correspondiente al sector alto correspondiente a las calles del Pje. Los quinales y el Pje. Virrey Toledo, se obtuvieron coeficientes “C” de Hazen y Williams las cuales corresponden a un deterioro leve de tuberías, las cuales tienen un tiempo de vida de 4 a 5 años producto de las ampliaciones de agua en este sector de la ciudad. En el mes de enero se obtuvo un valor calibrado del coeficiente “C” de Hazen y Williams aproximado de 138.750 el cual se aprecia en la tabla N°29 y a mi apreciación con respecto al mes de febrero y siguientes no muestra variación considerable, siendo el mes de febrero un valor del coeficiente promedio de 139.275 según se aprecia en la tabla N°32, en el mes de marzo se obtuvo como promedio del coeficiente de Hazen y Williams el valor de 139.147 según se aprecia en la tabla N° 35, en lo correspondiente al mes de abril del presente año también se obtuvo un patrón similar en el comportamiento del coeficiente “C” de Hazen y Williams el cual fue de 138.238 según se aprecia en la tabla N°38 valor que es cercano a los otros obtenidos y que si bien varia es por factores externos, en el último mes de análisis se obtuvo un coeficiente de 138.687 según se detalla en la tabla N°41 el cual nos da a indicar que las presiones disminuyeron del valor del modelamiento digital debido a que han pasado unos años y las tuberías comienzan a dañarse siendo este un valor concordante con el tiempo de vida útil de estas, las tuberías analizadas fueron la tubería 24, tubería 40, tubería 57, tubería 69 y la tubería 89, Cito nuevamente a **Tit Koppel el cual en la investigación mencionada ya en los antecedentes, comenta que los resultados que este encontró en su análisis son concordante al tiempo de vida útil el cual se logró mediante la calibración de su red modelo y que en lo particular en este sector debido al corto tiempo de vida de las tuberías la disminución es leve**, notándose que las presiones obtenidas no han sufrido demasiada variación del modelo digital no requiriendo aquí intervención para mejorarlas.

Respecto al último sector analizado el que se ubica en las calles del Jr. Ñahuincopa y el Jr. 09 de diciembre, en el mes de enero del presente año se ha obtenido el valor del coeficiente de Hazen Y Williams de 142.275 según se aprecia en la tabla N°44, en el mes de febrero se obtuvo un Coeficiente “C” promedio de 143.052 según se aprecia en la tabla N°47, y en los meses de marzo y abril se obtuvo 144.375 y 140.322 respectivamente cabe mencionar que estos dos meses hubo una variación regular pero a consideración mía en el mes de marzo se tuvo abundantes precipitaciones y que de alguna manera afectan el gasto y consumo de la población, finalmente en el mes de mayo se obtuvo un valor estimado de 141.355 del coeficiente de Hazen y Williams según se aprecia en la tabla N° 56, es necesario mencionar que en este sector del mismo modo las presiones se mantienen cercanas a las medidas y el coeficiente “C” de Hazen y Williams ha disminuido pero no representa un problema mayor para el funcionamiento adecuado y distribución de esta red, por lo cual según se mencionó en los resultados ensayar la operación adecuada de la red vendría a ser una solución muy económica y eficiente para compensar esas bajas mínimas de presión y continuidad.

Posteriormente a los valores analizados y calibrados se realizó un ajuste de coeficientes los cuales son brindados por el software, en el Caso del sector medio de la ciudad en específico el que se analizó en la Av. Ferrocarril según se aprecia en la tabla N° 12 se muestra un ajuste, regresión y correlación donde los valores calibrados respecto a los observados están dispersos, respecto a esto el **Ing. Juan Saldarriaga en su trabajo “Metodología para la calibración de redes de agua” comenta que este proceso si bien arroja resultados donde se aprecia directamente el aumento de la rugosidad son tantos los factores que influyen en la variación de esta que trabajarse de forma manual es imposible es por ello el uso de software** y es través de estas relaciones que se busca las pérdidas e identificación de deterioros en el sistema mediante la medición en campo. Ahora bien, en el ajuste de regresión y correlación de estos valores calibrados en el sector alto N°01 y N°02 específicamente en las calles Pje. Quinuales y el Jr. Ñahuincopa respectivamente se observa que los valores medidos se aproximan a la regresión lineal producto de los valores observados respecto a los calibrados,

lo cual corresponde a una disminución proporcional y menor del coeficiente “C” de Hazen y Williams según se puede observar en la imagen N°36 y N°37 respectivamente. Thomas Walski en su trabajo titulado “Calibrating wáter Distribution Model Via Genetic Algoritims” hace un ajuste de regresión en los valores calibrados y medidos en campo en dicho trabajo los resultados muestran coincidencia exacta entre la rugosidad y las demandas y presiones empleadas para generar la calibración del modelo, y que de acuerdo a lo encontrado en campo y a la antigüedad de estas tuberías se puede afirmar que estos valores son concordantes con el tiempo de vida útil de esta red de distribución de agua.

Acerca del planteamiento abordado como solución la construcción de un reservorio de apoyo el cual para su funcionamiento requiere la construcción de estructuras complementarias de agua como captaciones, líneas de conducción y de aducción esto representa un costo considerable en comparación al emplear un reemplazo de las tuberías deterioradas y encontradas con la calibración y que según se aprecia en las tablas N°57 y N°58, y que comparando la segunda alternativa con la primera alternativa esta representa un 13 % de lo que conlleva la construcción de un sistema de apoyo, lo cual representa un ahorro sustancial de gastos en materiales y mano de obra, aprovechando las ventajas que ofrece la calibración esto concuerda con lo descrito por **M, Jamasb en su artículo “CALIBRATION OF EPANET USING GENETIC ALGORITHM”** donde señala que la ejecución del mantenimiento integro de un sistema de distribución de agua requiere gastos considerables, he ahí la gran importancia de suministrar agua en un nivel aceptable para diferentes propósitos, es necesario entonces simular (y analizar) las redes con precisión. Es donde este autor hace uso del lenguaje de programación MATLAB7 donde desarrolla el código y técnica de algoritmo genético) para determinar los coeficientes de rugosidad de la tubería, las demandas nodales o los diámetros de la tubería (a través del proceso de calibración EPANET) y este ofrece un enfoque poderoso para disminuir los efectos de las incertidumbres. Además, al estudiar las condiciones de operación comunes en un sistema de ejemplo, se demostró que las demandas de ajuste sincronizadas y la aspereza como variables de decisión y el uso de las observaciones

relacionadas conducen a resultados más precisos en la calibración de simulaciones de modelos y sistemas lo que representa un ahorro considerable tanto en recursos materiales y mano de obra. Finalizando esta parte con resaltar las virtudes que tiene esta metodología con el fin de ahorrar y optimizar los procesos de monitoreo, operación, conservación y mantenimiento de las redes de distribución y que tratándose de un entorno como es nuestro país en los cuales los recursos económicos son limitados es pues una alternativa sumamente conveniente para mejorar los problemas relacionados a las redes de distribución de agua.

Según menciona Paz, la calibración se convierte en una opción confiable para el empleo en actividades relacionadas al control de agua para sistema de abastecimiento, es importante considerar que cada programa comercial actual, tiene ventajas y desventajas, algunos proveen muy buenas interfaces, pero excesivos tiempos de cálculo, otros son muy completos, pero complejos y costosos, otros proveen excelente velocidad, pero cometen errores que pueden ser importantes en ciertas redes y que para este trabajo de investigación este programa ha brindado un buen aporte tecnológico para realizar las calibraciones pero que sin embargo la mayor dificultad es la recopilación de parámetros de campo puesto que una red de distribución y el agua que fluye no obedece a un régimen permanente estando está en un flujo variable a lo largo de cada mes, día, hora y en cada segundo variando esta su comportamiento en la red, por lo cual es necesario comentar la limitación tecnológica que se tuvo y que de contarse con equipos de medición de flujos los cuales son costosos siendo estos capaces de recoger información en una base de datos cada cierto periodo mínimo de tiempo lo que acortaría los errores por recojo de parámetros de campo y esto mejoraría notablemente la calibración.

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Contrastación de la Hipótesis General

Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de las presiones de servicio del distrito de Acoria, se ha podido encontrar que si existe una relación directa y significativa de la calibración

de la red de agua potable con la mejora de las presiones de servicio, ya que como se ha explicado al tenerse un modelo digital fehaciente y concordante con las mediciones obtenidas en campo mediante la calibración, se ha ensayado escenarios donde se podido mejorar las presiones de servicio de la red de distribución del distrito de Acoria.

5.2.2 Contrastación de la Hipótesis Especifica 1

Se ha contrastado si existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria, sobre la cual mediante los resultados obtenidos se ha podido ensayar un escenario donde realizando el cambio de las tuberías se ha mejorado las presiones de servicio y esto gracias a la calibración de la red de distribución que nos ha podido dar a conocer e identificar las tuberías que presentan mayor disminución del coeficiente de Hazen y Williams, lo cual representa la avería de estas.

5.2.3 Contrastación de la Hipótesis Especifica 2

Se ha contrastado si existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la operación de la red del distrito de Acoria, de acuerdo a la calibración obtenida se ha podido identificar que si existe esta relación y que mediante el escenario donde se ha ensayado la sectorización e incorporación de válvulas sostenedoras se ha podido determinar que se puede mejorar las presiones y la manera como se viene operando la red de distribución mediante la calibración de coeficientes de rugosidad, pudiéndose identificar que tramos y sectores se deben cerrar y abrir las válvulas para controlar de mejor forma la red de distribución de agua.

CONCLUSIONES

- Del objetivo general podemos señalar que existe una relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de las presiones de servicio en el distrito de Acoria, debido a que nos permite identificar los sectores donde las tuberías se han deteriorado el cual se presenta de mayor forma en el sector medio ubicado en la Av. Ferrocarril, y que sin embargo mediante el uso de herramientas digitales como es una válvula sostenedora de presión nos permite mejorar considerablemente la presión en dicho sector, lo que también se podría mejorar renovando dicha tubería y que sin embargo sin esta calibración no se puede ensayar las mejoras al sistema y las presiones de servicio en la red existente.
- Del objetivo específico 1, existe la relación entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de presiones de servicio en el distrito de Acoria, debido a la calibración y los ensayos realizados, y que según sondeos en el sector medio de la ciudad ubicado en la Av. Ferrocarril en horas del día había una baja considerable de presión, por lo cual con este modelo calibrado y mejorado se pudo ensayar una mejora de la continuidad de presión en dicho sector.
- Del objetivo específico 2, la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red del distrito de Acoria, en la obtención del modelo digital el cual es capaz de representar distintos escenarios de ensayo y del mismo modo poder generar un patrón de conducta del coeficiente de Hazen y Williams muy capaz de predecir la baja de presiones y la disminución del coeficiente mencionado para futuros trabajos de mantenimiento en distintos sectores de la ciudad.

RECOMENDACIONES

- Aplicar el algoritmo de cálculo a otras redes reales de distribución de agua para ampliar su campo de aplicación y el conocimiento que podamos recabar de la calibración de redes de agua potable.
- Incorporar otros algoritmos de optimización que permitan estimar el coeficiente de rugosidad de las tuberías de una red.
- Realizar las transformaciones necesarias del algoritmo de cálculo para la estimación de otros de los parámetros que intervienen en el diseño de una red, por ejemplo: el diámetro y la longitud de las tuberías.
- Incorporar en la temática de estudio en las universidades mayores alcances del Análisis Periodo Extendido, pues es este un concepto muy poco estudiado pero muy importante para entender el comportamiento de una red de agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(2004) B. VAN BLOEMEN. Application of Optimization Methods to Calibration of Water Distribution Systems. Optimization and Uncertainty Quantification Department, Sandia National Laboratories.

(2001) M. JAMASB. Calibration Of Epanet using Genetic Algorithm Department of Hydraulic Structures, Parab Fars Consulting Engineering Company.

(2008) J. MACIAS. Diseño óptimo de Matrices para el Abastecimiento de Agua- Universidad de los Andes.

(2008) J. HENAO. Metodología de Calibración de Redes de Distribución. Universidad de los Andes.

(2008) S. TAKAHASHI. Calibración de Redes de Distribución con Métodos de Inteligencia Artificial. Universidad de los Andes.

(2014) F. CALEIRAS. Modelación Matemática de la Red de Distribución de Agua Potable de un Sector de la Ciudad de Coro- Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

(2005) T. WALSKI. Advanced Water Distribution Modeling and Management Bentley Institute Press.

(2010) L. DIAZ. Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de la Ciudad de la Unión Huánuco. Universidad Nacional de Ingeniería.

(2012) A. MARTIN. Mathematical Optimization of Water Networks. International Series of Numerical Mathematics.

(2003) C. MAKSIMOVIC. Advances in Water Supply Management. Department of Civil; Environmental Engineering Imperial College London, United Kingdom.

(2012) E. ALPEROVITS. Design of Optimal Water Distribution Systems. Water Resources Research.

(2011) T. KOPPEL. Use of Modelling Error Dynamics for the Calibration of Water Distribution Systems. Department of Mechanics, Tallinn University of Technology, Tallinn.

(2012) K. LANSEY. Hydraulics of Water Distribution Systems. Journal of Water Resources Planning and Management.

(2011) G. MOLINA. Modelación con Epanet de las Redes de Transporte de Agua Potable de la Ciudad de Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena.

(2009) J. Kuroiwa. CERTIFICACION Y CALIBRACION DE CAUDALIMETROS ELECTROMAGNETICOS PARA OPERACIONES MINERAS. Instituto de Construccion y Gerencia .

(2017) R. Llique. CALIBRACIÓN HIDRÁULICA Y PROGRAMACIÓN DE RIEGO DEL SISTEMA POR ASPERSIÓN DE LOS JARDINES DE LA UNALM. Universidad Agraria la Molina, Lima.

(2018) C. Paz CALIBRACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE TUBERÍAS DEL SISTEMA IRRIGACIÓN PANGO, SUBTRONCAL 3 - DEPARTAMENTO DE JUNÍN. Universidad Agraria la Molina, Lima.

(2002) Y. Zheng. Calibrating Water Distribution Model Via Genetic Algorithms. AWWA.

ANEXOS

RELACION ENTRE LA CALIBRACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE Y LA MEJORA DE LAS PRESIONES DE SERVICIO DEL DISTRITO DE ACORIA

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la relación entre la calibración de la red de agua y en la mejora de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018</p>	<p>1. Antecedentes A nivel nacional: - A nivel internacional: (Jamasb, 2008), realizo su trabajo titulado "CALIBRATION OF EPANET USING GENETIC ALGORITHM" el cual tuvo por objetivo realizar la calibración de una red de tuberías mediante el uso del Algoritmo genético, un código de computadora que es preparado y vinculado al simulador hidráulico en este caso el EPANET, esta investigación se ha considerado la fricción en las tuberías además de los nodos de influencia en una red ideal de agua potable, la evaluación de esta tesis servirá de metodología para la calibración de red de agua empleando el software EPANET.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.</p>	<p>Variable 1: Calibración de redes de agua potable.</p> <p>Indicadores:</p> <p>1: Coeficientes de Rugosidades</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Correlacional Diseño de Investigación: No experimental</p>  <p>Población y Muestra</p> <p>Población: Para la presente investigación será: las redes de tuberías en el distrito de Acoria abarca un total de 107 tramos de tuberías que componen el sistema es decir 82 nodos en total.</p> <p>Muestra: Para la presente investigación se realizó un muestreo de tipo intencional contando con un total de 23 tramos de tuberías que componen el sistema ,es decir 20 datos en cuanto a nodos.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>1.¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018?</p> <p>2.¿Cuál es la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red del distrito de Acoria 2018?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Determinar la relación entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.</p> <p>2. Determinar la relación entre la calibración de la red de agua potable y la mejora de la operación de la red del distrito de Acoria 2018.</p>	<p>•J. Saldarriaga (2008), "Metodología de calibración de redes de distribución de agua potable" – Trabajo de investigación realizado por docentes del Centro de Investigación de acueductos y alcantarillado de la Universidad de los Andes.</p> <p>2. Marco teórico referencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoría de Hidráulica de Tuberías • Teoría de calibración de redes. • Hidráulica de Reservorios. • Rugosidad en Tuberías. 	<p>Hipótesis específicas</p> <p>1. Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la continuidad de las presiones de servicio del distrito de Acoria 2018.</p> <p>2. Existe una relación directa entre la calibración de la red de agua potable y la operación de la red del distrito de Acoria 2018</p>	<p>Variable 2: Presiones de servicio.</p> <p>Indicadores:</p> <p>1: Metros de columna de agua</p>	<p>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Las documentales, (las fichas bibliográficas, de resumen, Libros y Papers).</p> <p>Las no documentadas (Registro de Datos, recopilación de Información en la Empresa empapa, Manómetro para Registro de Presiones, Flujo metro para Registro de Velocidades).</p> <p>Técnicas Estadísticas de Análisis y Procesamiento de Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> * Uso del Software en Ingeniería WaterCad V8i y su herramienta de cálculo por algoritmos genéticos (Darwin Calibrator). * Uso del Lenguaje de Programación Python para Procesamiento y elaboración de Aplicaciones de apoyo. * Además se realizará con el software MS-Excel 2010 registro y tratamiento de datos. * Las Medidas de Tendencia Central, de Dispersión y Forma.

REGISTRO DE PRESIONES

PRESION REGISTRADAS -ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE ACORIA - AV. FERROCARRIL, PJE. ANDRES A. CACERES																	
	NODO 12				NODO 13				NODO 46				NODO 73				
	HORA 5:30 AM	HORA 10:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 6:00 AM	HORA 10:45AM	HORA 2:30 PM	HORA 6:00 PM	HORA 6:40 AM	HORA 10:45AM	HORA 3:55PM	HORA 9:10PM	HORA 7:25AM	HORA 12:55AM	HORA 5:10PM	HORA 7:10PM	
1.0	8.0	9.4	9.9	6.4	8.5	7.2	7.2	5.5	7.5	5.5	6.4	4.0	6.5	6.3	7.0	6.2	
2.0	9.0	9.7	10.9	6.0	8.0	7.7	7.8	6.6	6.2	6.9	6.1	6.4	6.2	5.2	7.8	3.6	
3.0	9.5	9.8	10.2	6.1	8.6	6.5	8.9	7.0	5.2	5.1	5.2	4.8	5.3	7.0	6.5	2.2	
4.0	8.6	9.9	9.6	7.7	8.6	6.7	6.1	5.1	7.9	5.3	6.3	6.0	5.1	3.9	5.8	3.3	
5.0	8.9	9.5	10.6	7.0	8.9	6.6	8.2	7.0	5.5	6.2	6.3	6.2	6.4	4.3	5.2	5.4	
6.0	9.2	9.8	10.7	6.3	8.4	7.6	8.5	7.3	4.7	6.3	4.5	4.9	6.0	5.7	7.2	3.4	
7.0	8.6	9.3	9.6	7.3	8.5	7.9	8.1	7.7	4.9	5.2	5.6	4.3	6.4	5.0	4.8	5.1	
8.0	10.0	10.0	10.5	6.7	8.1	6.2	7.3	7.1	4.6	6.0	6.6	5.4	5.3	5.5	4.2	3.2	
9.0	9.6	9.5	9.8	8.0	8.6	6.4	7.1	5.0	6.8	6.5	5.4	5.1	5.3	6.2	7.9	2.1	
10.0	9.5	9.2	8.5	6.8	8.7	7.4	8.2	7.5	7.6	5.6	5.4	5.1	5.2	6.5	4.0	2.5	
11.0	8.6	9.9	10.8	6.5	9.0	7.0	6.8	5.3	5.5	5.7	5.4	4.1	6.8	4.7	5.2	5.0	
12.0	8.7	10.0	8.6	6.8	8.0	7.1	7.2	5.8	7.4	6.5	4.1	6.0	6.4	6.1	6.3	2.4	
13.0	9.7	9.2	10.0	8.0	8.0	7.8	8.4	7.1	7.4	6.6	4.6	6.8	6.9	6.8	6.0	5.0	
14.0	8.3	9.6	10.8	6.9	8.6	7.8	7.7	7.7	6.9	5.5	6.6	5.1	6.1	6.9	7.6	5.5	
15.0	8.5	9.6	11.0	6.5	8.6	6.4	7.8	6.4	4.1	6.0	5.4	5.3	6.7	3.4	6.5	4.2	
16.0	9.5	9.4	9.0	6.4	8.9	8.0	8.4	7.1	6.5	6.9	5.1	5.8	6.8	3.2	7.6	5.4	
17.0	8.4	9.9	9.8	6.5	8.4	6.2	6.5	5.3	4.7	6.2	6.7	4.5	6.4	5.2	6.5	4.5	
18.0	9.5	9.5	10.9	6.2	8.2	6.4	6.3	7.2	4.5	5.8	5.7	7.0	5.7	6.0	6.9	5.6	
19.0	9.7	9.2	10.2	6.6	8.4	6.1	6.4	5.3	6.8	5.1	6.3	5.7	6.0	3.8	6.3	3.0	
20.0	8.0	9.1	10.9	6.4	8.0	6.0	6.4	7.1	5.3	6.6	6.8	5.3	6.2	6.4	7.1	6.8	
21.0	8.3	9.1	11.0	6.6	8.1	7.8	8.9	7.6	4.7	5.8	6.8	5.2	6.7	3.7	5.8	6.0	
22.0	9.1	9.5	8.7	7.3	8.8	6.7	6.8	7.0	5.1	6.6	4.3	6.6	5.2	5.4	6.1	2.2	
23.0	9.4	9.1	10.7	7.8	8.6	6.2	6.2	7.6	5.2	5.3	4.3	5.2	5.4	4.3	6.5	3.0	
24.0	9.7	9.0	9.2	6.1	8.1	7.5	6.4	5.9	4.4	5.1	4.3	4.3	5.3	6.9	5.4	2.3	
25.0	10.0	9.5	10.4	6.2	8.0	7.4	6.7	6.7	4.8	5.7	4.1	4.6	6.6	5.1	6.5	2.7	
26.0	8.9	9.5	9.6	7.5	8.8	6.2	7.4	6.8	5.9	6.2	4.6	5.7	5.2	5.1	4.6	3.9	
27.0	9.5	9.6	10.6	6.3	8.6	7.2	7.1	5.7	7.8	6.6	6.2	6.0	5.5	4.1	6.1	5.3	
28.0	9.3	10.0	8.8	7.1	8.2	6.8	7.9	6.3	4.7	5.1	6.5	5.6	5.1	3.2	7.4	5.9	
29.0	9.7	9.6	9.0	7.1	8.4	6.3	8.7	7.3	6.0	5.1	4.3	4.4	6.6	3.7	5.2	4.2	
30.0	8.9	10.0	11.0	7.1	8.8	7.6	8.3	7.7	6.7	6.4	5.2	5.1	6.2	5.8	4.7	5.0	
31.0	8.9	9.4	8.2	7.9	8.8	6.2	7.3	5.5	7.4	6.7	5.3	4.2	5.3	4.2	6.0	3.6	
MEDIAS HORARIAS	9.08	9.54	9.98	6.84	8.46	6.93	7.44	6.57	5.88	5.93	5.49	5.31	5.96	5.15	6.15	4.14	
MEDIA MENSUAL		8.86				7.35				5.66			5.35				

Tabla 50: Presiones enero - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.

PRESION REGISTRADAS -ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE ACORIA - AV. FERROCARRIL, PJE. ANDRES A. CACERES																	
F E B R E R O - 2 0 1 9	NODO 12				NODO 13				NODO 46				NODO 73				
	HORA 5:30 AM	HORA 10:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 6:00 AM	HORA 10:45AM	HORA 2:30 PM	HORA 6:00 PM	HORA 6:40 AM	HORA 10:45AM	HORA 3:55PM	HORA 9:10PM	HORA 7:25AM	HORA 12:55AM	HORA 5:10PM	HORA 7:10PM	
1.0	8.1	9.5	9.8	7.9	8.5	7.0	7.5	5.7	5.3	6.1	7.0	4.3	5.6	5.1	6.6	6.3	
2.0	9.2	9.9	8.8	7.6	8.0	7.4	7.1	5.3	5.7	6.5	6.7	4.9	5.6	6.5	4.6	2.2	
3.0	8.1	9.5	8.3	6.1	8.9	6.9	8.4	7.0	5.6	6.4	6.4	5.5	5.6	3.6	4.6	3.4	
4.0	9.0	9.9	10.1	7.2	8.1	8.0	8.0	7.0	4.6	5.1	6.8	5.8	5.7	5.7	4.3	4.6	
5.0	9.2	9.1	8.1	7.5	8.3	7.5	7.9	6.7	4.2	6.6	4.3	4.2	5.4	4.0	4.7	2.6	
6.0	8.7	9.5	8.8	6.1	8.1	6.1	7.0	7.1	5.7	5.2	4.9	4.9	5.2	6.2	4.1	3.9	
7.0	9.3	9.8	10.0	6.6	8.8	7.2	6.6	5.5	4.6	6.3	4.7	4.3	5.4	6.9	5.9	3.9	
8.0	8.8	10.0	9.1	6.8	8.5	7.4	7.0	5.5	4.3	6.7	4.3	6.1	5.9	4.7	4.8	5.7	
9.0	9.8	9.3	8.7	7.6	8.7	6.4	7.7	6.1	6.1	6.1	6.8	4.2	5.7	3.4	5.4	4.2	
10.0	9.9	9.9	9.9	6.1	8.7	6.4	6.6	6.6	7.6	6.5	4.4	4.3	6.8	3.9	7.5	4.2	
11.0	8.6	9.0	9.4	7.3	8.8	7.8	7.5	5.7	4.1	5.5	5.7	5.7	5.8	6.6	6.9	3.3	
12.0	9.2	9.5	10.8	7.0	8.4	6.6	8.3	6.2	4.8	6.9	5.7	5.3	6.2	3.4	5.4	3.1	
13.0	8.8	9.7	8.4	6.7	8.7	7.5	7.4	5.7	4.1	5.3	6.1	5.3	5.0	5.0	6.7	5.3	
14.0	8.3	9.7	9.1	6.9	8.3	6.5	7.5	6.0	7.1	5.2	5.2	5.3	6.3	4.9	7.6	6.3	
15.0	8.4	9.4	9.6	8.0	8.5	6.3	9.0	6.2	5.3	5.3	5.8	7.0	5.3	6.6	7.2	5.3	
16.0	8.1	9.5	9.9	7.0	8.7	6.2	8.6	6.0	6.0	6.5	4.2	4.1	5.4	4.1	7.0	3.8	
17.0	8.8	9.2	8.9	7.7	8.0	7.0	7.0	7.5	6.3	6.7	5.8	6.5	6.3	3.7	8.0	4.0	
18.0	8.1	9.9	8.9	6.2	8.4	6.2	9.0	5.2	7.9	5.5	6.0	5.8	6.7	3.5	5.6	6.3	
19.0	8.6	9.4	8.1	7.9	8.4	7.8	7.1	7.2	4.0	7.0	6.4	6.9	6.3	5.9	7.5	3.7	
20.0	8.7	9.4	8.8	7.7	8.4	7.2	8.3	7.4	7.2	5.9	5.8	4.9	6.6	4.0	7.5	6.9	
21.0	9.0	10.0	9.2	7.4	8.6	6.4	6.8	6.4	5.2	5.2	6.0	6.5	5.8	4.7	5.2	6.8	
22.0	10.0	9.1	10.8	7.8	8.6	6.9	6.6	7.7	7.5	5.6	6.9	4.5	5.4	4.6	4.1	4.0	
23.0	9.4	9.3	9.6	7.6	8.9	6.1	7.7	8.0	5.0	6.2	5.2	5.3	5.2	3.7	6.6	5.7	
24.0	8.6	9.4	8.1	7.3	9.0	6.7	6.5	5.4	5.5	6.8	5.5	5.1	5.3	7.0	6.6	3.8	
25.0	9.8	9.9	9.1	7.0	8.1	7.5	8.8	5.0	4.6	6.0	6.9	6.5	6.1	6.9	4.4	3.9	
26.0	8.2	9.0	9.5	7.0	8.7	6.5	7.9	6.5	7.6	6.2	5.9	4.7	6.6	4.6	7.4	3.3	
27.0	9.6	9.5	10.6	6.4	8.3	6.5	6.1	5.3	6.1	6.0	6.8	4.6	5.4	4.5	7.3	5.8	
28.0	8.5	9.7	9.3	7.3	8.6	6.6	6.2	5.8	7.1	5.6	6.1	4.6	6.8	6.5	4.6	3.6	
MEDIAS HORARIAS	8.87	9.52	9.27	7.12	8.48	6.87	7.49	6.27	5.67	6.03	5.80	5.25	5.84	5.00	6.00	4.49	
MEDIA MENSUAL	8.70				7.28				5.69				5.33				

Tabla 51: Presiones febrero - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.

PRESION REGISTRADAS -ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE ACORIA - AV. FERROCARRIL, PJE. ANDRES A. CACERES																		
	NODO 12				NODO 13				NODO 46				NODO 73					
	HORA 5:30 AM	HORA 10:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 6:00 AM	HORA 10:45AM	HORA 2:30 PM	HORA 6:00 PM	HORA 6:40 AM	HORA 10:45AM	HORA 3:55PM	HORA 9:10PM	HORA 7:25AM	HORA 12:55AM	HORA 5:10PM	HORA 7:10PM		
M	1.0	9.7	9.1	10.8	6.2	8.8	7.7	8.3	5.7	4.7	6.5	6.4	5.5	6.5	6.2	5.4	6.9	
A	2.0	9.5	9.3	8.6	7.5	8.7	7.0	8.8	7.0	5.6	6.5	6.8	4.7	6.6	6.0	5.2	3.0	
R	3.0	8.1	9.7	11.0	6.5	8.6	7.5	6.4	5.4	7.9	5.1	5.6	4.4	6.4	4.3	6.3	4.1	
Z	4.0	8.3	9.3	8.5	6.2	8.7	7.1	7.8	7.7	5.2	5.6	4.3	5.0	6.9	5.1	4.3	3.5	
O	5.0	8.2	9.2	10.1	7.4	8.3	6.9	7.9	6.2	6.9	5.6	6.3	5.2	5.7	5.7	6.6	2.3	
	6.0	9.8	9.2	9.3	6.1	8.1	6.9	7.8	7.3	4.9	5.3	5.1	4.2	6.4	3.2	6.9	5.5	
	7.0	9.3	9.7	10.1	7.3	8.6	6.7	8.2	5.7	4.4	6.6	5.3	5.5	5.2	4.6	5.8	5.9	
	8.0	9.7	9.7	9.1	8.0	8.8	7.9	8.6	8.0	5.4	6.0	4.5	5.8	6.7	4.0	4.9	3.2	
	9.0	8.7	9.1	9.2	7.1	8.2	7.0	8.4	7.7	4.8	6.6	4.7	5.8	5.1	6.6	6.5	3.5	
	10.0	9.3	9.8	8.3	6.7	8.4	7.9	6.5	5.5	7.8	5.2	5.2	6.7	5.1	4.0	4.3	4.2	
	11.0	8.0	9.1	9.0	6.8	8.2	7.0	7.3	7.8	6.6	5.5	5.9	6.2	5.4	3.6	5.6	6.2	
	12.0	9.1	9.5	10.0	7.7	8.1	6.8	8.3	5.4	7.3	6.7	6.4	6.4	5.4	4.3	6.4	3.3	
	13.0	8.1	9.1	8.0	8.0	8.3	6.8	8.0	5.2	7.2	5.0	4.3	6.7	5.4	5.0	6.4	4.2	
	14.0	9.4	9.7	8.1	6.7	8.1	6.3	7.4	5.1	7.3	5.1	6.9	5.4	6.7	5.3	7.4	3.8	
	15.0	9.2	9.9	8.8	7.0	8.6	7.1	6.3	5.3	5.4	5.6	4.6	5.9	5.4	5.7	6.8	5.3	
	16.0	8.9	9.2	10.4	7.1	9.0	7.5	6.0	7.1	6.4	5.2	6.7	6.4	5.8	4.4	5.0	2.9	
	17.0	8.2	9.2	8.4	6.4	8.8	6.4	7.9	6.1	5.8	6.0	4.3	4.9	6.2	5.8	4.2	4.8	
	18.0	8.5	9.6	9.3	7.0	8.4	6.5	7.0	6.7	4.7	6.8	4.7	4.2	5.9	3.2	6.1	4.7	
	19.0	8.3	9.7	9.4	7.3	8.6	6.9	8.4	5.8	6.6	6.8	6.5	5.9	5.5	4.2	6.7	4.3	
	20.0	9.4	9.5	10.1	6.1	8.8	7.0	6.3	7.5	8.0	6.5	6.3	6.7	6.8	5.7	6.6	6.0	
	21.0	9.6	9.4	8.8	7.7	9.0	7.9	8.2	7.3	5.8	5.5	4.6	4.3	5.4	6.4	7.7	2.4	
	22.0	9.5	9.7	9.3	6.8	8.0	7.7	6.7	6.3	5.2	6.2	5.9	5.1	5.5	6.3	6.7	6.7	
	23.0	8.0	9.2	8.4	6.7	8.9	7.2	8.3	7.9	5.2	6.2	5.5	5.2	7.0	3.9	4.0	4.0	
	24.0	8.3	9.2	8.7	7.1	8.5	6.3	8.3	6.0	4.3	6.9	5.9	4.5	6.3	6.5	5.5	3.0	
	25.0	9.1	9.1	9.1	7.0	8.4	7.1	6.0	5.8	7.9	5.8	4.5	6.6	6.4	4.1	5.8	3.9	
	26.0	9.6	9.9	8.7	6.4	9.0	7.6	7.8	5.2	6.6	5.9	4.9	5.5	5.6	4.5	7.3	3.7	
	27.0	8.5	9.3	8.6	8.0	8.8	7.3	8.1	6.2	5.6	6.8	5.9	5.0	6.6	3.8	7.6	2.8	
	28.0	9.2	9.6	10.5	6.2	8.1	7.5	8.6	6.8	6.6	5.3	6.1	5.5	5.4	6.7	5.0	6.8	
	29.0	8.7	9.0	9.6	6.9	8.1	6.3	7.8	6.2	6.5	6.4	6.4	5.6	6.7	5.6	4.4	3.9	
	30.0	8.9	9.1	10.8	7.0	8.8	7.1	6.8	5.1	5.1	6.2	4.7	4.2	6.2	5.7	4.1	4.3	
	31.0	8.8	9.8	10.1	6.9	8.7	7.5	8.0	6.7	6.1	6.6	5.3	5.2	5.5	3.7	7.3	6.6	
	MEDIAS HORARIAS	8.89	9.42	9.33	6.95	8.53	7.10	7.61	6.37	6.05	5.99	5.50	5.41	5.99	4.97	5.90	4.37	
	MEDIA MENSUAL	8.65				7.40				5.74				5.31				

Tabla 52: Presiones marzo - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.

PRESION REGISTRADAS -ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE ACORIA - AV. FERROCARRIL, PJE. ANDRES A. CACERES																	
	NODO 12				NODO 13				NODO 46				NODO 73				
	HORA 5:30 AM	HORA 10:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 6:00 AM	HORA 10:45AM	HORA 2:30 PM	HORA 6:00 PM	HORA 6:40 AM	HORA 10:45AM	HORA 3:55PM	HORA 9:10PM	HORA 7:25AM	HORA 12:55AM	HORA 5:10PM	HORA 7:10PM	
1.0	8.9	9.2	8.6	6.6	8.3	7.9	6.3	7.5	4.8	5.4	4.2	4.7	6.2	3.8	7.6	3.1	
2.0	9.9	10.0	10.3	7.2	8.2	6.3	7.2	5.4	4.5	6.8	4.3	5.7	6.6	5.8	5.2	6.9	
3.0	8.8	9.8	9.2	7.7	8.8	6.0	7.9	6.0	6.2	6.6	6.2	5.5	5.8	3.9	6.6	3.4	
4.0	9.5	9.5	9.8	6.4	9.0	6.7	6.6	5.0	8.0	5.3	6.0	6.9	6.9	4.8	7.7	5.7	
5.0	8.4	9.9	8.7	7.0	8.7	6.9	7.6	7.9	4.7	6.2	5.9	5.9	5.9	6.5	5.4	6.7	
6.0	9.1	9.6	9.6	6.8	8.2	7.5	6.4	5.1	6.1	5.9	5.4	4.9	6.3	5.0	8.0	6.7	
7.0	9.7	10.0	8.0	7.7	8.2	8.0	8.5	5.8	4.2	6.0	5.5	6.2	5.6	4.9	4.0	4.0	
8.0	9.0	9.8	9.5	6.7	8.8	7.1	7.9	7.1	6.7	6.4	5.6	4.5	6.0	4.0	6.8	3.5	
9.0	9.1	9.4	10.0	7.5	8.9	8.0	8.9	5.1	6.4	5.0	5.7	5.7	5.5	3.7	4.1	4.8	
10.0	8.8	9.5	8.2	7.6	8.2	7.2	8.9	7.0	4.6	6.2	6.8	5.5	6.1	6.1	7.0	2.9	
11.0	8.9	9.5	10.6	7.9	8.7	7.9	7.1	6.3	4.8	5.4	5.0	6.7	5.7	5.8	6.9	3.3	
12.0	9.6	9.8	8.5	8.0	8.5	7.4	8.6	6.5	7.9	6.9	6.1	6.0	6.3	4.1	6.7	3.4	
13.0	8.1	9.3	10.4	7.2	8.0	7.6	7.4	5.6	5.4	6.1	5.0	4.9	5.6	5.7	6.7	3.6	
14.0	10.0	9.2	10.5	6.8	8.2	7.4	7.5	5.7	6.8	6.2	7.0	4.9	6.0	7.0	4.4	2.8	
15.0	9.3	9.9	10.3	7.6	8.0	6.9	6.3	6.6	6.9	6.7	4.6	5.3	5.9	6.6	4.7	4.0	
16.0	8.0	9.1	10.1	7.9	8.2	6.9	8.2	7.5	7.2	7.0	6.8	4.4	5.2	6.2	6.3	3.7	
17.0	9.6	9.7	11.0	6.3	8.8	7.1	6.6	5.4	6.3	5.2	5.5	6.4	6.7	3.5	6.5	6.2	
18.0	9.5	9.4	8.5	6.7	9.0	7.2	7.5	6.2	6.8	6.4	5.4	4.4	6.6	6.1	6.2	2.3	
19.0	9.4	9.2	8.6	7.1	8.2	7.3	8.1	5.8	7.9	7.0	6.3	4.8	5.0	3.3	5.9	3.2	
20.0	8.2	9.7	10.5	6.9	8.4	7.6	6.9	5.4	7.6	5.4	5.1	6.9	6.7	3.9	6.7	5.3	
21.0	8.6	9.5	11.0	6.1	8.9	6.7	9.0	7.1	7.2	5.8	5.4	4.7	6.1	6.9	7.3	2.7	
22.0	8.6	9.6	9.0	7.2	8.3	7.4	7.5	6.6	5.8	6.2	6.2	6.3	6.9	4.9	4.0	3.7	
23.0	8.7	9.3	11.0	7.9	8.8	7.3	6.3	7.3	7.2	6.0	6.0	6.3	6.8	6.4	7.2	6.4	
24.0	8.4	9.7	10.9	7.3	8.3	7.1	7.5	6.0	4.1	5.3	4.4	4.1	5.5	5.3	6.1	4.2	
25.0	8.9	9.8	10.8	6.8	8.1	7.4	8.1	7.0	5.0	5.2	4.2	5.0	6.7	3.1	7.2	5.7	
26.0	8.5	9.1	10.7	7.1	8.9	6.1	8.9	5.1	4.3	6.0	5.6	4.3	5.2	6.2	7.0	4.6	
27.0	9.6	9.8	10.7	7.3	8.6	7.3	8.2	7.4	6.2	5.1	4.9	6.7	5.5	4.6	5.7	3.6	
28.0	8.2	9.7	9.9	7.1	8.2	6.8	6.6	6.8	6.3	6.9	5.9	6.7	6.6	5.2	7.4	2.8	
29.0	8.3	10.0	10.7	7.9	8.1	6.9	8.0	6.9	7.7	5.1	5.0	4.7	6.0	5.7	6.3	2.7	
30.0	8.2	9.2	9.2	7.7	8.3	8.0	7.4	6.2	6.7	5.6	4.5	4.1	6.5	4.7	6.7	2.1	
MEDIAS HORARIAS	8.92	9.57	9.82	7.18	8.46	7.19	7.59	6.31	6.13	5.97	5.48	5.43	6.07	5.12	6.28	4.13	
MEDIA MENSUAL	8.87				7.39				5.75				5.40				

Tabla 53: Presiones abril - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.

PRESION REGISTRADAS -ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE ACORIA - AV. FERROCARRIL, PJE. ANDRES A. CACERES																	
	NODO 12				NODO 13				NODO 46				NODO 73				
	HORA 5:30 AM	HORA 10:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 6:00 AM	HORA 10:45AM	HORA 2:30 PM	HORA 6:00 PM	HORA 6:40 AM	HORA 10:45AM	HORA 3:55PM	HORA 9:10PM	HORA 7:25AM	HORA 12:55AM	HORA 5:10PM	HORA 7:10PM	
1.0	8.4	9.4	8.3	6.6	8.8	6.3	6.1	6.9	5.0	6.7	6.0	4.3	6.0	5.0	7.6	3.5	
2.0	8.4	9.0	9.4	6.4	8.5	6.7	8.2	5.6	6.3	5.0	4.5	4.6	6.8	6.5	6.4	4.6	
3.0	8.6	9.9	10.1	7.9	8.2	6.6	8.7	5.8	5.8	6.9	4.3	5.2	6.1	4.4	4.5	4.0	
4.0	9.5	9.4	10.1	6.6	8.5	6.9	8.9	7.4	4.4	5.6	6.1	6.3	6.0	4.4	5.5	3.5	
5.0	9.4	9.6	10.1	6.9	8.6	6.6	8.2	5.8	7.9	5.5	4.6	5.3	7.0	7.0	7.7	6.8	
6.0	9.1	9.5	10.1	7.9	8.2	6.1	8.3	5.8	5.1	5.4	5.6	5.5	6.9	7.0	7.2	5.7	
7.0	8.1	9.2	8.6	7.8	8.2	7.3	6.2	7.8	5.6	6.2	6.3	5.9	5.6	5.6	5.4	2.7	
8.0	9.1	9.1	9.1	6.9	8.1	6.7	6.5	7.7	5.1	6.7	5.3	4.2	6.7	5.1	5.7	2.5	
9.0	8.9	9.3	8.0	6.3	8.9	6.5	7.2	7.3	6.2	5.1	6.4	4.4	5.8	5.3	6.9	6.5	
10.0	9.5	9.4	10.5	6.3	8.2	7.9	8.1	7.1	4.1	6.0	4.2	4.7	5.1	6.0	5.4	6.6	
11.0	8.3	9.8	9.4	6.3	8.7	6.3	7.0	5.7	4.3	5.3	5.8	5.5	6.6	5.7	6.8	2.6	
12.0	8.1	9.9	10.7	7.1	8.7	7.4	6.8	6.5	7.5	6.9	6.3	4.5	6.0	5.4	7.6	3.6	
13.0	8.2	10.0	10.3	7.4	8.1	7.9	6.4	6.5	7.2	5.5	6.6	5.7	7.0	4.6	5.7	2.2	
14.0	9.6	9.7	9.8	7.2	8.9	7.0	8.5	5.7	5.6	6.6	5.5	5.7	7.0	4.3	4.1	3.1	
15.0	9.7	9.8	9.1	8.0	8.2	7.7	6.7	7.8	7.7	6.1	4.4	6.6	6.4	4.4	5.1	4.2	
16.0	10.0	9.4	9.2	8.0	8.7	7.9	7.4	5.4	7.9	5.3	6.9	5.2	6.9	6.0	7.5	6.5	
17.0	9.9	10.0	9.8	7.4	8.3	7.7	7.9	5.7	7.5	5.7	6.9	6.5	5.1	5.4	4.1	5.8	
18.0	9.7	9.7	10.6	7.8	8.9	6.6	8.2	7.5	5.2	5.2	5.0	6.0	5.3	4.1	7.5	4.6	
19.0	9.2	9.5	8.4	7.8	8.4	6.3	6.1	6.6	6.3	7.0	5.8	6.9	5.0	5.0	7.4	5.6	
20.0	9.2	9.3	8.6	6.3	8.5	7.2	6.5	7.2	5.9	5.3	6.6	6.2	6.6	5.3	6.7	4.5	
21.0	9.3	9.6	9.7	7.6	8.8	7.7	6.4	6.9	7.6	6.5	5.6	5.9	5.6	5.8	5.5	5.4	
22.0	9.9	9.4	8.9	7.8	8.3	6.5	8.5	5.5	5.1	5.1	5.8	6.8	5.2	4.1	6.8	4.3	
23.0	9.9	9.0	10.8	7.3	8.6	7.0	6.3	5.2	6.3	5.5	4.2	4.6	6.0	5.6	4.8	4.1	
24.0	9.0	9.1	9.0	7.0	9.0	8.0	7.8	5.1	6.1	5.3	5.9	6.5	5.3	6.9	7.5	5.3	
25.0	8.9	9.7	8.3	6.8	8.4	6.7	7.2	6.9	4.4	5.9	4.1	5.4	5.4	4.9	4.2	3.6	
26.0	9.7	9.9	10.4	7.4	8.1	6.8	7.2	6.3	6.4	5.9	4.8	6.8	5.4	3.5	4.8	6.8	
27.0	9.1	9.1	10.3	7.1	8.9	7.8	6.5	5.9	4.6	5.2	5.6	6.3	6.1	4.2	7.2	3.5	
28.0	9.3	9.8	9.7	6.6	8.5	7.7	7.4	5.3	4.7	6.7	6.6	5.9	5.9	3.9	4.5	6.2	
29.0	10.0	9.1	10.5	6.9	8.2	6.9	8.0	5.6	4.3	6.3	5.0	6.8	5.7	6.2	6.6	5.9	
30.0	8.2	9.2	10.9	6.4	8.7	7.2	8.4	5.2	7.7	5.0	4.4	6.8	6.5	4.6	6.3	3.7	
31.0	8.8	9.9	11.0	7.9	8.6	7.8	6.8	7.0	5.4	6.3	5.5	5.5	6.3	4.3	4.5	5.9	
MEDIAS HORARIAS	9.12	9.50	9.67	7.15	8.50	7.08	7.36	6.34	5.91	5.86	5.50	5.69	6.05	5.17	6.05	4.64	
MEDIA MENSUAL	8.86				7.32				5.74				5.48				

Tabla 54: Presiones mayo - Av. Ferrocarril y Pje. Andrés A. Cáceres.

PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - PJE. LOS QUINUALES Y PJE. VIRREY TOLEDO																	
	NODO 41				NODO 42				NODO 58				NODO 07				
	HORA 6:00AM	HORA 11:00AM	HORA 3:00PM	HORA 7:00PM	HORA 6:30AM	HORA 11:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 9:00AM	HORA 12:00M	HORA 2:30PM	HORA 8:00PM	HORA 7:00AM	HORA 12:30M	HORA 4:00PM	HORA 8:30PM	
1.0	10.2	8.0	5.7	10.5	16.1	13.4	13.9	18.1	21.8	18.4	20.1	20.8	20.2	19.0	18.7	20.7	
2.0	9.7	5.5	6.1	11.2	17.7	12.3	13.3	15.0	20.2	20.9	18.2	20.4	21.4	19.7	19.7	21.7	
3.0	9.6	5.4	6.0	9.1	17.4	12.6	15.0	15.2	20.7	20.1	17.5	22.2	20.3	20.7	19.8	20.3	
4.0	9.4	6.7	5.1	9.9	16.3	13.9	14.4	18.4	20.8	21.6	18.3	21.1	22.9	20.9	18.6	20.6	
5.0	8.2	6.4	5.6	12.0	17.0	12.9	13.5	18.2	23.7	19.7	19.6	20.1	21.6	20.3	18.0	21.9	
6.0	10.6	5.4	6.8	10.2	15.3	14.0	13.7	19.0	23.7	19.1	19.7	20.9	21.8	19.6	19.4	22.3	
7.0	9.9	5.5	5.8	10.4	17.0	13.4	13.6	16.7	24.0	21.8	18.9	22.5	20.0	20.2	18.4	21.5	
8.0	10.8	6.0	6.1	11.2	16.8	12.9	14.3	17.4	21.5	19.0	18.3	23.0	22.9	20.9	18.8	21.4	
9.0	8.2	7.3	5.9	8.4	15.1	15.8	15.0	15.9	21.9	21.7	18.1	22.8	21.0	20.0	19.1	22.9	
10.0	10.4	7.3	6.6	11.1	17.9	13.2	13.1	16.3	23.7	18.5	18.9	22.5	22.9	20.0	19.1	20.8	
11.0	10.9	5.1	5.4	9.6	16.9	15.7	12.1	15.4	20.1	18.6	17.0	22.9	22.9	20.6	19.9	21.2	
12.0	10.3	7.9	5.3	11.9	17.8	14.3	13.6	16.1	23.8	19.7	20.4	21.1	20.8	19.7	19.4	21.2	
13.0	7.5	7.1	6.5	8.2	17.5	12.4	12.1	16.6	23.0	18.9	21.0	22.3	22.1	19.7	18.3	22.7	
14.0	9.9	7.6	5.1	11.6	17.8	15.0	12.2	15.0	22.9	18.3	18.8	22.5	20.5	19.3	19.1	21.6	
15.0	11.0	5.9	7.1	9.3	16.0	12.7	14.1	15.4	20.8	19.2	17.7	20.4	22.1	20.5	19.9	21.8	
16.0	9.3	5.6	5.9	9.9	16.1	15.3	13.6	18.5	22.0	18.4	18.0	20.0	20.9	20.8	19.9	21.2	
17.0	8.0	6.9	5.9	9.2	15.9	13.6	13.4	17.8	23.3	20.8	19.5	22.9	20.1	20.5	19.2	22.8	
18.0	8.6	5.6	5.2	10.3	17.0	14.8	14.4	15.9	21.9	21.7	21.0	21.9	22.8	21.0	19.3	22.4	
19.0	9.1	6.7	7.2	10.5	17.3	12.1	12.6	19.0	20.6	19.9	19.3	21.2	22.6	20.5	18.0	22.2	
20.0	10.2	5.1	7.9	8.7	16.6	14.6	13.4	15.4	22.1	20.3	20.1	21.9	21.1	20.4	20.0	20.8	
21.0	8.0	7.5	6.2	11.5	15.9	14.5	12.3	17.3	20.0	21.7	19.6	20.9	20.0	20.8	18.1	22.8	
22.0	8.7	7.4	6.2	8.7	16.0	14.9	13.1	17.8	23.2	19.2	19.9	20.2	21.9	20.5	20.0	20.6	
23.0	9.2	7.0	7.2	8.6	16.2	15.1	14.9	17.4	20.0	19.1	20.7	21.4	20.2	20.4	19.9	22.9	
24.0	10.5	6.5	7.8	11.7	17.2	15.8	12.4	18.6	23.6	20.9	21.0	22.3	21.9	19.6	19.8	20.3	
25.0	10.5	7.0	5.4	11.3	16.4	14.9	12.3	18.0	22.8	19.9	18.9	22.4	21.4	20.6	18.4	20.2	
26.0	7.8	7.2	5.5	10.4	16.7	15.1	12.7	17.4	21.1	21.6	19.9	20.2	20.2	20.3	19.0	20.1	
27.0	8.7	7.7	5.4	8.3	17.9	12.2	13.5	15.3	20.7	20.4	20.1	21.0	22.1	20.6	19.7	23.0	
28.0	9.5	6.4	7.9	8.3	18.0	13.9	14.4	17.1	21.4	18.1	18.9	21.9	22.8	19.4	19.5	21.6	
29.0	10.3	6.5	5.1	11.9	15.6	15.6	12.3	17.0	22.9	19.9	19.6	21.1	22.4	19.8	20.0	20.4	
30.0	8.7	5.8	7.6	10.3	17.0	15.5	13.9	17.9	20.7	18.2	18.5	22.4	22.1	19.1	19.5	21.8	
31.0	9.3	5.0	5.7	10.8	17.4	13.1	14.8	16.7	22.2	18.5	19.9	20.3	20.3	19.2	18.6	21.2	
MEDIAS HORARIAS	9.45	6.48	6.17	10.16	16.77	14.04	13.47	16.95	21.97	19.80	19.27	21.54	21.49	20.14	19.20	21.51	
MEDIA MENSUAL	8.06				15.31				20.65				20.58				

Tabla 55: Presiones enero - Pje. los quinuales y Pje. Virrey Toledo.

PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - PJE. LOS QUINUALES Y PJE. VIRREY TOLEDO																	
	NODO 41				NODO 42				NODO 58				NODO 07				
	HORA 6:00AM	HORA 11:00AM	HORA 3:00PM	HORA 7:00PM	HORA 6:30AM	HORA 11:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 9:00AM	HORA 12:00M	HORA 2:30PM	HORA 8:00PM	HORA 7:00AM	HORA 12:30M	HORA 4:00PM	HORA 8:30PM	
F	1.0	7.6	6.6	5.8	11.1	17.8	15.0	12.7	16.3	23.0	19.0	19.1	20.7	20.1	19.9	19.5	21.2
E	2.0	7.0	5.1	6.6	8.4	17.2	13.4	14.0	15.5	23.0	18.5	20.7	22.7	20.7	20.9	19.9	22.8
B	3.0	10.2	5.3	6.9	10.9	17.9	13.3	14.9	18.7	21.2	18.6	19.7	22.8	20.0	19.8	18.7	22.0
R	4.0	8.7	5.7	5.5	10.9	15.7	13.3	13.6	15.8	20.6	19.1	17.7	20.6	21.7	20.1	18.4	22.3
R	5.0	10.8	6.5	5.8	10.0	15.8	13.4	12.4	18.0	23.5	21.2	17.4	21.9	20.7	19.2	18.1	22.5
O	6.0	10.4	7.3	8.0	10.1	15.7	13.8	14.5	17.2	21.7	21.0	19.6	20.4	22.2	19.9	18.9	20.6
-	7.0	9.7	7.2	5.0	8.7	16.8	13.6	14.3	17.7	23.4	19.9	17.5	22.3	21.6	19.7	18.9	22.4
2	8.0	9.9	5.8	6.8	9.2	15.4	13.2	14.8	15.2	20.1	21.6	20.7	21.9	22.5	20.2	18.9	20.6
0	9.0	7.7	7.7	7.0	9.6	17.5	14.0	14.1	15.2	20.9	20.3	19.7	20.1	20.1	19.9	18.6	21.7
1	10.0	10.3	7.7	6.2	11.6	16.3	13.9	14.1	15.1	21.8	20.5	20.0	22.7	22.5	19.9	19.7	21.8
9	11.0	8.1	7.7	5.2	9.2	17.5	12.8	13.0	18.4	22.8	20.9	20.1	21.4	21.8	20.6	19.0	20.4
-	12.0	11.0	6.5	7.0	8.4	17.9	14.4	13.0	18.7	21.8	20.6	18.4	22.9	21.8	19.2	20.0	22.2
2	13.0	8.4	7.6	5.7	8.3	15.9	13.0	14.7	18.0	22.4	18.5	19.4	21.6	22.0	19.5	19.4	23.0
0	14.0	10.3	5.3	6.3	9.3	17.9	15.0	14.2	17.7	21.1	20.4	20.0	21.1	22.7	19.7	18.5	22.9
1	15.0	10.7	7.1	6.3	8.6	17.6	13.0	12.1	18.7	21.8	18.5	19.0	21.4	20.0	19.4	18.4	20.6
9	16.0	8.3	6.2	7.7	9.3	17.9	14.8	14.0	17.6	23.1	19.1	20.4	20.0	22.8	19.5	18.7	21.7
-	17.0	10.6	7.0	5.2	9.4	15.8	14.4	14.8	15.2	23.0	18.8	17.6	22.3	21.7	20.1	18.7	21.6
2	18.0	7.8	7.3	7.6	9.3	16.9	12.1	14.0	16.0	23.0	18.3	20.3	22.0	20.7	20.5	19.3	22.1
0	19.0	10.1	5.9	6.2	11.5	15.3	12.3	14.0	16.5	23.9	20.6	19.4	20.6	20.1	19.3	18.5	21.6
1	20.0	9.5	7.3	7.4	11.7	17.9	12.8	14.2	17.1	22.5	19.5	19.5	20.4	22.0	20.8	19.1	21.9
9	21.0	8.7	6.2	5.9	8.7	17.6	15.4	14.8	15.9	21.0	19.1	20.9	20.4	21.9	20.8	19.2	21.7
-	22.0	9.9	5.3	7.3	11.7	16.0	13.2	13.4	15.1	21.8	18.3	20.8	23.0	22.1	20.0	19.1	20.9
2	23.0	7.1	5.6	7.9	8.9	15.8	13.6	12.1	17.2	20.0	20.7	19.6	22.5	21.1	19.7	19.6	20.8
0	24.0	8.0	5.2	6.6	10.0	17.6	13.3	12.9	17.4	22.1	19.8	17.1	22.7	20.0	19.3	18.6	22.7
1	25.0	9.1	5.8	7.4	10.6	16.5	15.6	12.7	15.3	20.5	18.5	20.4	22.9	20.7	19.1	18.2	21.4
9	26.0	8.6	6.3	5.9	8.4	17.1	12.4	12.8	17.2	21.2	19.9	20.6	22.4	22.4	19.9	18.8	20.4
-	27.0	10.2	6.1	5.1	8.0	15.8	13.3	12.6	15.2	22.0	18.6	18.1	20.4	21.8	20.9	18.4	22.3
2	28.0	7.3	6.4	5.7	9.7	16.4	12.0	13.2	18.7	22.8	20.5	18.2	20.5	21.0	20.4	18.6	22.0
MEDIAS HORARIAS	9.14	6.41	6.42	9.68	16.78	13.59	13.63	16.80	22.00	19.65	19.34	21.59	21.38	19.93	18.91	21.70	
MEDIA MENSUAL	7.91				15.20				20.65				20.48				

Tabla 56: Presiones febrero - Pje. los quinales y Pje. Virrey Toledo.

M A R Z O - 2 0 1 9	PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - PJE. LOS QUINUALES Y PJE. VIRREY TOLEDO															
	NODO 41				NODO 42				NODO 58				NODO 07			
	HORA 6:00AM	HORA 11:00AM	HORA 3:00PM	HORA 7:00PM	HORA 6:30AM	HORA 11:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 9:00AM	HORA 12:00M	HORA 2:30PM	HORA 8:00PM	HORA 7:00AM	HORA 12:30M	HORA 4:00PM	HORA 8:30PM
1.0	9.2	5.6	5.7	9.1	16.9	15.9	12.6	16.1	20.7	20.3	17.3	21.2	20.5	19.2	19.6	22.9
2.0	9.2	5.9	6.0	9.9	17.7	14.6	12.5	15.7	20.5	20.4	20.1	21.9	21.1	20.2	20.0	20.3
3.0	8.8	7.0	7.3	9.7	15.8	13.4	12.4	17.3	20.4	21.2	20.6	21.6	22.0	20.0	18.1	20.2
4.0	7.7	5.1	6.1	8.4	16.6	14.2	13.3	15.9	22.6	18.6	19.8	22.0	20.6	19.8	19.9	21.2
5.0	8.5	6.7	6.7	9.5	15.6	12.9	14.4	18.1	23.4	19.2	20.7	20.8	22.6	19.7	19.3	21.3
6.0	10.9	5.8	7.4	8.2	15.1	14.2	13.5	15.7	21.0	20.0	19.3	22.5	21.3	19.0	18.9	21.6
7.0	8.9	6.8	6.0	8.4	16.7	12.9	14.8	16.5	23.4	19.0	20.7	20.1	22.6	19.0	19.5	21.3
8.0	7.9	5.3	7.5	10.4	16.6	15.8	12.7	17.9	20.7	20.2	20.7	21.1	20.6	20.5	18.8	21.7
9.0	8.9	5.7	7.8	11.2	17.8	13.3	14.7	16.5	24.0	21.4	18.5	22.2	22.3	20.3	18.0	21.7
10.0	9.2	7.8	6.6	9.9	16.6	15.6	12.2	16.0	20.1	18.1	20.5	20.0	20.2	20.7	19.1	20.4
11.0	10.8	5.9	7.4	11.9	16.9	15.5	13.8	16.4	21.1	21.9	21.0	21.0	21.5	19.2	19.5	22.5
12.0	9.4	6.9	7.0	10.3	17.1	12.6	14.7	16.2	22.1	19.9	19.2	22.6	22.5	20.6	19.5	21.1
13.0	10.4	5.8	6.3	10.0	17.9	14.8	14.6	18.4	23.0	18.4	19.2	22.6	20.5	19.7	19.0	22.6
14.0	8.8	5.0	5.1	11.4	15.8	14.9	12.2	17.5	20.7	20.5	19.3	20.9	20.4	19.3	18.8	21.6
15.0	8.4	5.7	5.3	8.6	18.0	15.6	13.2	18.8	22.0	19.0	18.2	20.3	22.6	19.7	19.2	20.2
16.0	8.9	6.9	5.4	11.9	16.1	13.1	13.6	16.4	20.8	19.1	21.0	23.0	21.9	19.4	19.9	20.5
17.0	9.4	7.3	5.6	10.8	16.8	13.3	14.5	17.1	21.6	21.3	20.3	21.7	21.2	20.1	18.9	20.2
18.0	10.7	7.6	7.6	10.5	16.7	13.1	12.7	15.0	22.6	20.2	18.5	21.0	22.7	20.1	18.2	20.9
19.0	8.9	5.7	6.1	10.6	15.3	12.4	12.4	17.6	22.2	18.3	20.2	21.3	21.0	19.8	18.9	20.2
20.0	10.8	7.7	6.7	9.0	15.3	12.6	14.1	18.9	20.2	21.4	17.6	22.9	20.9	20.7	19.3	22.3
21.0	10.1	6.6	6.6	9.3	17.7	14.7	14.2	18.4	23.3	20.8	19.5	20.3	22.0	19.7	18.3	20.1
22.0	10.9	7.3	5.8	11.7	17.2	12.2	13.1	17.2	22.5	19.5	20.1	22.7	21.7	20.1	18.7	21.0
23.0	9.1	6.8	5.5	9.8	16.1	15.2	13.6	17.8	20.6	18.8	20.4	21.9	22.2	20.8	19.8	22.5
24.0	7.5	5.3	5.6	8.3	16.4	12.5	14.8	16.9	21.6	18.2	20.0	20.9	21.7	20.5	19.5	22.0
25.0	7.8	5.0	5.3	11.1	15.5	13.8	15.0	16.4	23.9	20.5	17.2	22.5	20.2	20.2	18.3	20.5
26.0	11.0	6.1	7.0	9.6	16.4	13.2	13.2	15.2	22.7	19.4	20.0	22.1	20.8	20.8	19.7	20.2
27.0	7.5	7.8	5.6	11.2	15.1	15.9	13.6	15.6	23.3	20.0	17.8	20.1	20.3	19.7	18.5	22.1
28.0	9.8	5.3	7.2	10.6	17.6	12.6	13.7	17.2	21.3	19.7	17.8	21.9	20.9	19.7	19.7	22.1
29.0	9.6	5.2	6.0	9.1	17.8	12.9	14.3	17.0	21.8	21.6	19.1	20.1	22.3	21.0	19.9	21.3
30.0	7.6	7.0	7.1	10.2	15.3	15.9	13.3	15.9	22.5	20.6	20.8	20.1	21.3	20.7	19.2	21.4
31.0	9.0	7.3	7.3	11.4	18.0	14.8	12.8	16.9	23.8	19.5	19.8	22.0	20.6	20.2	19.1	20.6
MEDIAS HORARIAS	9.21	6.32	6.40	10.05	16.58	14.01	13.55	16.86	21.94	19.89	19.51	21.45	21.38	20.01	19.13	21.24
MEDIA MENSUAL	8.00				15.25				20.70				20.44			

Tabla 57: Presiones marzo - Pje. los quinales y Pje. Virrey Toledo.

	PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - PJE. LOS QUINUALES Y PJE. VIRREY TOLEDO																
	NODO 41				NODO 42				NODO 58				NODO 07				
	HORA 6:00AM	HORA 11:00AM	HORA 3:00PM	HORA 7:00PM	HORA 6:30AM	HORA 11:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 9:00AM	HORA 12:00M	HORA 2:30PM	HORA 8:00PM	HORA 7:00AM	HORA 12:30M	HORA 4:00PM	HORA 8:30PM	
A	1.0	7.5	6.4	6.9	10.1	15.0	14.7	14.0	18.6	23.4	18.2	17.1	21.9	21.5	20.0	19.8	21.7
B	2.0	7.6	5.8	5.6	8.6	17.0	15.5	12.9	16.1	23.6	19.5	20.5	20.9	21.9	19.5	18.3	20.3
R	3.0	10.7	5.2	5.4	9.2	15.1	13.1	12.5	17.8	22.8	21.0	17.3	20.5	21.7	20.7	18.5	22.1
I	4.0	7.5	5.9	6.0	8.9	15.8	13.7	14.4	18.5	22.1	18.5	20.9	21.1	21.2	20.5	20.0	22.5
L	5.0	10.8	6.5	6.8	10.6	16.8	12.1	14.8	15.8	20.8	21.6	19.1	20.7	22.1	19.2	18.9	20.6
-	6.0	8.2	6.6	7.8	10.2	16.8	15.7	14.7	15.9	21.7	19.7	19.0	22.3	21.6	19.7	19.5	20.5
2	7.0	10.2	5.7	6.3	9.5	15.9	15.4	13.8	15.9	21.0	21.3	18.1	20.1	22.2	19.8	18.2	22.5
0	8.0	9.7	6.9	7.7	8.1	16.9	13.7	12.4	16.1	20.9	19.0	18.7	22.5	22.0	20.3	19.8	20.9
1	9.0	8.0	6.5	5.4	10.8	16.1	14.6	14.6	17.1	21.9	21.4	17.4	21.4	22.1	20.0	19.3	22.3
9	10.0	9.1	7.5	7.4	11.2	16.8	14.1	13.3	16.8	23.2	18.4	20.9	21.5	22.2	20.9	18.3	20.5
	11.0	9.3	7.9	7.5	10.9	17.4	14.6	14.5	18.8	22.4	18.7	20.0	20.1	22.9	19.5	19.4	21.0
	12.0	10.7	7.2	5.8	8.1	16.6	13.7	12.6	17.3	20.5	19.3	17.3	21.3	21.8	20.9	18.6	20.5
	13.0	7.3	5.4	5.6	9.8	17.8	15.0	12.4	18.6	21.2	20.3	20.4	20.8	20.5	19.4	19.1	20.9
	14.0	9.9	6.3	5.4	9.9	15.2	13.3	12.9	17.9	23.8	19.1	20.1	20.1	20.5	20.7	18.6	21.8
	15.0	9.0	7.7	6.5	11.1	17.8	14.3	13.6	18.6	22.2	19.4	19.6	20.8	21.7	19.0	18.7	20.6
	16.0	11.0	8.0	6.8	11.3	16.7	15.9	13.9	18.5	23.9	19.9	18.8	20.8	22.2	19.2	18.4	22.9
	17.0	8.4	6.0	5.3	9.0	15.0	15.4	14.8	15.8	22.9	19.8	18.7	21.3	22.3	20.5	18.5	22.4
	18.0	9.0	5.1	7.3	9.9	17.6	15.5	14.0	17.1	21.4	19.4	17.8	22.3	23.0	19.8	18.1	22.1
	19.0	8.9	7.1	6.5	9.0	16.3	12.7	14.4	15.6	23.0	21.1	18.6	21.4	21.3	20.0	19.4	21.4
	20.0	7.7	6.6	7.9	11.2	17.8	14.8	12.9	15.6	21.3	21.6	18.4	21.5	22.0	20.3	19.5	22.5
	21.0	10.9	6.2	7.1	8.6	15.3	14.1	12.3	17.8	23.6	20.6	17.5	21.4	22.6	19.2	19.1	22.9
	22.0	7.6	7.0	7.4	10.6	15.3	13.2	13.8	16.3	20.1	20.0	19.0	22.5	20.4	20.3	18.9	21.8
	23.0	9.7	7.6	6.1	9.3	17.5	14.5	14.3	16.4	23.9	18.1	17.2	21.9	20.5	20.5	19.8	21.5
	24.0	9.7	6.0	5.6	10.8	15.9	15.3	13.0	15.0	23.2	21.7	18.3	21.8	22.7	19.4	18.8	22.2
	25.0	9.4	6.5	5.7	11.7	16.3	12.4	12.6	15.9	20.8	20.0	18.8	21.8	22.4	19.2	20.0	22.2
	26.0	9.0	6.0	6.5	8.5	16.2	15.3	12.4	18.2	22.9	18.9	19.6	21.1	20.8	20.0	18.2	21.8
	27.0	8.6	5.5	7.5	10.0	15.1	13.7	12.6	18.3	21.8	18.4	18.3	21.9	21.1	19.5	19.7	21.9
	28.0	7.4	6.3	7.2	8.8	17.9	14.3	13.4	16.5	23.0	21.6	18.1	21.7	22.7	20.9	19.3	20.5
	29.0	9.4	5.4	7.3	10.3	17.4	12.0	14.0	18.6	20.8	19.5	21.0	22.5	20.2	20.6	19.5	22.0
	30.0	8.2	8.0	5.3	8.3	17.9	15.2	13.5	18.6	20.4	19.6	20.6	20.8	21.7	19.0	18.4	21.2
MEDIAS HORARIAS	9.01	6.49	6.51	9.81	16.50	14.25	13.51	17.13	22.13	19.84	18.90	21.34	21.72	19.95	19.01	21.60	
MEDIA MENSUAL	7.95				15.35				20.55				20.57				

Tabla 58: Presiones abril - Pje. los quinales y Pje. Virrey Toledo.

M A Y O - 2 0 1 9	PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - PJE. LOS QUINUALES Y PJE. VIRREY TOLEDO															
	NODO 41				NODO 42				NODO 58				NODO 07			
	HORA 6:00AM	HORA 11:00AM	HORA 3:00PM	HORA 7:00PM	HORA 6:30AM	HORA 11:30AM	HORA 3:30PM	HORA 7:30PM	HORA 9:00AM	HORA 12:00M	HORA 2:30PM	HORA 8:00PM	HORA 7:00AM	HORA 12:30M	HORA 4:00PM	HORA 8:30PM
1.0	8.3	5.1	6.8	10.8	16.5	12.1	12.4	17.0	21.6	20.5	19.1	23.0	21.8	19.7	18.9	20.4
2.0	9.5	6.6	6.6	9.6	15.6	12.5	12.7	15.8	23.7	21.2	19.0	22.0	21.2	20.7	18.1	20.7
3.0	9.5	6.3	7.2	9.2	17.3	12.2	14.8	15.7	22.2	20.0	19.6	20.7	20.0	19.6	18.3	20.7
4.0	9.2	7.6	5.1	9.9	17.6	13.1	14.9	15.1	21.8	21.5	20.8	21.5	21.7	19.9	18.7	20.6
5.0	7.5	7.9	5.4	9.3	18.0	14.6	13.6	17.7	22.7	21.0	18.4	22.0	22.3	20.7	19.4	21.5
6.0	10.3	5.2	8.0	8.1	15.2	15.1	14.1	17.8	20.4	18.8	19.3	20.7	21.9	20.9	18.9	22.4
7.0	8.8	6.3	7.6	12.0	17.2	13.5	14.5	17.7	23.9	20.0	18.2	20.9	20.1	19.3	18.3	20.5
8.0	10.0	6.2	6.2	8.7	17.5	15.2	13.4	18.7	20.6	18.2	20.0	22.6	22.2	19.7	18.8	20.3
9.0	8.0	6.6	6.4	11.4	15.4	14.8	13.3	15.5	23.3	19.9	18.0	21.4	22.8	19.5	18.4	21.2
10.0	7.3	5.2	5.2	8.5	15.3	15.9	12.9	17.7	20.2	19.5	17.0	20.9	21.4	20.6	18.5	21.0
11.0	10.5	7.8	6.0	10.3	15.6	14.7	12.5	16.6	22.5	18.6	19.1	21.6	22.5	20.9	19.4	23.0
12.0	9.5	7.5	7.0	11.1	15.4	14.2	12.0	18.6	23.9	22.0	17.5	22.2	22.1	20.8	19.8	21.0
13.0	7.6	6.2	7.2	9.8	16.0	13.6	14.5	16.3	20.5	21.0	17.5	22.8	22.7	20.7	18.2	20.5
14.0	8.5	5.0	6.2	11.0	17.6	13.5	12.6	18.4	20.6	19.4	20.5	22.0	21.4	19.9	19.6	22.7
15.0	10.2	6.1	7.5	8.5	16.3	12.2	14.1	15.3	20.3	21.4	17.1	21.6	20.9	20.7	19.6	20.7
16.0	9.7	5.0	7.8	11.2	15.6	13.3	14.6	15.4	21.8	20.3	18.3	22.6	22.2	20.4	18.6	22.7
17.0	9.1	5.3	7.5	9.8	17.2	12.4	14.4	18.4	24.0	18.6	20.2	20.3	21.4	20.6	19.9	20.5
18.0	10.8	7.2	5.1	8.8	16.7	14.5	13.6	18.4	20.3	21.2	17.5	21.7	20.0	19.9	18.9	21.5
19.0	7.3	7.2	6.9	9.9	17.9	15.5	13.2	15.3	20.1	20.1	17.9	20.4	21.4	19.5	18.7	21.4
20.0	9.3	7.4	7.8	10.2	16.8	14.0	13.3	18.8	22.3	20.0	20.8	21.5	20.0	20.6	18.6	21.9
21.0	9.8	6.2	6.7	10.9	15.7	14.8	14.7	16.2	22.3	18.3	19.5	21.9	20.7	19.5	19.0	22.0
22.0	7.9	5.5	7.7	9.8	15.6	13.6	14.9	15.8	20.3	20.5	17.6	21.4	21.3	19.2	18.6	20.6
23.0	8.2	7.4	5.9	9.2	15.4	14.1	14.1	17.1	22.8	20.5	20.9	22.5	21.1	20.4	18.6	22.6
24.0	10.1	7.3	7.2	10.2	15.4	12.6	13.5	15.5	23.7	21.1	18.4	20.9	22.1	20.0	19.4	22.4
25.0	7.1	6.3	7.3	9.6	15.0	13.9	12.1	18.8	22.2	18.1	18.3	21.9	23.0	19.9	19.4	21.0
26.0	10.3	6.3	6.9	11.5	17.4	15.8	13.9	17.0	22.6	21.5	18.6	22.6	21.4	19.2	19.0	22.1
27.0	7.9	5.5	6.8	9.2	16.7	14.3	14.5	17.0	20.8	18.4	17.4	20.7	22.3	19.7	19.2	21.6
28.0	9.0	7.7	6.6	9.1	17.5	12.2	14.9	17.9	23.0	18.2	20.6	21.3	22.0	20.2	18.6	22.3
29.0	10.7	7.2	6.7	9.0	15.8	12.7	13.4	19.0	23.4	20.2	18.9	20.8	22.9	20.2	18.8	20.5
30.0	9.5	7.2	7.8	10.2	16.9	14.6	13.8	18.5	22.1	21.8	17.9	21.2	22.0	20.6	19.9	20.7
31.0	9.3	6.3	7.8	11.3	17.0	14.8	14.4	16.8	22.3	20.8	18.7	20.6	22.8	19.1	19.1	21.4
MEDIAS HORARIAS	9.05	6.46	6.81	9.93	16.42	13.88	13.73	17.09	22.00	20.08	18.80	21.56	21.67	20.08	18.94	21.36
MEDIA MENSUAL		8.06				15.28				20.61				20.51		

Tabla 59: Presiones mayo - Pje. los quinuales y Pje. Virrey Toledo.

PRESION REGISTRADAS - ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - JR. ÑAHUINCOPA Y JR 09 DE DICIEMBRE																	
	NODO 82				NODO 81				NODO 8				NODO 9				
	HORA 5:00AM	HORA 10:45AM	HORA 3:15PM	HORA 8:15PM	HORA 5:30 AM	HORA 10:15AM	HORA 2:15PM	HORA 6:15PM	HORA 6:35AM	HORA 10:35AM	HORA 3:45PM	HORA 9:00PM	HORA 7:15AM	HORA 12:45AM	HORA 5:00PM	HORA 7:00PM	
E N E R O - 2 0 1 9	1.0	29.2	32.4	30.0	34.5	21.9	22.8	20.4	25.0	33.4	29.5	29.2	26.3	29.9	22.3	30.2	24.7
	2.0	27.3	32.6	28.2	32.2	23.0	20.5	14.2	22.2	30.2	30.1	29.6	31.4	29.7	25.9	30.8	21.7
	3.0	35.5	33.9	22.4	32.4	19.8	21.0	17.7	21.4	32.1	29.3	29.0	32.3	29.7	22.7	30.3	29.0
	4.0	25.3	31.9	21.1	33.6	24.8	22.3	14.3	24.1	31.3	31.9	30.0	25.5	30.5	25.3	29.4	33.5
	5.0	28.3	32.0	31.4	33.8	21.4	20.0	15.4	23.2	33.6	29.0	30.2	30.8	29.8	24.2	30.3	23.4
	6.0	33.1	31.8	29.6	34.8	23.4	22.6	21.3	21.8	26.0	30.1	30.7	28.0	30.1	26.6	29.1	32.5
	7.0	25.9	31.2	29.2	33.8	17.5	23.0	13.3	24.2	26.0	30.1	28.8	27.0	29.7	22.2	29.9	27.2
	8.0	27.3	33.3	30.8	34.9	17.9	20.7	21.8	21.8	32.6	31.4	30.8	25.5	30.2	23.8	30.6	23.2
	9.0	31.3	31.8	30.4	34.9	24.9	22.1	14.1	24.4	32.3	31.9	29.7	27.3	30.0	28.8	30.0	28.0
	10.0	28.8	32.2	25.6	33.8	19.9	22.9	17.1	24.6	31.6	31.8	29.2	27.1	30.4	24.2	30.8	22.3
	11.0	32.7	31.1	25.2	33.1	18.0	21.9	21.7	21.2	26.5	31.4	29.8	28.3	30.2	23.1	29.9	33.4
	12.0	35.6	31.6	26.2	33.9	17.5	21.5	15.0	22.1	27.2	30.0	30.1	33.4	29.6	28.8	29.1	30.4
	13.0	29.8	33.9	23.6	33.2	17.3	21.7	20.4	23.8	28.1	29.4	31.0	33.7	29.1	27.1	30.6	21.8
	14.0	31.5	32.4	31.3	33.9	24.2	22.1	16.4	21.8	33.8	29.7	29.3	31.6	29.3	28.3	30.1	23.9
	15.0	33.6	33.9	21.9	32.7	20.6	22.0	18.2	22.3	33.5	29.2	29.8	34.3	30.8	26.1	29.9	33.2
	16.0	30.9	32.2	25.9	32.8	19.9	22.0	16.8	22.7	26.3	29.7	29.6	34.7	29.5	28.1	30.1	27.8
	17.0	24.9	34.0	23.3	32.9	20.2	20.5	18.9	23.9	28.1	30.1	29.3	28.4	30.5	28.3	29.6	19.1
	18.0	25.6	32.9	32.8	32.7	23.9	21.8	13.1	22.5	33.2	29.6	30.5	32.9	30.8	29.9	30.0	33.8
	19.0	33.9	33.7	26.8	33.8	22.4	22.7	17.4	21.1	27.5	30.8	29.0	28.4	30.8	29.4	29.9	33.9
	20.0	25.5	31.8	27.6	32.0	21.8	21.9	18.0	21.4	27.6	29.6	28.4	30.0	30.3	26.3	30.0	19.4
	21.0	29.4	33.3	25.3	34.2	17.3	20.3	15.4	22.3	31.8	31.0	30.3	29.3	30.8	29.9	30.0	32.5
	22.0	30.0	33.0	23.3	34.3	22.1	20.7	20.6	23.7	32.3	29.6	28.2	31.2	30.2	24.2	29.2	25.6
	23.0	25.6	33.3	27.1	34.2	22.8	21.6	18.8	22.1	27.5	31.8	28.1	32.6	29.6	28.9	30.9	33.2
	24.0	31.7	33.8	29.2	34.9	18.4	21.4	13.9	22.8	28.7	29.8	29.7	27.6	29.7	25.9	30.7	30.9
	25.0	33.9	32.2	30.6	34.0	19.4	21.6	14.7	25.0	26.5	31.7	28.5	25.4	29.2	25.4	30.9	21.3
	26.0	26.4	32.3	26.9	34.6	21.3	20.6	14.6	22.4	32.0	32.0	30.4	25.3	30.4	24.6	29.5	28.4
	27.0	27.4	31.5	26.9	33.6	24.9	22.0	20.2	23.9	29.8	29.2	28.9	25.9	31.0	27.5	29.1	30.4
	28.0	31.7	31.6	32.5	32.9	24.9	20.3	13.8	24.1	27.8	31.3	29.5	33.6	29.1	24.9	30.2	20.8
	29.0	30.8	34.0	26.2	34.0	18.0	20.4	16.0	23.7	34.0	30.2	28.8	25.6	30.1	23.6	30.3	27.4
	30.0	35.8	31.8	30.0	34.9	21.7	22.5	21.1	23.8	26.8	29.4	31.0	35.0	29.7	28.1	30.4	22.5
	31.0	26.5	33.8	26.0	34.0	17.7	22.5	13.2	22.8	32.9	30.4	30.6	28.3	30.1	25.8	29.8	26.1
MEDIAS HORARIAS	29.83	32.62	27.34	33.73	20.92	21.61	17.02	22.97	30.03	30.35	29.60	29.57	30.03	26.13	30.05	27.12	
MEDIA MENSUAL	30.88				20.63				29.89				28.33				

Tabla 60: Presiones enero - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.

F E B R E R O - 2 0 1 9	PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - JR. ÑAHUINCOPA Y JR 09 DE DICIEMBRE															
	NODO 82				NODO 81				NODO 8				NODO 9			
	HORA 5:00AM	HORA 10:45AM	HORA 3:15PM	HORA 8:15PM	HORA 5:30 AM	HORA 10:15AM	HORA 2:15PM	HORA 6:15PM	HORA 6:35AM	HORA 10:35AM	HORA 3:45PM	HORA 9:00PM	HORA 7:15AM	HORA 12:45AM	HORA 5:00PM	HORA 7:00PM
1.0	33.4	33.0	23.5	33.1	19.9	20.9	16.4	22.6	29.2	29.8	30.8	34.7	30.8	22.3	30.4	22.5
2.0	30.4	33.5	23.3	34.0	23.4	20.6	20.4	22.1	32.8	30.8	30.9	25.9	30.1	23.4	30.1	25.6
3.0	24.3	32.7	27.2	33.8	22.3	20.9	21.7	24.9	30.4	29.8	28.3	26.0	30.5	29.8	29.3	22.2
4.0	34.4	31.6	29.8	32.9	18.3	22.7	13.1	24.1	31.5	30.5	28.9	32.0	30.7	28.5	29.9	24.5
5.0	25.8	34.0	30.7	34.8	23.7	21.8	19.5	24.9	27.3	29.7	28.5	32.9	30.8	22.2	29.7	33.8
6.0	33.4	33.3	23.8	34.9	20.0	21.6	19.9	23.8	27.9	31.0	28.1	32.9	29.3	23.4	29.7	28.8
7.0	33.9	32.4	22.6	33.6	24.3	22.1	19.5	24.2	28.3	30.8	29.8	25.4	30.0	22.8	29.6	31.7
8.0	31.3	33.1	31.0	34.8	18.9	21.4	17.8	22.5	28.7	30.3	29.0	30.2	30.7	28.2	29.4	30.6
9.0	27.6	31.1	25.0	33.5	21.8	22.4	16.9	23.2	33.2	30.3	30.8	31.7	30.8	29.5	30.4	20.1
10.0	31.9	31.6	25.2	34.5	18.7	22.4	15.4	24.8	30.0	31.3	28.2	28.1	30.4	26.1	30.2	31.8
11.0	34.4	33.8	21.4	33.1	23.7	21.5	20.5	21.3	27.1	29.6	28.5	25.5	29.5	22.4	29.4	22.1
12.0	28.5	33.9	24.9	33.2	23.2	20.3	16.0	23.6	28.1	29.6	30.3	28.4	29.7	26.2	30.4	28.4
13.0	33.7	31.5	31.8	34.8	23.8	21.9	21.1	23.7	33.8	30.4	29.4	31.2	29.1	26.3	29.3	32.7
14.0	35.7	33.3	24.8	32.7	21.8	21.6	18.9	21.4	27.3	29.4	30.1	28.3	29.0	27.6	29.9	29.7
15.0	28.7	33.5	28.2	32.8	23.9	22.0	14.4	23.1	26.8	29.0	29.7	27.1	30.7	27.2	29.1	29.9
16.0	24.2	31.4	21.5	32.5	19.9	22.1	20.6	21.1	29.4	31.3	30.7	31.0	30.2	27.2	29.3	33.5
17.0	24.2	31.7	23.6	33.4	23.6	20.5	15.4	22.8	32.7	30.2	28.1	25.3	29.4	27.4	30.1	25.1
18.0	29.3	32.6	31.0	34.7	22.5	21.3	14.1	24.8	31.8	29.2	30.7	28.5	30.4	28.4	30.4	22.0
19.0	30.6	31.6	31.3	33.5	23.3	20.8	20.4	21.6	32.8	31.3	30.2	27.9	29.1	22.9	29.1	24.6
20.0	27.3	32.8	30.9	32.8	22.7	20.3	20.7	22.9	26.2	31.6	30.9	32.5	29.7	23.9	30.0	29.2
21.0	31.6	34.0	29.7	33.1	24.5	20.1	21.7	22.1	29.7	30.5	30.6	27.4	30.5	23.3	29.6	19.8
22.0	31.7	33.1	27.3	34.5	18.7	20.1	17.4	24.8	27.2	30.8	30.7	30.9	29.4	24.7	30.6	30.2
23.0	27.5	32.3	32.2	33.9	18.8	21.6	16.6	23.2	31.9	30.4	29.2	31.7	29.7	22.1	29.4	29.5
24.0	28.8	33.7	31.3	34.5	23.6	22.0	17.4	24.8	26.5	30.6	28.9	26.3	29.4	28.8	29.2	22.6
25.0	33.8	33.2	26.0	33.6	17.4	22.7	17.8	23.0	31.4	29.3	30.9	29.6	30.5	27.7	30.8	30.0
26.0	27.4	33.7	28.9	33.9	17.1	20.1	13.6	25.0	28.1	29.3	29.2	27.5	29.6	24.0	29.5	28.8
27.0	24.7	32.5	21.2	32.7	23.2	22.9	13.5	24.9	32.8	29.3	30.9	32.7	29.9	27.6	30.4	19.5
28.0	28.5	32.7	26.7	32.1	19.1	21.2	14.8	23.8	33.5	31.8	30.1	30.5	30.6	25.9	30.6	28.5
MEDIAS HORARIAS	29.88	32.76	26.95	33.62	21.49	21.42	17.70	23.38	29.87	30.28	29.72	29.36	30.01	25.70	29.84	27.05
MEDIA MENSUAL	30.81				21.00				29.80				28.15			

Tabla 61: Presiones febrero - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.

M A R Z O - 2 0 1 9	PRESION REGISTRADAS - ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - JR. ÑAHUINCOPA Y JR 09 DE DICIEMBRE																
	NODO 82				NODO 81				NODO 8				NODO 9				
	HORA 5:00AM	HORA 10:45AM	HORA 3:15PM	HORA 8:15PM	HORA 5:30 AM	HORA 10:15AM	HORA 2:15PM	HORA 6:15PM	HORA 6:35AM	HORA 10:35AM	HORA 3:45PM	HORA 9:00PM	HORA 7:15AM	HORA 12:45AM	HORA 5:00PM	HORA 7:00PM	
1.0	24.1	32.2	28.0	35.0	21.0	21.2	14.2	21.3	27.8	31.8	30.6	32.3	30.7	28.8	29.9	22.9	
2.0	29.1	33.6	22.9	32.3	21.6	20.7	20.1	22.3	31.9	30.7	28.2	30.2	29.1	22.8	30.7	27.3	
3.0	35.1	33.3	21.5	32.4	17.2	22.0	15.2	21.8	30.1	31.3	29.7	29.4	30.0	26.4	29.8	22.0	
4.0	31.6	31.9	28.8	32.5	19.1	22.0	18.4	22.1	26.5	29.0	29.2	31.6	30.4	28.5	29.6	30.3	
5.0	25.2	32.1	29.4	34.9	19.7	22.0	20.0	24.0	31.8	30.2	30.6	34.2	30.6	25.1	30.0	21.0	
6.0	24.8	33.1	25.0	33.7	22.0	22.6	17.5	24.1	28.1	29.4	29.7	33.8	29.2	29.3	30.6	19.5	
7.0	26.0	33.4	21.9	33.1	17.5	22.1	19.0	24.0	30.1	31.0	30.0	29.8	30.9	22.1	30.6	32.0	
8.0	34.3	32.2	31.8	35.0	19.0	22.3	19.0	22.8	31.5	29.7	28.4	25.4	30.0	30.0	30.6	33.5	
9.0	32.4	31.4	28.2	32.8	24.1	20.2	20.6	23.8	28.0	31.3	29.1	30.2	30.8	24.3	30.0	31.7	
10.0	31.5	33.0	23.0	34.3	21.8	21.0	21.0	22.1	27.1	30.9	28.8	33.0	30.2	29.7	31.0	23.5	
11.0	32.1	32.7	30.3	33.6	17.1	21.4	20.1	23.4	33.5	31.7	30.4	34.4	29.9	27.7	29.2	22.3	
12.0	32.9	32.3	21.3	33.3	17.6	22.3	18.5	25.0	33.9	30.7	28.6	30.2	29.2	24.5	29.7	30.5	
13.0	33.6	33.7	28.6	32.5	23.9	22.6	17.4	23.8	26.6	29.7	29.1	33.0	30.5	22.8	30.8	33.9	
14.0	30.3	32.3	32.4	34.4	19.0	22.1	19.2	21.4	26.2	30.6	29.0	32.6	30.8	28.5	30.3	21.6	
15.0	29.6	33.3	30.0	32.6	24.3	20.4	20.4	21.0	33.7	30.1	30.6	29.3	30.5	24.0	30.1	26.4	
16.0	32.4	31.3	21.1	34.8	25.0	21.6	21.3	24.6	32.8	30.7	30.5	30.0	30.1	23.9	29.6	28.3	
17.0	29.8	31.4	28.4	34.1	17.7	21.7	21.2	24.3	27.6	29.8	28.4	28.7	29.8	29.8	29.1	22.5	
18.0	29.5	33.8	30.8	34.0	17.5	21.3	13.2	22.4	33.2	30.7	30.5	27.2	30.3	28.1	30.7	33.4	
19.0	27.6	32.5	31.7	34.8	20.5	22.0	13.0	23.1	27.4	30.5	28.0	30.7	30.3	22.9	29.7	22.6	
20.0	30.8	33.6	32.8	34.9	23.8	22.8	16.9	23.1	32.4	30.9	30.7	31.4	29.1	22.6	30.1	25.2	
21.0	32.1	33.6	24.7	34.6	17.9	22.8	16.7	23.6	27.0	30.2	29.7	27.8	30.3	26.5	30.7	32.4	
22.0	31.2	33.7	31.6	32.4	24.2	22.1	14.1	24.4	33.5	31.1	30.7	32.2	30.4	27.2	30.2	24.5	
23.0	27.7	33.4	32.8	32.8	22.6	20.4	18.1	22.5	28.6	31.7	30.1	29.4	30.2	22.7	29.3	20.4	
24.0	33.4	31.6	31.2	32.3	22.9	22.7	16.3	22.1	28.2	32.0	29.4	28.7	30.4	25.1	30.8	26.4	
25.0	29.8	32.1	31.6	32.9	23.3	22.7	14.4	24.9	26.0	29.6	29.0	33.1	30.4	23.7	30.7	31.7	
26.0	25.7	33.5	29.2	34.4	19.2	22.2	13.9	22.7	33.9	29.9	29.9	34.1	29.2	29.5	29.2	31.1	
27.0	29.0	32.9	32.9	32.5	20.4	22.7	18.0	21.4	28.8	31.7	29.0	33.6	30.8	28.0	29.2	32.1	
28.0	28.2	31.4	31.7	33.2	19.7	22.3	13.3	24.2	33.8	30.9	28.6	30.2	30.0	28.1	29.5	33.7	
29.0	30.0	32.3	30.1	34.8	22.5	21.4	19.5	22.9	31.3	31.5	28.7	32.1	30.9	28.7	29.4	31.1	
30.0	26.6	33.1	24.3	34.5	19.8	22.3	18.8	21.9	28.7	31.7	29.7	28.1	30.0	27.7	29.8	30.6	
31.0	32.4	32.5	26.2	32.4	21.0	22.7	13.8	21.3	30.7	32.0	29.2	25.6	29.5	30.0	30.9	32.0	
MEDIAS HORARIAS	29.95	32.68	28.20	33.60	20.74	21.89	17.52	22.98	30.02	30.73	29.48	30.72	30.14	26.41	30.06	27.63	
MEDIA MENSUAL	31.11				20.78				30.24				28.56				

Tabla 62: Presiones marzo - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.

PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - JR. ÑAHUINCOPA Y JR 09 DE DICIEMBRE																
	NODO 82				NODO 81				NODO 8				NODO 9			
	HORA 5:00AM	HORA 10:45AM	HORA 3:15PM	HORA 8:15PM	HORA 5:30 AM	HORA 10:15AM	HORA 2:15PM	HORA 6:15PM	HORA 6:35AM	HORA 10:35AM	HORA 3:45PM	HORA 9:00PM	HORA 7:15AM	HORA 12:45AM	HORA 5:00PM	HORA 7:00PM
1.0	25.7	33.1	22.8	33.3	23.5	20.3	14.1	24.6	26.6	29.2	28.9	32.3	29.5	29.3	29.6	21.1
2.0	34.7	31.4	24.4	32.4	17.4	21.5	13.6	24.0	32.1	30.0	28.8	30.2	30.3	26.8	30.5	32.1
3.0	26.4	32.3	30.7	33.9	18.3	21.9	17.8	21.2	30.5	31.4	29.6	28.0	29.9	26.4	29.3	24.6
4.0	27.6	33.6	22.7	34.0	20.0	21.8	17.7	22.6	30.4	30.7	28.6	27.7	30.1	25.4	29.3	22.2
5.0	24.7	31.3	31.7	32.7	22.6	21.4	16.4	24.1	31.1	30.3	28.5	30.1	31.0	23.9	29.3	31.9
6.0	30.7	31.9	21.0	34.3	23.6	23.0	19.0	21.3	31.9	31.5	29.8	32.4	29.3	24.0	30.4	29.9
7.0	30.5	31.2	25.6	34.6	17.2	21.3	15.5	24.3	30.8	30.6	30.5	29.9	29.4	24.0	30.7	31.3
8.0	34.1	33.9	23.4	33.4	24.4	22.0	15.5	23.3	31.7	31.0	30.6	28.0	29.9	22.5	30.9	24.1
9.0	24.6	32.8	22.6	32.1	17.3	20.9	20.7	24.9	30.8	29.4	29.3	33.3	30.1	24.4	29.8	30.7
10.0	27.6	31.1	27.0	34.3	20.2	21.9	20.3	23.2	32.6	30.4	29.6	26.1	30.3	25.1	30.7	32.5
11.0	32.5	31.1	29.0	32.4	18.9	20.0	18.1	21.6	29.6	31.4	29.9	32.5	30.7	23.8	29.5	19.7
12.0	32.7	31.5	27.4	33.3	22.3	22.3	20.2	23.9	28.6	30.4	28.9	30.3	30.3	28.6	29.3	25.9
13.0	27.6	33.7	24.9	33.9	20.3	20.9	19.2	24.3	29.6	31.8	28.5	33.0	30.0	29.9	30.1	21.4
14.0	29.0	31.2	21.2	32.3	17.2	21.1	17.2	22.1	28.5	29.9	29.0	28.7	30.1	28.0	30.9	28.5
15.0	30.3	31.1	29.1	34.5	22.5	21.6	20.8	21.8	28.6	30.1	29.5	25.0	30.5	25.3	30.3	28.8
16.0	31.5	32.2	30.8	35.0	21.8	22.4	20.6	23.1	31.7	30.6	28.1	32.5	29.2	27.3	31.0	25.5
17.0	35.7	32.8	29.3	33.6	19.8	20.2	14.3	24.2	29.9	30.7	28.9	33.6	30.8	25.9	29.7	19.3
18.0	34.9	33.8	25.4	34.1	18.7	20.3	20.7	24.0	29.9	31.1	30.6	28.8	29.2	26.7	30.5	19.1
19.0	33.0	31.4	31.9	34.9	17.6	20.2	21.3	23.7	31.2	29.6	28.9	31.2	30.2	22.7	30.8	31.0
20.0	26.6	32.7	26.7	34.0	23.8	22.2	17.2	22.1	29.5	29.9	29.3	26.9	30.7	26.4	30.4	33.3
21.0	26.7	33.9	21.8	33.6	17.1	22.0	17.7	24.1	30.9	31.5	30.8	34.2	30.0	23.0	29.4	24.4
22.0	35.4	33.4	28.9	32.9	18.7	22.4	19.3	21.7	33.3	31.9	29.6	26.3	30.0	27.7	29.2	25.5
23.0	34.8	33.0	21.9	32.1	23.1	21.8	16.5	24.7	30.7	31.3	29.4	28.8	29.7	27.3	29.5	30.9
24.0	27.7	33.8	24.1	34.7	21.6	21.2	19.4	21.7	31.0	30.3	30.4	26.0	29.6	23.9	29.9	23.1
25.0	25.7	32.3	32.9	33.7	17.2	20.4	14.6	24.0	33.5	31.0	30.8	34.7	30.7	29.3	29.6	23.2
26.0	35.1	33.9	25.6	32.2	20.6	20.5	16.3	23.8	28.0	30.3	29.8	27.1	29.3	29.8	30.6	20.8
27.0	30.9	32.6	24.0	33.2	18.8	21.8	20.3	24.5	31.4	30.4	28.7	25.9	29.8	26.1	30.1	22.1
28.0	35.0	33.5	32.9	33.7	19.5	20.6	20.8	21.5	31.0	31.2	29.7	27.3	29.7	23.9	30.4	31.6
29.0	26.0	33.2	24.3	33.2	24.0	22.9	15.0	23.0	26.0	30.7	30.8	28.0	29.3	29.3	30.7	33.0
30.0	27.0	32.3	24.2	32.5	22.5	22.5	17.8	21.8	32.6	31.7	30.7	32.1	30.0	29.3	29.1	27.7
MEDIAS HORARIAS	30.14	32.53	26.26	33.48	20.35	21.44	17.93	23.17	30.46	30.68	29.55	29.69	29.98	26.20	30.05	26.50
MEDIA MENSUAL	30.60				20.72				30.09				28.18			

Tabla 63: Presiones abril - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.

PRESION REGISTRADAS -ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE ACORIA - JR. ÑAHUINCOPA Y JR 09 DE DICIEMBRE																	
	NODO 82				NODO 81				NODO 8				NODO 9				
	HORA 5:00AM	HORA 10:45AM	HORA 3:15PM	HORA 8:15PM	HORA 5:30 AM	HORA 10:15AM	HORA 2:15PM	HORA 6:15PM	HORA 6:35AM	HORA 10:35AM	HORA 3:45PM	HORA 9:00PM	HORA 7:15AM	HORA 12:45AM	HORA 5:00PM	HORA 7:00PM	
1.0	31.7	33.4	25.2	33.0	19.8	22.0	20.2	24.7	27.1	31.8	30.4	27.8	30.9	22.6	29.4	24.8	
2.0	30.3	33.5	22.6	32.6	24.2	22.5	16.3	24.6	27.8	30.7	29.9	29.0	29.2	25.7	30.2	31.2	
3.0	34.5	33.9	25.7	34.3	18.8	20.8	17.2	22.3	26.8	31.5	29.7	35.0	29.8	29.6	29.4	32.8	
4.0	29.5	31.5	21.4	33.1	22.3	21.1	21.1	24.5	28.9	30.1	28.2	34.5	30.4	27.1	29.9	21.9	
5.0	35.8	31.5	23.5	32.7	23.7	20.0	13.7	21.7	29.4	30.8	28.8	35.0	29.4	29.8	30.8	23.6	
6.0	25.8	31.3	23.3	34.1	18.9	22.4	14.7	22.3	29.2	30.4	30.4	32.8	30.8	26.2	30.6	25.2	
7.0	24.3	31.9	31.7	33.0	20.5	22.7	20.5	21.8	33.8	31.7	28.3	31.0	30.0	27.8	30.2	28.4	
8.0	35.6	32.7	29.9	32.3	21.7	21.1	17.0	23.7	26.8	30.8	30.1	27.3	29.7	27.6	30.4	31.7	
9.0	24.6	32.5	29.5	34.7	24.7	23.0	13.2	23.9	31.6	29.9	30.0	32.7	30.8	23.9	29.1	19.4	
10.0	29.2	33.3	31.7	32.1	21.4	22.3	21.2	22.2	30.0	31.5	29.7	33.1	30.3	28.6	30.9	26.5	
11.0	35.1	31.7	23.3	34.7	23.2	20.5	19.4	23.1	32.6	31.8	28.4	30.4	29.0	29.6	30.9	28.7	
12.0	33.1	32.5	26.7	32.7	19.1	21.0	14.1	22.3	30.0	31.5	28.6	26.9	30.7	26.2	30.0	23.4	
13.0	30.2	32.1	33.0	32.1	19.6	22.2	21.3	23.4	30.8	30.9	29.9	26.7	30.9	22.6	30.2	20.6	
14.0	35.9	33.9	27.4	32.5	20.6	22.9	18.4	24.2	28.5	29.9	30.3	26.6	29.6	27.4	29.1	22.3	
15.0	28.6	33.9	25.9	32.7	22.1	22.0	20.9	23.2	29.6	30.9	29.5	26.4	30.6	23.6	30.2	22.7	
16.0	26.9	34.0	26.2	33.8	19.8	20.4	21.6	23.6	33.3	30.1	30.2	27.2	29.6	24.1	30.4	19.6	
17.0	24.6	31.5	23.8	32.0	21.6	22.8	16.0	24.5	27.9	30.7	30.5	33.7	31.0	25.3	30.9	27.7	
18.0	33.2	32.3	24.5	34.3	21.4	22.8	19.7	21.6	31.6	29.8	28.8	34.6	30.4	26.6	29.2	27.1	
19.0	28.1	34.0	23.1	32.4	21.7	21.1	20.3	24.2	31.8	31.3	29.4	26.7	29.3	24.7	29.4	21.8	
20.0	28.6	34.0	29.9	33.9	24.9	21.6	18.5	23.1	32.8	30.1	31.0	27.6	30.7	22.1	29.8	21.8	
21.0	35.3	32.7	26.1	34.7	21.0	20.9	18.4	21.4	30.7	29.3	29.1	30.2	29.8	28.0	29.7	29.7	
22.0	28.6	31.7	30.0	34.0	23.7	21.7	13.9	21.6	31.3	29.2	30.7	34.9	30.8	29.2	30.0	27.0	
23.0	25.5	32.6	25.7	32.5	20.4	21.4	17.3	23.0	33.7	29.3	30.8	32.8	29.7	22.3	29.0	22.2	
24.0	32.5	32.9	22.8	34.2	19.1	20.1	20.0	23.9	27.6	29.7	29.2	29.1	29.7	26.8	29.3	22.1	
25.0	34.0	31.3	23.6	32.3	17.2	20.0	17.7	22.4	31.2	29.5	29.2	29.8	30.9	29.0	29.8	27.7	
26.0	29.1	33.7	27.1	34.7	21.4	21.9	15.6	22.3	26.3	30.3	30.4	27.5	29.9	24.9	29.2	19.5	
27.0	35.3	33.6	28.0	34.2	21.2	22.4	20.9	23.4	28.2	30.0	28.5	26.4	30.3	22.8	30.4	19.9	
28.0	34.8	32.4	21.1	34.6	19.8	21.1	13.6	23.6	32.7	31.8	30.5	31.3	30.9	22.9	29.3	26.2	
29.0	24.8	32.3	23.5	32.3	18.7	21.8	15.1	24.8	28.1	29.8	30.4	34.9	31.0	22.8	29.4	19.4	
30.0	32.0	33.4	25.6	35.0	18.1	22.2	19.5	22.2	26.9	30.3	28.8	31.9	30.8	25.2	29.1	22.2	
31.0	34.2	32.1	22.2	33.0	17.9	22.7	21.3	24.7	33.4	32.0	28.3	29.3	30.8	23.6	29.2	28.3	
MEDIAS HORARIAS	30.69	32.71	25.93	33.37	20.92	21.65	18.01	23.16	30.01	30.56	29.60	30.41	30.25	25.76	29.84	24.69	
MEDIA MENSUAL	30.68				20.93				30.14				27.64				

Tabla 64: Presiones mayo - Jr. Ñahuincopa y Jr 09 de Diciembre.

RESULTADOS DE PRESIONES CALCULADAS EN EL WATERCAD

PRESIONES OBTENIDAS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO

FlexTable: Junction Table

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
Nod - 1	3,199.92	<Collection: 1 items>	3,238.15	38.157
Nod - 2	3,199.96	<Collection: 1 items>	3,238.15	38.111
Nod - 3	3,201.60	<Collection: 1 items>	3,238.14	36.474
Nod - 4	3,201.76	<Collection: 1 items>	3,238.14	36.312
Nod - 5	3,222.16	<Collection: 1 items>	3,266.94	44.695
Nod - 6	3,222.12	<Collection: 1 items>	3,266.94	44.728
Nod - 7	3,222.42	<Collection: 1 items>	3,266.94	44.432
Nod - 8	3,207.70	<Collection: 1 items>	3,238.12	30.358
Nod - 9	3,207.38	<Collection: 1 items>	3,238.11	30.670
Nod - 10	3,216.34	<Collection: 1 items>	3,238.94	22.558
Nod - 11	3,214.73	<Collection: 1 items>	3,238.94	24.162
Nod - 12	3,225.66	<Collection: 1 items>	3,266.92	41.185
Nod - 13	3,225.01	<Collection: 1 items>	3,266.92	41.829
Nod - 14	3,204.50	<Collection: 1 items>	3,238.13	33.563
Nod - 15	3,204.39	<Collection: 1 items>	3,238.13	33.677
Nod - 16	3,212.94	<Collection: 1 items>	3,238.94	25.947
Nod - 17	3,199.21	<Collection: 1 items>	3,238.37	39.082
Nod - 18	3,200.34	<Collection: 1 items>	3,238.35	37.934
Nod - 19	3,204.06	<Collection: 1 items>	3,238.14	34.007
Nod - 20	3,204.28	<Collection: 1 items>	3,238.14	33.788
Nod - 21	3,202.53	<Collection: 1 items>	3,238.14	35.539
Nod - 22	3,259.08	<Collection: 1 items>	3,290.87	31.728

Nod - 23	3,250.75	<Collection: 1 items>	3,290.87	40.038
Nod - 24	3,201.15	<Collection: 1 items>	3,238.18	36.955
Nod - 25	3,200.86	<Collection: 1 items>	3,238.17	37.228
Nod - 26	3,213.42	<Collection: 1 items>	3,238.32	24.843
Nod - 27	3,222.88	<Collection: 1 items>	3,238.31	15.407
Nod - 28	3,206.71	<Collection: 1 items>	3,238.11	31.343
Nod - 29	3,198.88	<Collection: 1 items>	3,238.18	39.220
Nod - 30	3,199.18	<Collection: 1 items>	3,238.17	38.903
Nod - 31	3,212.58	<Collection: 1 items>	3,266.95	54.261
Nod - 32	3,216.27	<Collection: 1 items>	3,266.94	50.571
Nod - 33	3,206.56	<Collection: 1 items>	3,238.11	31.492
Nod - 34	3,199.24	<Collection: 1 items>	3,238.15	38.829
Nod - 35	3,199.38	<Collection: 1 items>	3,238.15	38.695
Nod - 36	3,200.50	<Collection: 1 items>	3,238.13	37.554
Nod - 37	3,199.05	<Collection: 1 items>	3,238.13	38.999
Nod - 38	3,203.81	<Collection: 1 items>	3,238.13	34.256
Nod - 39	3,204.92	<Collection: 1 items>	3,238.13	33.148
Nod - 40	3,212.81	<Collection: 1 items>	3,266.95	54.035
Nod - 41	3,237.03	<Collection: 1 items>	3,266.94	29.847
Nod - 42	3,227.93	<Collection: 1 items>	3,266.94	38.935
Nod - 43	3,206.61	<Collection: 1 items>	3,238.32	31.647
Nod - 44	3,208.21	<Collection: 1 items>	3,238.32	30.040
Nod - 45	3,204.48	<Collection: 1 items>	3,238.11	33.569
Nod - 46	3,227.08	<Collection: 1 items>	3,266.92	39.763
Nod - 47	3,205.92	<Collection: 1 items>	3,238.13	32.153
Nod - 48	3,197.84	<Collection: 1 items>	3,238.19	40.270
Nod - 49	3,197.14	<Collection: 1 items>	3,238.21	40.992

Nod - 50	3,199.91	<Collection: 1 items>	3,238.14	38.157
Nod - 51	3,212.14	<Collection: 1 items>	3,266.96	54.710
Nod - 52	3,205.32	<Collection: 1 items>	3,238.31	32.924
Nod - 53	3,204.11	<Collection: 1 items>	3,238.11	33.934
Nod - 54	3,272.68	<Collection: 1 items>	3,290.87	18.161
Nod - 55	3,204.34	<Collection: 1 items>	3,238.18	33.773
Nod - 56	3,198.52	<Collection: 1 items>	3,238.16	39.556
Nod - 57	3,205.20	<Collection: 1 items>	3,238.11	32.844
Nod - 58	3,223.93	<Collection: 1 items>	3,266.94	42.926
Nod - 59	3,199.71	<Collection: 1 items>	3,238.21	38.422
Nod - 60	3,202.00	<Collection: 1 items>	3,238.15	36.077
Nod - 61	3,243.49	<Collection: 1 items>	3,267.77	24.226
Nod - 62	3,248.10	<Collection: 1 items>	3,267.77	19.626
Nod - 63	3,210.48	<Collection: 1 items>	3,266.95	56.359
Nod - 64	3,205.30	<Collection: 1 items>	3,238.14	32.774
Nod - 65	3,201.52	<Collection: 1 items>	3,266.95	65.307
Nod - 66	3,215.85	<Collection: 1 items>	3,266.95	51.000
Nod - 67	3,205.70	<Collection: 1 items>	3,238.17	32.400
Nod - 68	3,224.11	<Collection: 1 items>	3,266.94	42.746
Nod - 69	3,213.19	<Collection: 1 items>	3,266.94	53.642
Nod - 70	3,222.65	<Collection: 1 items>	3,266.94	44.201
Nod - 71	3,196.34	<Collection: 1 items>	3,238.16	41.729
Nod - 72	3,198.25	<Collection: 1 items>	3,238.15	39.821
Nod - 73	3,218.56	<Collection: 1 items>	3,266.95	48.286
Nod - 74	3,229.55	<Collection: 1 items>	3,266.94	37.311
Nod - 75	3,224.98	<Collection: 1 items>	3,266.94	41.875
Nod - 76	3,198.14	<Collection: 1 items>	3,238.13	39.911

Nod - 77	3,211.31	<Collection: 1 items>	3,238.33	26.958
Nod - 78	3,258.59	<Collection: 1 items>	3,266.94	8.333
Nod - 79	3,215.71	<Collection: 1 items>	3,265.80	49.992
Nod - 80	3,220.22	<Collection: 1 items>	3,238.93	18.671
Nod - 81	3,214.91	<Collection: 1 items>	3,238.11	23.150
Nod - 82	3,202.40	<Collection: 1 items>	3,238.09	35.625
Nod - 83	3,226.22	<Collection: 1 items>	3,266.93	40.631

Untitled1.wtg
26/06/2019

Bentley Systems, Inc. Haestad
Methods Solution Center
27 Siemon Company Drive
Suite 200 W Watertown, CT
06795 USA +1-203-755-1666

Bentley WaterCAD CONNECT Edition
[10.00.00.50]
Page 1 of 1

**VELOCIDADES Y CAUDALES OBTENIDOS
CON WATERCAD**

FlexTable: Pipe Table

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen- Williams C	Velocity (m/s)
Tub - 1	5	Nod - 1	Nod - 2	99.4	PVC	150.0	0.11
Tub - 2	5	Nod - 3	Nod - 4	99.4	PVC	150.0	0.09
Tub - 3	6	Nod - 5	Nod - 6	99.4	PVC	150.0	0.13
Tub - 4	6	Nod - 7	Nod - 5	99.4	PVC	150.0	0.09
Tub - 5	6	Nod - 8	Nod - 9	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 6	9	Nod - 10	Nod - 11	99.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 7	10	Nod - 12	Nod - 13	67.8	PVC	150.0	0.05
Tub - 8	17	Nod - 14	Nod - 15	81.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 9	19	Nod - 11	Nod - 16	81.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 10	20	Nod - 17	Nod - 18	99.4	PVC	150.0	0.34
Tub - 11	22	Nod - 19	Nod - 20	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 12	24	Nod - 21	Nod - 4	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 13	26	Nod - 22	Nod - 23	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 14	26	Nod - 24	Nod - 25	99.4	PVC	150.0	0.21
Tub - 15	133	Nod - 26	Nod - 27	81.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 16	30	Nod - 9	Nod - 28	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 17	26	Nod - 29	Nod - 30	99.4	PVC	150.0	0.21
Tub - 18	27	Nod - 31	Nod - 32	99.4	PVC	150.0	0.14
Tub - 19	28	Nod - 28	Nod - 33	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 20	28	Nod - 2	Nod - 3	99.4	PVC	150.0	0.12
Tub - 21	29	Nod - 34	Nod - 35	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 22	44	Nod - 36	Nod - 37	81.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 23	32	Nod - 40	Nod - 31	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 24	40	Nod - 41	Nod - 42	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 25	44	Nod - 43	Nod - 44	99.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 26	36	Nod - 45	Nod - 28	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 27	36	Nod - 12	Nod - 46	67.8	PVC	150.0	0.04

Tub - 28	36	Nod - 39	Nod - 47	99.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 29	83	Nod - 48	Nod - 29	99.4	PVC	150.0	0.09
Tub - 30	37	Nod - 48	Nod - 29	99.4	PVC	150.0	0.13
Tub - 31	38	Nod - 35	Nod - 1	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 32	38	Nod - 49	Nod - 48	99.4	PVC	150.0	0.23
Tub - 33	39	Nod - 50	Nod - 3	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 34	40	Nod - 51	Nod - 31	99.4	PVC	150.0	0.15
Tub - 35	39	Nod - 53	Nod - 33	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 36	40	T-1	Nod - 54	99.4	PVC	150.0	0.81
Tub - 37	47	Nod - 24	Nod - 55	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 38	41	Nod - 56	Nod - 30	99.4	PVC	150.0	0.12
Tub - 39	41	Nod - 57	Nod - 33	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 40	42	Nod - 42	Nod - 58	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 41	43	Nod - 49	Nod - 59	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 42	43	Nod - 54	Nod - 22	81.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 43	45	Nod - 2	Nod - 60	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 44	61	Nod - 61	Nod - 62	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 45	46	Nod - 51	Nod - 63	67.8	PVC	150.0	0.09
Tub - 46	46	Nod - 20	Nod - 64	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 47	47	Nod - 63	Nod - 65	67.8	PVC	150.0	0.02
Tub - 48	67	Nod - 34	Nod - 50	99.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 49	48	Nod - 25	Nod - 30	99.4	PVC	150.0	0.05
Tub - 50	52	Nod - 37	Nod - 38	81.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 51	51	Nod - 6	Nod - 32	99.4	PVC	150.0	0.05
Tub - 52	53	Nod - 63	Nod - 66	67.8	PVC	150.0	0.04
Tub - 53	53	Nod - 67	Nod - 25	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 54	55	Nod - 32	Nod - 69	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 55	56	Nod - 32	Nod - 70	99.4	PVC	150.0	0.04

Tub - 56	69	Nod - 71	Nod - 56	81.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 57	59	Nod - 42	Nod - 7	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 58	59	Nod - 72	Nod - 34	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 59	62	Nod - 51	Nod - 73	99.4	PVC	150.0	0.14
Tub - 60	66	Nod - 73	Nod - 6	99.4	PVC	150.0	0.07
Tub - 61	64	Nod - 4	Nod - 20	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 62	91	Nod - 44	Nod - 26	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 63	81	Nod - 44	Nod - 26	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 64	66	Nod - 74	Nod - 7	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 65	160	Nod - 74	Nod - 7	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 66	78	Nod - 50	Nod - 19	99.4	PVC	150.0	0.07
Tub - 67	68	Nod - 69	Nod - 68	99.4	PVC	150.0	0.03
Tub - 68	68	Nod - 20	Nod - 39	99.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 69	70	Nod - 5	Nod - 58	99.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 70	69	Nod - 68	Nod - 75	81.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 71	69	Nod - 64	Nod - 47	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 72	74	Nod - 6	Nod - 70	99.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 73	72	Nod - 19	Nod - 38	99.4	PVC	150.0	0.06
Tub - 74	77	Nod - 56	Nod - 35	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 75	79	Nod - 30	Nod - 1	99.4	PVC	150.0	0.12
Tub - 76	79	Nod - 25	Nod - 60	99.4	PVC	150.0	0.13
Tub - 77	80	Nod - 76	Nod - 37	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 78	84	Nod - 18	Nod - 77	99.4	PVC	150.0	0.14
Tub - 79	88	Nod - 73	Nod - 12	67.8	PVC	150.0	0.11
Tub - 80	91	Nod - 18	Nod - 52	99.4	PVC	150.0	0.18
Tub - 81	89	Nod - 60	Nod - 64	99.4	PVC	150.0	0.10
Tub - 82	102	Nod - 47	Nod - 8	99.4	PVC	150.0	0.12
Tub - 83	132	Nod - 10	Nod - 17	99.4	PVC	150.0	0.66
Tub - 84	143	Nod - 78	Nod - 74	81.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 85	123	Nod - 80	Nod - 11	81.4	PVC	150.0	0.05
Tub - 86	129	Nod - 81	Nod - 8	67.8	PVC	150.0	0.04

Tub - 87	157	Nod - 82	Nod - 9	67.8	PVC	150.0	0.08
Tub - 88	171	Nod - 17	Nod - 49	99.4	PVC	150.0	0.29
Tub - 89	250	Nod - 58	Nod - 83	81.4	PVC	150.0	0.04
Tub - 90	54	Nod - 70	Nod - 68	99.4	PVC	150.0	0.02
Tub - 91	42	Nod - 77	Nod - 43	99.4	PVC	150.0	0.13
Tub - 92	14	Nod - 38	Nod - 15	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 93	18	Nod - 15	Nod - 39	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 94	3	Nod - 61	FCV-1	99.4	PVC	150.0	0.34
Tub - 95	614	FCV-1	Nod - 51	99.4	PVC	150.0	0.34
Tub - 96	35	Nod - 43	FCV-2	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 97	4	FCV-2	Nod - 52	99.4	PVC	150.0	0.08
Tub - 98	4	Nod - 52	FCV-3	99.4	PVC	150.0	0.24
Tub - 99	194	FCV-3	Nod - 24	99.4	PVC	150.0	0.24
Tub - 100	7	Nod - 69	FCV-4	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 101	9	FCV-4	Nod - 77	99.4	PVC	150.0	0.00
Tub - 102	116	Nod - 54	PRV-5	99.4	PVC	150.0	0.75
Tub - 103	81	PRV-5	Nod - 10	99.4	PVC	150.0	0.75
Tub - 104	35	Nod - 22	PRV-15	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 105	149	PRV-15	Nod - 79	81.4	PVC	150.0	0.01
Tub - 106	269	PRV-17	Nod - 61	99.4	PVC	150.0	0.38
Tub - 107	215	T-2	PRV-17	99.4	PVC	150.0	0.38

Bentley Systems, Inc.
 Haestad Methods Solution
 Center
 27 Siemon Company Drive
 Suite 200 W Watertown,
 CT 06795 USA +1-203-
 755-1666

Bentley WaterCAD CONNECT Edition
 [10.00.00.50]
 Page 1 of 1