



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA ZONA URBANA DEL
MUNICIPIO DE PAILITAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR**

AUTORES

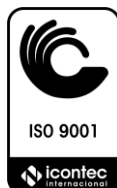
LINA PAOLA GARCÍA ROJAS

SERGIO LUIS SUAREZ BOLAÑOS

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

VALLEDUPAR – CESAR

2022



CO-SC-CER518726

**www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA ZONA URBANA DEL
MUNICIPIO DE PAILITAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Autores

**LINA PAOLA GARCIA ROJAS
SERGIO LUIS SUAREZ BOLAÑOS**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Director: ING. FERNANDO ANAYA PAYARES

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR
2022**



CO-SC-CER518726

**www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia**

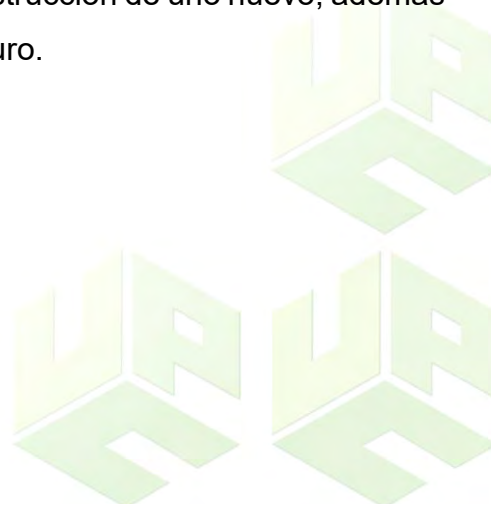


RESUMEN

La investigación se llevó a cabo para la optimización del sistema de acueducto de la zona urbana del municipio de Pailitas en el departamento del Cesar. Se realizó un diagnóstico de la situación actual del municipio, se estudió las condiciones de infraestructura de la planta de tratamiento, equipos, diferentes procesos empleados en el tratamiento del agua potable, además de obtener información pertinente a las redes de distribución junto con los lineamientos legales que cumple la entidad competente que presta el servicio de agua potable.

El respectivo análisis nos permitió identificar una serie de problemáticas, fugas, conexiones fraudulentas y erradas, altas presiones que provocan rupturas en la tubería, tuberías obsoletas por el tiempo de vida útil caducado, poca presión en la tubería, taponamiento en la red.

Por ende pudimos establecer o plantear una metodología con una orientación cualitativa y cuantitativa para así poder describir las necesidades insatisfechas y dar posibles soluciones a los requerimientos identificados, la implementación del software EPANET el programa permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y pudimos detectar los tramos deficientes y los sobrados en capacidad, en términos de sección de la tubería y así poder plantear las respectivas conclusiones. Algunos componentes del sistema necesitan ampliación o remplazo por la construcción de uno nuevo, además de tener como base la proyección poblacional a futuro.





ABSTRACT

The present investigation was carried out for the optimization of the aqueduct system of the urban area of the municipality of Pailitas in the department of Cesar. Where a diagnosis of the current situation of the municipality was made, where the infrastructure conditions of the treatment plant, equipment, different processes used in the treatment of drinking water were studied, in addition to obtaining information pertinent to the distribution networks. distribution together with the legal guidelines that the competent entity that provides the drinking water service complies with.

The respective analysis allowed us to identify a series of problems, Leaks Fraudulent and wrong connections, High pressures that cause ruptures in the pipe, Obsolete pipes due to the expired useful life time, Low pressure in the pipe, Plugging in the network.

Therefore, we were able to establish or propose a methodology with a qualitative and quantitative orientation in order to describe the unsatisfied needs and provide possible solutions to the identified requirements.

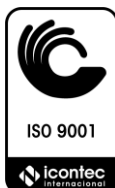
The implementation of the EPANET software The program allows hydraulic analysis of pipe networks based on the physical characteristics of the pipes and we were able to detect the deficient sections and the excesses in capacity, in terms of section of the pipe and thus be able to raise the respective conclusions. Some components of the system need expansion or replacement by the construction of a new one, in addition to being based on future population projection.





INDICE

INTRODUCCION	15
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 FORMULACION Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA	17
2 JUSTIFICACION	19
3 OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
4 MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	21
5 MARCO TEORICO	25
5.1 Tipos de aducciones y conducciones	25
5.2 Calidad del agua en la red de conducción	26
5.3 Cálculo de la demanda de agua	27
5.4 Caudal medio diario.....	28
5.5 Caudal máximo diario.....	28
5.6 Demanda de agua por población	29
5.7 Curva de variación horaria de la demanda.....	30
5.8 Caudal de incendios	30
5.9 Demanda mínima contra incendios	30
5.10 Optimización de la red de distribución	31
5.10.1 Confiabilidad de la red de distribución	31
5.10.2 Pendientes en la tubería de la red de distribución	32
5.10.3 Condiciones topográficas, geográficas, y sísmicas.....	32
5.10.4 Estaciones de bombeo	33
tabla1. Coeficiente de rugosidad de Manning	35
5.10.5 Tanques de almacenamiento y compensación	36
5.10.6 Tuberías	36
5.10.7 Cálculos de pérdidas por fricción	38
5.10.8 Cálculos de las pérdidas menores	38
tabla2. coeficiente de pérdidas menores para accesorios comunes	39





5.10.9	Válvulas de control	40
5.10.10	Válvula ventosa de aire	40
5.10.11	Válvulas reductoras de presión.....	40
5.10.12	Criterios de selección del material de las tuberías.....	41
5.10.13	Criterios genera/es para la selección de una bomba y la ubicación de la estación de bombeo.	41
5.10.14	Requisitos hidrológicos para la selección de la fuente superficial. Siempre que haya información disponible, se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:	42
5.10.15	Capacidad de la fuente superficial.	43
5.10.16	Requisitos hidrogeológicos para la selección de la fuente subterránea.	43
5.10.17	Numero mínima de pozos profundos para captación de agua subterránea.	44
5.10.18	Requisitos para el diseño de estructuras de captación de agua superficial.....	44
5.10.19	Requisitos mínimos de diseño para desarenadores.	44
5.10.20	Modelación de redes de distribución de agua.	45
5.10.21	Sectorización Hidráulica	45
5.10.22	Localización de redes de acueducto. Se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:.....	45
5.10.23	Golpe de ariete en líneas de aducción y conducción.....	46
5.10.24	Disposición de los hidrantes.	46
5.10.25	Diámetros mínimos de los hidrantes	47
5.10.26	Mediciones de caudal.....	47
5.10.27	Medidores de presión.....	47
5.10.28	Requisitos de diseño de los tanques de almacenamiento.....	48
5.10.29	Volumen útil del tanque de almacenamiento.	49
5.10.30	Lavado y limpieza del sistema de captación.....	49
5.10.31	Desinfección de los pozos.....	49
5.10.32	Presiones hidrostáticas y estanqueidad.....	50
5.10.33	Desinfección de tuberías.....	50
5.10.34	Fugas y pérdidas de agua en la red de distribución de agua potable. 50	



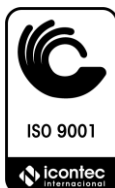


5.10.35	Mantenimiento preventivo de las válvulas en la red de distribución.	50
5.10.36	Mantenimiento de válvulas reductoras de presión o válvulas de orificio. 51	
5.10.37	Mantenimiento de accesorios en aducciones.	51
5.10.38	Mantenimiento de los equipos de bombeo.	51
6	MARCO CONCEPTUAL	52
7	MARCO CONTEXTUAL Y LOCALIZACION GEOGRAFICA	58
7.1	Localización y extensión.	58
7.2	CARACTERIZACION	60
7.2.1	División política administrativa.	60
7.2.2	Descripción y localización de las veredas	60
7.2.3	COSTUMBRES.	60
7.2.4	ASPECTOS FISICOS	62
tabla3.	Cuencas hidrográficas	62
8	MARCO LEGAL	66
9	MARCO METODOLOGICO	68
9.1	SUBLINEA DE INVESTIGACION	68
9.2	TIPO DE INVESTIGACION	68
9.3	NIVEL DE INVESTIGACION	68
9.4	POBLACION DE ESTUDIO	69
9.5	MUESTRA POBLACIONAL	69
9.6	DESARROLLO METODOLOGICO	69
10	ANALISIS Y RESULTADOS	72
10.1	DIAGNOSTICO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PPAILITAS CESAR	72
10.1.1	Fuente de abastecimiento	72
tabla4.	Resumen de las fuentes superficiales en el municipio	72
10.1.2	Captación.	73
10.1.3	Estado de la captación	74
10.1.4	Componentes	74
tabla5.	Comparaciones caudales requeridas en captación contra capacidad instalada.	75
10.1.5	Aducción captación-desarenador	76





tabla6. Comparaciones caudales requeridos en aducción Captación-Desarenador.....	77
10.1.6 Desarenador como pretratamiento	77
10.1.7 Estado del desarenador	79
tabla7. Comparación Caudales Requeridos en aducción Contra Capacidad Instalada.....	80
10.1.8 Aducción desarenador planta de tratamiento	80
10.1.9 Estado de la línea de aducción.....	80
tabla8. Comparación Caudales de Aducción entre Desarenadores Contra Capacidad Instalada.....	81
10.2 Planta de tratamiento	81
10.2.1 Cámara de aquietamiento	82
10.2.2 Mezcla Rápida y coagulación	82
tabla9. Comparación caudales requeridos para la planta de tratamiento	88
10.2.3 Tanque de distribución.....	88
10.2.4 Estado del tanque de distribución	89
tabla10. Comparación capacidad requerida para el tanque de distribución	90
10.2.5 La red de distribución.....	90
tabla11. Descripción de la Red De Distribución.....	91
tabla12. Comparación capacidad requerida para la red de distribución	92
tabla13. Parámetros de diseño condiciones iniciales proyecto	93
tabla14. Información para los cálculos de la simulación hidráulica	94
10.3 PROBLEMAS EN LA RED DE DISTRIBUCION	94
10.3.1 Caudal máximo horario	96
tabla15. Calculo del caudal máximo diario y máximo horario condiciones proyecto 2007.....	97
10.4 Calculo para la simulación de la red de distribución futura	99
10.4.1 Calculo de la población información censal	99
10.4.2 Proyección poblacional.....	99
tabla16. MÉTODOS DE CÁLCULO poblacional	101
tabla17. Proyección de la población Método aritmético	104
tabla18. Proyección de población Método geométrico	105
tabla19. Proyección de la población Método Exponencial	106
tabla20. Resumen proyección de la población y población de proyecto ...	107





10.5	CUANTIFICACION DE LA DEMANDA Y/O NECESIDADES	107
10.5.1	Evaluación de la dotación	107
10.5.2	Definición de la Dotación Neta	108
10.5.3	Dotación bruta.....	108
10.5.4	Proyección de la demanda media diaria	109
10.5.5	Demanda máxima diaria (QMD)	110
10.5.6	Demanda máxima horaria (QMH).....	111
10.6	CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO DE LOS COMPONENTES	112
10.6.1	Capacidad de diseño de la captación superficial	112
10.6.2	Capacidad de diseño de aducción	112
10.6.3	Capacidad de diseño de desarenador.....	112
10.6.4	Capacidad de diseño de la planta de tratamiento	113
10.6.5	Capacidad de diseño de conducción ptap-tanque de distribución	113
10.6.6	Capacidad de diseño de conducción tanque- red de distribución	113
10.6.7	Capacidad de diseño de la red de distribución	113
10.6.8	Volumen del tanque de almacenamiento.....	114
tabla21.	LOCALIDAD PAILITAS	118
10.6.9	Las Válvulas Reductoras de Presión	120
10.6.10	Las Válvulas Sostenedoras de Presión	120
10.6.11	Válvulas de corte o cierre en la red de distribución	120
10.6.12	Válvulas reguladoras de presión.....	121
11	Conclusiones	122
12	RECOMENDACIONES.....	124
13	ANEXOS.....	126
13.1	ANEXO I.....	126
13.1.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	126
13.1.2	Coeficiente de rugosidad	126
13.1.3	Velocidad mínima	127
13.1.4	Velocidad máxima.....	127
13.2	ANEXO II METODO DE CÁLCULO	128
13.2.1	Calculo de caudales por nodos	128





tabla22. Parámetros de Diseño de la red de Distribución	130
tabla23. Datos para los cálculos y la simulación hidráulica	130
13.2.2 Conformación de la red de distribución hacia las veredas	130
13.2.3 Curva de variación de consumo	131
tabla24. Coeficientes de la curva de variación de consumo horarios	131
13.2.4 Caudal máximo horario	132
tabla25. Cálculo del caudal máximo diario, máximo horario (Nodos).....	133
13.3 ANEXOS III RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA	136
tabla26. Características de los diferentes tramos en PE de la Red de distribución	137
tabla27. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PE.	141
tabla28. Características de los diferentes tramos de la Red de Distribución en PE.	146
tabla29. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PE	149
tabla30. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en PE	153
tabla31. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en PE	156
tabla32. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en H.D.	160
tabla33. Características de las diferentes Nodos de la Red de Distribución en H.D.	163
tabla34. Características de los diferentes tramos de la Red de Distribución en PVC	166
tabla35. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PVC	169
tabla36. Resumen de los resultados de presión con la simulación hidráulica de la Red de Distribución	172
14 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	185





ÍNDICE DE TABLAS

tabla1. Coeficiente de rugosidad de manning	35
tabla2. coeficiente de pérdidas menores para accesorios comunes	39
tabla3. Cuencas hidrográficas	62
tabla4. Resumen de las fuentes superficiales en el municipio	72
tabla5. Comparaciones caudales requeridas en captación contra capacidad instalada.	75
tabla6. Comparación caudales requeridos en aducción Captación-Desarenador.	77
tabla7. Comparación Caudales Requeridos en aducción Contra Capacidad Instalada.	80
tabla8. Comparación Caudales de Aducción entre Desarenadores Contra Capacidad Instalada.	81
tabla9. Comparación caudales requeridos para la planta de tratamiento	88
tabla10. Comparación capacidad requerida para el tanque de distribución	90
tabla11. Descripción de la Red De Distribución.....	91
tabla12. Comparación capacidad requerida para la red de distribución	92
tabla13. Parámetros de diseño condiciones iniciales proyecto	93
tabla14. Información para los cálculos de la simulación hidráulica	94
tabla15. Calculo del caudal máximo diario y máximo horario condiciones proyecto 2007	97
tabla16. MÉTODOS DE CÁLCULO poblacional	101
tabla17. Proyección de la población Método aritmético	104
tabla18. Proyección de población Método geométrico	105
tabla19. Proyección de la población Método Exponencial	106
tabla20. Resumen proyección de la población y población de proyecto ...	107
tabla21. Caudales de Diseño.	112
tabla22. LOCALIDAD PAILITAS	118
tabla23. Parámetros de Diseño de la red de Distribución	130
tabla24. Datos para los cálculos y la simulación hidráulica	130
tabla25. Coeficientes de la curva de variación de consumo horarios	131
tabla26. Cálculo del caudal máximo diario, máximo horario (Nodos).....	133

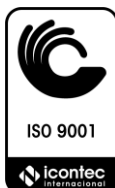




tabla27. Características de los diferentes tramos en PE de la Red de distribución	137
tabla28. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PE. 141	
tabla29. Características de los diferentes tramos de la Red de Distribución en PE. 146	
tabla30. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PE 149	
tabla31. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en PE 153	
tabla32. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en PE 156	
tabla33. Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en H.D. 160	
tabla34. Características de las diferentes Nodos de la Red de Distribución en H.D. 163	
tabla35. Características de los diferentes tramos de la Red de Distribución en PVC 166	
tabla36. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PVC 169	
tabla37. Resumen de los resultados de presión con la simulación hidráulica de la Red de Distribución	172





TABLA DE IMAGENES

imagen1. LIMITES DEL MUNICIPIO	58
imagen2. Distancia de referencia de la cabecera Municipal ¡Error! Marcador no definido.	
imagen3. Fuentes superficiales	73
imagen4. captación.....	74
imagen5. Aducción	76
imagen6. Desarenador.....	77
imagen7. Vista general desarenador.....	78
imagen8. Esquema No. 01: Plano en planta de la ptap de 90 lps	82
imagen9. Perfil creaguer	83
imagen10. Canal repartidor a floculador.	83
imagen11. Floculadores flujo horizontal Q=25 lps	84
imagen12. Floculadores tipo Cox Q=40 lps.....	84
imagen13. Vista general sedimentador Q=45 lps	85
imagen14. Estado del módulo de alta tasa.....	85
imagen15. Vista general planta de tratamiento.....	86
imagen16. Proceso de filtración PTAP de 90 lps	86
imagen17.	86
imagen18. Caseta dosificación de Cloro	86
imagen19. Vista ptap. Al fondo caseta cloración.....	86
imagen20. Vista general del edificio ptap.....	87
imagen21. Vista general del edificio ptap.....	87
imagen22. Localización tanques de 300 y 750 m³	89
imagen23. Estado tanque fuente quebrada Verde.....	89
imagen24. Esquema Epanet	129
imagen25. Gráfica 01. Curva de Variación de Consumo Horario	132
imagen26. Esquema No. 03: Conformación del Distrito 01: Sectores 01, 02, 03 y 04	136
imagen27. Esquema No. 03: Conformación del Distrito 02: Sector 05	136
imagen28. Esquema No. 04: Presión en nodos y caudal en tramos a las 7:00 am Distritos Norte y Sur.....	144





imagen29. Esquema No. 05 Presión en nodos y diámetro de los tramos a las 7:00 am Distritos Norte y Sur..... 144

imagen30. Esquema No. 06 Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Sur 145

imagen31. Esquema No. 07 Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Norte 145

imagen32. Presión en nodos y caudal en tramos a las 12:00 m Distritos Norte y Sur 150

imagen33. Presión en nodos y diámetro de los tramos a las 12:00 m Distritos Norte y Sur 151

imagen34. Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Sur 152

imagen35. Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Norte 152

imagen36. Esquema No. 12 Presión en nodos y diámetro de los tramos a las 15:00 m Distritos Norte y Sur..... 158

imagen37. Perfil de presión a las 15:00 am en el Distrito Sur 159

imagen38. presión a las 15:00 am en el Distrito Norte 159

imagen39. Nodos y diámetro de los tramos a las 07:00 am en Distrito Norte y Sur 165

imagen40. presión a las 07:00 am con tubería de H.D. en el Distrito Norte. 165

imagen41. Presión en nodos y caudal en los tramos de PVC a las 07:00 am en los Distrito Norte y Sur..... 171

..... 171

imagen42. Presión a las 07:00 am con tubería de PVC en el Distrito Norte 171





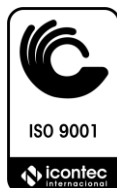
INTRODUCCION

El suministro de agua potable es indispensable para la supervivencia del hombre, a nivel mundial el crecimiento demográfico desproporcional exige una demanda del recurso hídrico de una manera significativa. Estas repercusiones se presentan de manera más severa a los más vulnerables que son las personas de escasos recursos. Unos 2200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y otros 3000 millones carecen de instalaciones básicas para lavarse las manos. (Banco mundial 2019).

En américa latina aproximadamente el 80 por ciento de la población se concentra en áreas urbanas. Ha habido una escasa cobertura sistemática de este tema (Banco interamericano de desarrollo 2015).

El inminente crecimiento del país y su consecuente aumento en la demanda de agua afectaría la sostenibilidad en el largo plazo de las áreas urbanas; en particular, en la provisión de los servicios de acueducto, las principales acciones se encaminan a la protección del recurso hídrico, el tratamiento de aguas y el fortalecimiento del marco institucional para promover el reúso de agua en el territorio, a fin de alcanzar metas conducentes al cumplimiento de la ODS. Como suministrar agua apta para el consumo al 100% reducir a 30% las pérdidas de agua e incrementar el número de personas con acceso a acueducto y alcantarillado. (Departamento de planeación Nacional 2019)

Debido a que Pailitas es uno de los municipios del departamento del Cesar, y uno de tantos que posee un pésimo servicio para suministrar agua potable a una población, requiere la construcción de infraestructuras hidráulicas acordes a la normatividad legal vigente y manuales técnicos del sector del agua potable y



saneamiento básico. La salud pública tiene como prioridad el saneamiento básico que es pilar fundamental para combatir vectores de infección, enfermedades, y mejora del progreso socioeconómico de los municipios y regiones. El desarrollo del proyecto sigue la misma línea y tiene como finalidad mejorar la calidad del servicio público domiciliario en pro del abastecimiento de agua potable, para el sector norte del municipio de Pailitas (Cesar) que por sus características topográficas se dificulta la posibilidad de brindar un servicio de calidad, debido a que el suministro del recurso hídrico no puede ser recibido por la población de dicho sector. Por lo tanto, se empleará el uso del software EPANET para analizar y diseñar las redes de conducción y elementos necesarios para solucionar la demanda de la población más afectada.

En la primera etapa se llevó a cabo un diagnóstico para analizar los parámetros o variables que son fundamentales para realizar un juicio a priori sobre las condiciones actuales en las que se presenta la infraestructura. En la segunda etapa teniendo en cuenta los resultados de la modelación hidráulica realizada con el software EPANET. Una vez tenido todos estos datos constatados y validados se procedió a entregar el procedimiento de los cálculos de diseño para optimización de la red de conducción y distribución de agua potable, además del diseño de un tanque de almacenamiento que permite suplir las necesidades de la demanda generada en el sector norte que es el más afectado del municipio.



1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACION Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

Pailitas es un municipio de Colombia, situado en el nordeste del país, en el departamento de Cesar. Se sitúa a 226 km de la capital departamental, Valledupar. Limita al sur con Pelaya, al este con el departamento de Norte de Santander, al norte con Chimichagua, y al oeste con Tamalameque. La cabecera municipal de Pailitas está localizada a los 80° 57' de latitud y 73° 40' del meridiano de Greenwich, tiene una altura de 77mts sobre el nivel del mar.

Extensión total: el municipio de Pailitas tiene una superficie de 512.5 Km², de los cuales 4.0 Km² corresponden a la zona urbana y 508.5 Km² a la zona rural.

Temperatura media: se encuentra entre los pisos térmicos cálidos con temperaturas mayores a 32° en su zona más plana y clima medio con las temperaturas entre 17.5° y 24° en sus zonas quebradas.

Distancia de referencia de la cabecera municipal: 226 km de Valledupar.

Corregimientos: El Burro, La Floresta, Los Llanos, Palestina y Rivera.

El municipio de Pailitas con una población de 15,578 habitantes hasta el año 2012, se encuentra distribuido entre la cabecera con 11,554 habitantes lo cual equivale al 64.60% de la distribución territorial y con 4,054 habitantes en el área rural equivalente al 35.40%; de los cuales 7,846 son hombres y 7,732 mujeres. Esta población cuenta con 3,817 hogares y 4,006 viviendas, donde el 92% de las viviendas de esta población son casas, y en los últimos años debido a los cambios en la estructura de la distribución de la población, ha producido una variación significativa al lograr un incremento de 5.27 puntos porcentuales en la población urbana.

Según informes actuales de la gerencia de la empresa de servicios públicos, el municipio posee una distribución fluctuante del servicio de conducción de agua potable debido a las condiciones de operación del sistema, en las partes más altas carecen del continuo suministro del recurso y cuando hay dotación de agua la presión es mínima, por el contrario, las partes más bajas del municipio poseen presiones altas, tales que se han presentado roturas de las tuberías, presentándose así una descompensación de presión en todos los sectores de la zona norte.

¿La optimización de la red de distribución y del almacenamiento del sistema de acueducto de la zona urbana del municipio de Pailitas en el departamento del Cesar, podrá suplir la demanda del suministro de agua potable?





2 JUSTIFICACION

Con las acciones diseñadas por el Gobierno nacional, en 2022, 8.573.951 personas tendrán acceso a soluciones de agua potable, (DNP departamento de planeación 2018).

La presente investigación se desarrolla, como un aporte para la optimización del abastecimiento de agua potable en el municipio de Pailitas, con el principal objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona ; por ende, teniendo en cuenta que el suministro del recurso es indispensable para llevar acabo las diferentes actividades antropogénicas, es necesario que, éste sistema de acueducto sea evaluado para poder determinar las razones por la cuales en la actualidad, su funcionamiento no es óptimo. Se deben tomar las acciones para mejorar el servicio prestado a la comunidad bajo los lineamientos estandarizados basado en la legislación colombiana y como prioridad RAS 0330 del 2017.

Es de suma importancia la responsabilidad social y ambiental, en todos los niveles, pues la planeación, implementación, fases de operación, control, seguimiento y mejora continua de los mismos, contribuye a la minimización de impactos ambientales y a la salud humana. (RAS 0330 del 2017. Título B.)

El plan del gobierno indica, además, que 28,1 millones de personas en la zona urbana de Colombia cuentan con agua potable, traducido en un 86,1% de la población total con servicio. “Sin embargo, alrededor de 3,8 millones de personas recibieron agua con algún nivel de riesgo, es decir, no apta para el consumo”. Con las acciones diseñadas por el Gobierno nacional, para 2022, 8.573.951 de personas tendrán acceso a agua potable. Para lograr este propósito, el Gobierno Nacional fijó como meta que 47 millones de personas en el país tengan soluciones adecuadas para suplir la demanda de agua potable, tres millones más de lo registrado en 2018. (Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022).





3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimización del sistema de acueducto de la zona urbana del municipio de Pailitas en el departamento del Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Elaborar el diagnóstico del sistema de acueducto.
- ❖ Cuantificar y confrontar la demanda actual con la capacidad instalada de los componentes y calcular déficit de cada uno de los componentes del sistema de acueducto.
- ❖ Calcular las componentes del sistema que presenten déficit para atender la demanda futura a 25 años.



4 MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

A continuación, se describen algunos de los antecedentes que aplican para el desarrollo base del proyecto.

PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE TENA (CUNDINAMARCA) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADO BOGOTÁ 2018:

El suministro de agua potable en zonas urbanas es una necesidad indispensable, para que las poblaciones puedan vivir con una calidad de vida óptima, razón por la cual se requiere contar con sistemas de acueducto adecuados, que cubran la demanda y las condiciones establecidas por la normatividad colombiana para este tipo de estructuras. Por lo anterior, se realizó la presente investigación en la cual se evaluó y diagnosticó el estado actual de las obras de infraestructura y operación hidráulica del acueducto el Municipio de Tena – Cundinamarca, para identificar las fallas y/o problemas que presenta y que en la actualidad afecta el suministro de agua a la población, para luego diseñar una propuesta de mejoramiento del sistema de acueducto, incluyéndose nuevos diseños para el sistema de acuerdo a lo establecido en la resolución 330 de 2017, concluyéndose que, el sistema propuesto en cada uno de sus componetea presenta porcentajes de mejora notables, por lo que se sugiere que se implemente este diseño.

ESTUDIO DE CASO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PAIPA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y BUSQUEDA DE FUENTES ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA. UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL BOGOTÁ D.C. 2015





“El municipio de Paipa está localizado en el valle de Sogamoso, uno de los valles internos más importantes de la región Andina, en la parte centro oriental del país y noroccidental del departamento de Boyacá a 2525 m.s.n.m. El acueducto del municipio de Paipa se surte del recurso hídrico por medio de la Quebrada Toibita, la cual pertenece a la cuenca del Río Ranchería, mediante una bocatoma de fondo, en la cual el agua pasa a través de una rejilla en varilla de acero. Aunque la oferta de agua de esta Quebrada es eficiente, este municipio puede captar sólo un caudal de 44.17 L/s, debido a una concesión de agua emitida por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACÁ, según resolución N° 1068 del 16 de diciembre de 2004.

AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARRANCA DE UPÍA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS (ECACEN) ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS PROYECTO DE GRADO 2017.

El proyecto “Ampliación de las redes de acueducto en el casco urbano del municipio de Barranca de Upía”, surge como respuesta a la problemática de deficiencias en el suministro del servicio de acueducto en el municipio, generando dificultades de acceso al agua potable por parte de la población. En este sentido se hace necesario el desarrollo de un proyecto que contribuya a minimizar las bajas presiones del sistema de abastecimiento de agua, asegurando la calidad y potabilización de esta para la comunidad. La gestión de proyectos se convierte en la posibilidad de llevar a cabo la iniciativa con base en procesos que permitan la administración, seguimiento y control de las actividades para lograr los objetivos que se tracen. Al ser un proyecto aplicado, es necesario tener en cuenta la metodología. A utilizar para el desarrollo del ciclo de vida del proyecto, ya que de esto depende la gestión a realizar para garantizar el cumplimiento del alcance, tiempo y costos





establecidos. La planificación efectiva de las actividades, así como la definición y manejo de los diferentes procesos que se involucran en la dirección de proyectos, son aspectos de vital importancia para garantizar satisfacer los requisitos del sponsor e interesados.

DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL MIRANDA CAUCA COLOMBIA, MAYO DE 2016:

La vereda La Mina, quienes debido a diferentes factores ha sido una población muy vulnerable y con poca atención estatal, debido a la distancia que se encuentra del casco urbano. Es así como podemos encontrar que a lo largo de la historia esta zona ha sido corredor de grupos armados como el M-19, Movimiento Jaime Batimán Cayón, y en la parte más reciente el 6 frente de la FARC-Ep. Debido a estas condiciones, hoy en día es esta una comunidad que se viene fortaleciendo cambiando así cultivos ilícitos por proyectos productivos de diversa índole, contando con apoyo de diversas fuentes como lo son la Federación Nacional de Cafeteros, el Ministerio de Agricultura con su proyecto Capacidades Empresariales, Unidad Administrativa Especial de Consolidación, la Alcaldía Municipal, entre otros que han aunado esfuerzos en pro del mejoramiento de sus condiciones de vida. La comunidad tiene identificada dentro de una de sus prioridades el mejoramiento o implementación de un acueducto que logre abastecer a la totalidad de sus habitantes con agua potable, de buena calidad y cumpliendo con las normas establecidas para tal fin. Esta necesidad ha tenido poco eco en las administraciones del municipio quienes han enfocado sus inversiones en otros sectores. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y la preocupación de los miembros de la Junta de Acción Comunal de la vereda, es que decido realizar esta propuesta, con el fin de que los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica como Ingeniero Civil al servicio de una comunidad.



Como esta, que no es más que una réplica de las muchas que hay nuestro país en condiciones similares.

PROYECTO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO SANTIAGO LONDOÑO, EN EL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS RISARALDA. UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PEREIRA FEBRERO 2014:

El Diagnóstico se realizó en el acueducto comunitario Santiago Londoño en el municipio de Dosquebradas Risaralda con el objetivo de hacer un análisis ambiental técnico de los componentes del sistema de abastecimiento con efectos en la calidad de agua. En el acueducto comunitario Santiago Londoño del sector Frayles en Dosquebradas no existe un diagnóstico técnico de estudios de infraestructura y calidad de agua; situación que dificulta la formulación de planes de acción y mejoramiento, para la generación de nuevos recursos administrativos en las juntas de acción comunal. Los problemas de calidad del agua están relacionados principalmente con la baja capacidad técnica de los sistemas de tratamiento algunos no cuentan con la infraestructura necesaria para potabilización del agua captada y que por tanto suministran agua contaminada, como lo es el caso del acueducto comunitario Santiago Londoño. El agua contaminada puede producir efectos muy negativos, ya que provoca enfermedades humanas y hasta la muerte. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), nada menos que 4 millones de niños mueren al año como consecuencia de enfermedades diarreicas debidas a infecciones transmitidas por el agua. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son coliformes que se encuentran en las heces humanas. La escorrentía superficial que contribuye de forma significativa al alto nivel de agentes patógenos en las masas de agua superficiales.



5 MARCO TEORICO

Sistemas de abastecimiento de agua potable: El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de obras de ingeniería, que permiten que agua potable avance desde el punto de captación hasta el punto de consumo en las viviendas de una ciudad, pueblo o área rural. Su finalidad principal es que, el agua potable sea entregada en la cantidad y calidad adecuada para satisfacer las necesidades de las personas.

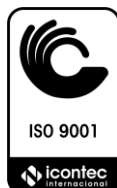
Las líneas de aducción de acueducto: son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas crudas desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando excepcionalmente servicio de suministro de agua cruda a lo largo de su longitud.

Las líneas de conducción: son aquellas destinadas al transporte de agua tratada desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento o hasta la red de distribución, generalmente sin entrega de agua en ruta.

5.1 Tipos de aducciones y conducciones

Pueden utilizarse los siguientes dos tipos de aducciones: aducción a superficie libre (canales o tuberías a gravedad) o aducción a presión (ya sea por bombeo o por gravedad). Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

1. En lo posible, no deben utilizarse canales abiertos en la aducción debido a las dificultades que presenta su mantenimiento y fundamentalmente por las condiciones de riesgo de contaminación a las que se hallaría sometida la aducción, con la consiguiente pérdida de calidad sanitaria.
2. Los canales que crucen zonas pobladas o zonas susceptibles de contaminación deben estar provistos de una cubierta de protección.



3. Se admitirá que en un sistema de aducción puedan existir tramos sucesivos a superficie libre, en conducto a presión por gravedad o por bombeo, en cualquier secuencia y dimensiones siempre que se cumplan las condiciones hidráulicas particulares para cada uno de esos tipos de regímenes.
4. En los puntos de transición de tramos definidos por distintos tipos de funcionamiento no deben presentarse pérdidas continuas de agua como resultado de la diferencia de capacidad de los diversos tramos. El tramo con menor capacidad debe tener la capacidad de diseño de la aducción.
5. No pueden presentarse deficiencias en el comportamiento hidráulico de la aducción como consecuencia de la subdivisión de la aducción en tramos de diferentes tipos de regímenes hidráulicos.

Para el diseño hidráulico de canales a flujo libre para aducciones, se emplean los siguientes métodos de cálculo:

Debe justificarse el método de cálculo para la sección transversal de los canales. Se recomienda el uso de la ecuación de Manning. En el caso de secciones con rugosidad compuesta, se recomienda el uso de la fórmula de Strickler.

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Dónde: v = Velocidad del flujo (m/s).

R = Radio hidráulico (m).

s = Pendiente longitudinal del canal (m/m).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (s/m^{1/3}).

Siempre debe justificarse el coeficiente de rugosidad utilizado.

5.2 Calidad del agua en la red de conducción

Como parte del diseño es necesario hacer los cálculos de la evolución de la calidad de agua en la red de conducciones. Para esto se debe utilizar cualquier programa comercial de análisis de redes de acueducto que utilice el método del gradiente y

que cuente con rutinas de cálculo de calidad de agua en tiempo extendido. La modelación de la concentración de cloro residual dentro de un sistema de conducción de agua potable está basada en tres principios:

- ✓ Conservación de la masa dentro de longitudes diferenciales de la tubería.
- ✓ Mezcla completa e instantánea del agua en cada uno de los nodos de la red.
- ✓ Expresión apropiada de la cinética para el decaimiento de la concentración de cloro, su flujo a través de la tubería y los tanques que conformen el sistema.

Diseño contra corrosión en tuberías

En general, para el caso de tuberías metálicas ninguna parte metálica del sistema debe estar en contacto directo con el agua. En el caso de tuberías de acero debe utilizarse recubrimiento interno y externo en mortero tal como se indica en el literal B.6.5.7 de este Título. En el caso de tuberías con diámetro interno real inferior a 300 mm deben utilizarse pinturas epóxicas al interior de la tubería. Para el caso de sistemas en los niveles de complejidad del sistema alto y medio alto, siempre que sea posible económicamente el uso de la alternativa de aceros inoxidable, esta opción debe preferirse. Para estos niveles de complejidad del sistema, las tuberías que llegan o salen de los tanques de almacenamiento y/o compensación, que lleguen hasta las válvulas y tengan diámetros internos reales inferiores a 300 mm, se recomienda que sea de acero inoxidable y soldadas, al igual que todas las estructuras metálicas internas. Todas las protecciones contra la corrosión tanto interna como externa en las tuberías metálicas que conformen aducciones y/o conducciones en sistemas de acueducto deben cumplir con lo estipulado en las Normas AWWA, NACE, DIN, e ISO.

5.3 Cálculo de la demanda de agua

Para llevar a cabo la proyección de la demanda de agua, en el municipio o en parte de éste, la persona prestadora del servicio de acueducto debe contar con datos de

demanda de los últimos 10 años con una frecuencia bimestral, con esta información se debe hacer un análisis estadístico detallado con el fin de encontrar la curva que mejor ajuste el crecimiento de la demanda de agua en ese período. Una vez realizado el análisis, se debe proceder a proyectar la demanda de agua, siguiendo la misma curva, hasta el último año del período de diseño. En este caso, adicionalmente, es necesario cotejar dicha proyección de la demanda de agua con la demanda de agua requerida para la población de saturación, de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial, para el municipio o la zona del municipio objeto del diseño.

5.4 Caudal medio diario

El caudal medio diario, Q_{md} , corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un período de un año, proyectado al horizonte de diseño, el cual debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = Q_{mr} + Q_{ou}$$
$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400} + 0.06x\left(\frac{P * d_{bruta}}{86400}\right)$$

Donde:

$Q_{m.}$: caudal medio diario

P: No de habitantes

Bruta: dotación bruta, dada en metros cúbicos/suscriptor mes

5.5 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, Q_{MD} , corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 .

Como se indica en la siguiente ecuación:

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

Dónde: Q_{MD} : caudal máximo diario

Q_{md} : caudal medio diario

K1: coeficiente de consumo máximo diario.

El coeficiente de consumo máximo diario, K1, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el valor del coeficiente de consumo máximo diario, K1.

Caudal máximo horario (QMH): corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, K2, según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k2$$

Dónde: QMH: caudal máximo horario.

QMD: Caudal máximo diario

K2: coeficiente de consumo máximo horario.

El coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, K2, puede calcularse, para el caso de ampliaciones o extensiones de sistemas de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio. En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, K2, corresponde a un valor comprendido entre 1.3 y 1.7 de acuerdo con las características locales.

5.6 Demanda de agua por población

Caudal medio diario:

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año.



5.7 Curva de variación horaria de la demanda

Para todos los niveles de complejidad del sistema debe construirse la curva de demanda que defina la variación del consumo a lo largo del día, con el fin de establecer la necesidad y la magnitud de un posible almacenamiento. Para el nivel de complejidad del sistema bajo los datos para elaborar las curvas de demanda horarias de cada población o zona abastecida pueden pertenecer a la localidad en estudio o a una localidad que presenta características semejantes, en términos de nivel socioeconómico, de costumbres y de clima. Para los niveles de complejidad del sistema medio, medio alto y alto debe contarse con curvas de demanda horarias de cada población o zona abastecida. Una vez que la persona prestadora del servicio haya establecido su curva de demanda, ésta podrá utilizarse para calcular los coeficientes de mayoración K1 y K2.

5.8 Caudal de incendios

Para la definición de los caudales de incendio, el diseño debe tener en cuenta la distribución predial de la zona a ser abastecida, estableciendo las zonas residenciales, las zonas residenciales de alta densidad, las zonas comerciales y/o las zonas industriales. Para cada una de ellas se debe definir el número de hidrantes y su localización.

5.9 Demanda mínima contra incendios

La protección contra incendios puede obtenerse mediante el sistema de bombas del equipo del cuerpo de bomberos y no necesariamente de la presión en la red de distribución. Además, deben considerarse las siguientes especificaciones:

1. Los hidrantes se instalarán preferiblemente en las tuberías matrices con la capacidad para conducir al menos 5 L/s y descargarán un caudal mínimo de 5 L/s.
2. Se recomienda una distancia máxima de 300 m entre los hidrantes. La disposición final de los hidrantes debe ser recomendada por el diseñador de acuerdo con las exigencias de la zonificación urbana.





5.10 Optimización de la red de distribución

Dimensionamiento de la red de distribución debe justificarse con estudios económicos comparativos que permitan determinar el diámetro óptimo de cada una de las tuberías de la red, compatibles con los requisitos técnicos, las etapas de construcción y la viabilidad económico financiera del proyecto. Para todos los niveles de complejidad del sistema debe realizarse un diseño optimizado de la red de distribución. Los estudios económicos comparativos deben realizarse no sólo con el objeto de lograr la optimización de la red de distribución tomada aisladamente, sino con miras a encontrar una solución global de costo mínimo del conjunto de los componentes que integran el sistema. En particular, debe ponerse especial atención a aquellos sistemas que operen por bombeo. Debe escogerse el sistema de distribución cuyos costos de tuberías y costos de bombeo, incluida su operación en el largo plazo, sean los mínimos.

5.10.1 Confiabilidad de la red de distribución

Con el fin de aumentar la confiabilidad en la distribución del servicio de acueducto, para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto debe incorporarse en el diseño de redes nuevas de distribución o ampliación a redes existentes el concepto de resiliencia de la red. En general, se deben preferir aquellos diseños, que dentro de los que presenten niveles de evaluación socioeconómicas apropiados, sean los que representen redes con resiliencias superiores al 50%. De esta manera, se logran tener redes con respuestas más apropiadas ante eventos de falla de algunas de sus tuberías. La resiliencia de la red se basa en la siguiente ecuación.

Dónde: $P_{ent} = P_{int} + P_{sal}$

Pent = Potencia por unidad de peso de entrada (W).



Pint = Potencia por unidad de peso de operación del sistema ocasionada por los efectos de la fricción en las tuberías y la presencia de fugas en el mismo (W/kg).

Psal = Potencia por unidad de peso entregada en los nodos de consumo (W/kg). La potencia por unidad de peso total de entrada incluye la potencia por unidad de peso suministrada por una bomba más la suministrada por los embalses o tanques de entrada:

Teniendo en cuenta que la potencia por unidad de peso de entrega se clasifica en una de entrega óptima y en una de entrega real del servicio, es posible definir las potencias por unidad de peso de operación óptima, Ecuación (B.7.6) y de operación real de la red, Ecuación

Ecuación simplificada $P_{max\ int} = P_{ent} - p_{sal}$

5.10.2 Pendientes en la tubería de la red de distribución

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación por las válvulas colocadas con este fin y para facilitar el arrastre de los sedimentos hacia los puntos bajos y acelerar el desagüe de las tuberías, éstas no deben colocarse horizontalmente.

Las pendientes mínimas recomendadas son: Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%. Cuando el aire circula en sentido contrario al flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.1%. En este último caso, la pendiente no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico de ese tramo de la red de distribución. Cuando sea necesario uniformizar pendientes a costa de una mayor excavación, con el fin de evitar un gran número de ventosas y válvulas de purga, debe realizarse una comparación económica de ambas posibilidades.

5.10.3 Condiciones topográficas, geográficas, y sísmicas



Además del conocimiento del sistema de acueducto y de la red de la distribución existente, los estudios previos deben proveer información topográfica, geotécnica y sísmica del municipio, planos de catastro de la infraestructura de otros servicios públicos, planos en la red vial, planos IGAC a escala 1:2000 (si existen) y fotografías aéreas que incluyan el área a ser servida. La información geotécnica se refiere a las características del subsuelo. En la zona donde se realizará el trazado de la red de distribución, tomada de los planos geológicos, de información de campo o de estudios o diseños de viviendas, infraestructura vial y otros servicios. Deben identificarse las zonas de falla y las propensas a deslizamientos e inundaciones.

5.10.4 Estaciones de bombeo

Se considera necesario el desarrollo de una estación de bombeo cuando se requiera elevar el nivel de la línea piezométrica para vencer una diferencia de altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores siempre que las alternativas de ampliación de estaciones existentes y el aprovechamiento de la gravedad no resulten factibles.

Número de bombas: el número de bombas en la estación de bombeo debe definirse desde la etapa de diseño de acuerdo con la capacidad requerida, las etapas de desarrollo y la energía disponible. El número de bombas debe estar sujeto a una evaluación económica. De todas formas el número mínimo de bombas es dos, cada una con una capacidad igual al caudal de diseño de la estación de bombeo. Cuando el número de bombas sea mayor que dos, la capacidad debe distribuirse equitativamente entre ellas. Además, deben preverse unidades de reserva del mismo tipo. Cuando se requieran tres o más bombas, debe colocarse una unidad adicional como reserva por cada tres bombas empleadas.

Potencia: la potencia requerida por la bomba debe ser la suficiente para obtener la capacidad del sistema bajo la condición de caudal máximo de operación.

Esta potencia se calcula de acuerdo con la Ecuación:





$$P = \frac{Q * r * H}{\eta}$$

Dónde:

P = Potencia requerida por la bomba (W).

Q = Caudal de operación (m³/s).

r = Peso específico del agua (N/m³).

H = Altura total de bombeo incluyendo la altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores existentes en las tuberías de impulsión (m).

η = Eficiencia del bombeo.

En el caso de la referenciación de las bombas, se deben anotar los siguientes datos: material, tipo, marca, clase, diámetro de la tubería de succión, diámetro de la tubería de impulsión, potencia de la bomba, potencia de motores, fecha de instalación, estado y fecha de revisión. En el caso particular de las tuberías, el diseño debe referenciar la localización de todas las uniones, o al menos aquellas que permitan determinar la posición de las otras. Esta información es valiosa para las actividades de mantenimiento normal o bajo situaciones de emergencia.

El diseño de la estación de bombeo debe indicar el tipo de inspecciones preliminares que deben realizarse a la estación de bombeo una vez ésta haya sido construida.

Las inspecciones preliminares deben incluir entre otras, las siguientes:

1. Verificación que el sentido de giro del motor sea correcto.
2. Verificación de todas las instalaciones eléctricas con sus conexiones y aislamientos.
3. Verificación del correcto funcionamiento de válvulas y accesorios en su apertura y cierre. Esta verificación debe realizarse antes del montaje final de dichos accesorios en la estación de bombeo. En particular debe medirse el tiempo de accionamiento y corregirse el mecanismo, en caso de requerir de grandes esfuerzos para la operación de las válvulas.





4. Correcto funcionamiento de interruptores, arrancadores, sensores y demás elementos de control, en especial si estos son de accionamiento automático.

5. Aseguramiento de la perfecta alineación de los ejes motor-bomba.

6. Aseguramiento de que los motores y las válvulas estén perfectamente lubricados.

Verificación de la calidad y cantidad del aceite lubricante.

Las condiciones bajo las cuales debe operar la red es la velocidad, esta es calculada por la ecuación de **Hazen-Williams**, la cual es la indicada para este caso ya que se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados, es decir aquellos que trabajan a presión. La ecuación tiene sus limitantes como son diámetros mayores a 3", velocidad menor de 3 m/seg; a continuación, se muestra la ecuación:

Ecuación de Hazen-Williams en función de la velocidad

$$v = 0,8494 \times C \times \left(\frac{Di}{4}\right)^{0,63} \times S^{0,54}$$

Ecuación de Hazen-Williams en función del caudal

$$Q = 0,2785 \times C \times (Di) \times 2.63 \times S \times 0.54$$

$$Q = 0,2785 \times C \times (Di) \times 2.63 \times S \times 0.54$$

Donde:

V: velocidad de flujo (m /seg)

C: coeficiente de rugosidad de la tubería de Hazen Williams

Di: diámetro interno de la tubería (m)

S: pendiente - Pérdida de carga por unidad de longitud del conducto [m/m].

Q: caudal o flujo volumétrico (m³/ seg).

tabla1. Coeficiente de rugosidad de Manning

MATERIAL	n de manning
Acero comercial	0.45
CCP	0.12
Hierro Dúctil	0.25





Hierro Dúctil con revestimiento	0.10
GRP	0.7
Polietileno	0.29
PVC Y PVCO	0.15

Fuente: Titulo B RAS 2012

5.10.5 Tanques de almacenamiento y compensación

La función básica del tanque es almacenar agua en los períodos donde la demanda es menor que el suministro, de tal forma que en los períodos que la demanda sea mayor, se complete el déficit con el agua almacenada en el tanque. También dispone su uso a modo de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. Debido a que el consumo de la población no es constante, sino que, varía según la hora del día, es necesario la construcción de un tanque de almacenamiento que suministre agua a la hora de mayor consumo, para amortiguar los picos de la demanda máxima horaria en la red de distribución.

5.10.6 Tuberías

Constituyen el componente indispensable en las obras de acueductos, por ello debe elegirse el material de las tuberías teniendo en cuenta que sus características satisfagan las necesidades del proyecto. Para la selección de los materiales de las tuberías deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- La resistencia contra la corrosión y la agresividad del suelo.
- Tipo de uniones y necesidad de anclaje.
- La resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto internas como externas.
- Las características de comportamiento hidráulico del proyecto, incluyendo las presiones de trabajo máximas y mínimas, las sobrepresiones y supresiones, causadas por golpe de ariete, etc.
- Las condiciones económicas del proyecto.





- La vida útil tenida en cuenta para el desarrollo del proyecto.
- La vida útil tenida en cuenta para el desarrollo del proyecto.

Tabla 6.23 del Título B del RAS de 2017

TABLA 1. NORMAS TÉCNICAS DE LOS ACCESORIOS SEGÚN EL MATERIAL

Material de la tubería	Norma técnica colombiana (NTC)	Normas internacionales
Acero	NTC 10	AWWA C 200
	NTC 11	AWWA C 205
	NTC 2587	AWWA C 208
	NTC 3470	ASTM A 589
	NTC 4001	
Polivinilo de cloruro – PVC Y PVC O	NTC 382	ASTM D 1784
	NTC 369	ASTM D 2241
	NTC 539	ASTM D 2855
	NTC 1339	ASTM F 1483
	NTC 2295	AWWA C 900 AWWA C 905 AWWA C 907
Polietileno de alta densidad – PEAD	NTC 872	AWWA C 901-96
	NTC 1602	AWWA C 906-90
	NTC 1747	ASTM D 2239
	NTC 2935	ASTM D 2737
	NTC 3664	ASTM D 3035
	NTC 3694	ASTM D 3350
	NTC 4585	ASTM F 714 EN 13244 ISO 4427





5.10.7 Cálculos de pérdidas por fricción

Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en las tuberías a presión, el diseño debe utilizar la ecuación de **Darcy-Weisbach**, teniendo en cuenta su rango de validez.

Esta ecuación es:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

D = Diámetro interno real de la tubería (m).

f = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional).

hf = Pérdida de altura debida a la fricción (m).

L = Longitud total de la tubería (m). v = Velocidad media del flujo (m/s).

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

Se podrá hacer uso de la ecuación de **Darcy-Weisbach**, teniendo en cuenta sus limitaciones en términos de los diámetros mínimos y máximos de las tuberías, de la temperatura del agua y de las velocidades máximas y mínimas del flujo (número de Reynolds).

5.10.8 Cálculos de las pérdidas menores

Para el cálculo del flujo en las tuberías de la red de distribución debe considerarse el efecto producido por cada uno de los accesorios colocados en cada tubería y que produzcan pérdidas de energía adicionales, tales como válvulas, codos, reducciones, ampliaciones, etc. Si las uniones no implican cambios localizados en el diámetro, no deben tenerse en cuenta para el cálculo de las pérdidas menores. Para el cálculo de dichas pérdidas, debe utilizarse un coeficiente de pérdidas menores multiplicado por la altura de velocidad, en el sitio donde se localice el accesorio. Para esto debe utilizarse la ecuación:





$$hm = Km \times \frac{v^2}{2g}$$

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

Hm = Altura de pérdidas menores (m).

v = Velocidad media del flujo (m/s).

km = Coeficiente de pérdida menor (adimensional)

tabla2. coeficiente de pérdidas menores para accesorios comunes

ACCESORIO	Km
Válvula del globo, completamente abierta.	10.0
Válvula Mariposa, completamente abierta.	5.0
Válvula Cheque, completamente abierta.	2.5
Válvula compuerta completamente abierta.	0.2
Codo de radio corto	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo de 45	0.4
Te, en sentido recto	0.3
Te , atreves de salida lateral	1.8
Unión	0.3
Te de 45, en sentido recto	0.3
Te de 45, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1.0



Fuente: Título B RAS 2012

5.10.9 Válvulas de control

Las válvulas de control son accesorios que se deben instalar en las tuberías y cuyo fin es el de regular el caudal del agua por sectores y para realizar labores de mantenimiento y reparación cuando la red en algún punto lo requiera.

5.10.10 Válvula ventosa de aire

Las líneas de conducción y distribución deben contar con válvulas ventosas. Estas se ubicaran en los sitios altos de la red, en cambios bruscos de pendiente de positiva a negativa, en tramos de tubería con pendiente constante y baja ($\leq 3\%$), cada 300m y en otras zonas en las que se considere necesario, de acuerdo con un análisis técnico. El diámetro mínimo de las ventosas debe ser de 25mm. En todos los casos, el diámetro deberá calcularse para las condiciones particulares de cada proyecto.

5.10.11 Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión aguas abajo de sí mismas, hasta un valor predeterminado, admisible para las instalaciones localizadas en la red de distribución aguas abajo.

Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del periodo de diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del periodo de diseño.
- Para poblaciones de más de 60.000 habitantes, las válvulas reguladoras de presión podrán utilizar sistemas similares y actuadores eléctricos para operación remota para efectos de operación y mantenimiento.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de válvulas de cierre que permitan el rápido monte y desmonte con fines de mantenimiento y/o cambio de válvulas.

- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de un paso lateras (bypass) con el fin de permitir la distribución de agua potable durante las operaciones de mantenimiento o cambio de las válvulas reguladoras de presión.
- Las válvulas reguladoras de presión deben estar complementadas con todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento, y estar provistas de un indicador del grado de apertura.
- Las válvulas reguladoras de presión deben soportar la presión a ambos lados (agua arriba y agua abajo) simultáneamente, o solo por uno de ellos. Exteriormente, en el cuerpo de la válvula debe tenerse grabada una flecha que indique la dirección del flujo.

En todos los casos, las válvulas reguladoras de presión deben cerrarse automáticamente al ocurrir un daño en los diafragmas.

5.10.12 Criterios de selección del material de las tuberías.

Se debe soportar la selección del material utilizado en el proyecto de acueducto mediante una comparación multicriterio entre diversos materiales de las tuberías. Deben tenerse en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos: capacidad estructural, durabilidad, capacidad hidráulica, hermeticidad, compatibilidad con las características del agua que se va a transportar, características del suelo, costos y condiciones del mercado de la zona, facilidad de manejo, colocación e instalación y facilidad de mantenimiento, reparación y/o rehabilitación. Art 45 ras 0330del 2017.

5.10.13 Criterios generales para la selección de una bomba y la ubicación de la estación de bombeo.

Para seleccionar una bomba o un grupo de bombas, así como la ubicación de la estación de bombeo asociada, se debe realizar una comparación multicriterio entre diversas configuraciones y contar, como mínimo, con la siguiente información:

Temperatura de funcionamiento del lugar donde se instalará la bomba y del líquido que se va a bombear.

Superior a 1.6 para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.2, ni el factor K2 superior a 1.5.

Parágrafo 3°. En aquellos casos en que se cuente con sistemas de bombeo en la aducción, el caudal de diseño corresponde al caudal máxima diario (QMD) proyectado al periodo de desafío, afectado por el porcentaje de horas diarias de bombeo.

5.10.14 Requisitos hidrológicos para la selección de la fuente superficial. Siempre que haya información disponible, se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

1. Análisis de precipitación, escorrentía superficial, infiltración, evaporación, evapotranspiración, caudales, niveles, intensidad y dirección de los vientos e intensidad de temperaturas ambiente máximas, medias y mínimas mensuales.
2. Debe utilizarse primero la información con los datos más recientes de la red hidrometeoro lógica nacional, propia de la cuenca, y particularmente en el sitio de la captación, con el siguiente orden de prioridad de tipo de serie: a. Instantánea. b. Diaria. c. Mensual. d. Anual. La longitud de las series deberá ser como mínimo de 10.
3. Análisis de calidad de información, complemento de datos y ajustes a distribuciones probabilísticas.
4. Lineamientos desarrollados en las Comunicaciones Nacionales sobre Cambio Climático elaboradas por el IDEAM.
5. Modelos lluvia-escorrentía y curvas de duración de caudales.
6. Información batimétrica del sitio de toma.
7. Los demás requisitos relacionados con la terna, exigidos por la autoridad ambiental. Art 46 0330 del 2017.



5.10.15 Capacidad de la fuente superficial.

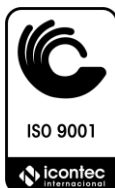
El caudal correspondiente al 95% de tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales diarios, Q95, debe ser superior al caudal máximo diario (QMD) más el caudal ecológico. Si una fuente es insuficiente para cumplir el requisito anterior durante algunas épocas del año, deben plantearse soluciones complementarias, tales como regulación o nuevas fuentes. En el caso de nuevas fuentes, el caudal máximo diario, será la sumatoria de las fuentes disponibles, preservando el caudal ecológico de cada una de ellas. En caso extremo, se deberá disminuir los requerimientos de la dotación. Art 49 ras 0330 2017.

5.10.16 Requisitos hidrogeológicos para la selección de la fuente subterránea.

Se debe revisar y entregar la siguiente información de modelos hidrogeológicos que existan en la cuenca de influencia del proyecto:

1. Geóloga expresada por formaciones geológicas, exploración del subsuelo a través de métodos geofísicos, características y propiedades físicas de los acuíferos, y su delimitación en unidades hidrogeológicas y sistemas acuíferos.
2. Zonas de recargas y descargas de la cuenca, nivel de las aguas freáticas, inventario y análisis de los pozos existentes que incluya la ubicación, el rendimiento, las variaciones de nivel y abatimiento durante el bombeo.
3. Hidráulica con información existente expresada por la permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica y transitividad.

Requisitos para el diseño de pozos para captación de agua subterránea. Una vez realizada la perforación exploratoria se debe levantar la columna litológica, y registros físicos como Gamma ray, potencial espontaneo y resistividad, temperatura, con los resultados de estos registros se define el diseño definitivo del



pozo profundo, diámetros, profundidad de filtros y tuberías ciegas, espesor de la puntera, etc. Art 50 ras 0330 del 2017.

5.10.17 Numero mínima de pozos profundos para captación de agua subterránea.

El número de pozos en un sistema en particular debe determinarse a partir de las recomendaciones del estudio hidrogeológico. En la construcción de más de un pozo debe garantizarse la ausencia de interferencias en los radios de abatimiento de cada uno. Art 0330 del 2017.

5.10.18 Requisitos para el diseño de estructuras de captación de agua superficial.

Para efectuar el desafío de las obras de elementos encargados de la captación de agua para el consume humano deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Los desafíos deben contemplar de manera integral el conocimiento de la hidrología, de la geomorfología y de la hidráulica de la fuente de captación y se debe evitar la modificación o alteración a los cursos de agua.
2. Las captaciones deben ubicarse en tramos rectos del cauce; de no ser posible, debe localizarse en la orilla externa de una curva, en una zona no susceptible de erosionarse. Art 51 ras 0330 del 2017.

5.10.19 Requisitos mínimos de diseño para desarenadores.

El componente destinado para la remoción de la arena que está en suspensión en el agua se ubicara lo más cerca posible al sitio de captación, se localizara la tubería de aducción en el eje longitudinal de la estructura, tendrá un dispositivo de rebose mediante un vertedero lateral, ubicado cerca a la entrada del desarenador, no tendrá placa de cubierta sino cerramiento que evite el ingreso de personas no autorizadas o animales y cumplirá los siguientes requerimientos:

Para el diseño del desarenador se requiere prever la eliminación de partículas con diámetro mínimo de 0,1 mm, con una velocidad del asentamiento vertical calculada en función de la temperatura del agua y el peso específico de la partícula, teniendo en cuenta el régimen laminar, de transición o turbulento y se deberá mantener una velocidad horizontal inferior a 0,25 m/s.

El peso específico de las partículas de arena por remover será de 2.65 gr/cm³; La relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de asentamiento vertical será inferior a veinte. El tiempo de retención de las partículas muy finas no debe ser menor de 20 minutos. Art 55 del ras 0330 de 2017

5.10.20 Modelación de redes de distribución de agua.

1. La modelación debe realizarse en periodo extendido, con frecuencia horaria, incorporando en los nodos los patrones de consume medidos en campo.
2. Los programas utilizados para la modelación hidráulica deben incorporar el método del gradiente para sus cálculos.
3. Todos los modelos hidráulicos deben estar calibrados y validados, con base en las series disponibles de presión, caudal y niveles de tanques. Art 57 del ras 0330 de 2017

5.10.21 Sectorización Hidráulica

Todas las redes deben estar sectorizadas con el fin de lograr la racionalización del servicio. El diseño de la sectorización debe estar basado en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica. Art 58 del ras 0330 de 2017.

5.10.22 Localización de redes de acueducto. Se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

En el caso de redes nuevas y cuando la persona prestadora del servicio público de acueducto en el municipio no tenga normas que especifiquen la localización de las redes de distribución de agua potable, las tuberías se deben ubicar en los costados

norte y oriente de las calles y carreras, exceptuando aquellas vías que lleven doble tubería.

Las tuberías de acueducto menores o iguales a 12" (300 mm) deben estar separadas de los paramentos a una distancia horizontal mínima de 0,5 m, para diámetros mayores las tuberías en lo posible deberán ir por calzada y tener un corredor libre para mantenimiento de mínimo de 1 m a lado y lado del borde exterior de la tubería, se deberá incluir en el cálculo las cargas vivas que puedan afectar las redes de acueducto.

Las tuberías de acueducto no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de alcantarillado de aguas residuales, lluvias o combinadas. Art 59 del ras 0330 del 2017.

5.10.23 Golpe de ariete en líneas de aducción y conducción.

A partir de las condiciones de operación que generen las mayores sobrepresiones y menores supresiones, se deben desarrollar comprobaciones de golpe de ariete, de manera tal que en función del resultado se establezcan las medidas correctivas para la prevención de este fenómeno. Art 69 del ras 0330 de 2017.

5.10.24 Disposición de los hidrantes.

La distancia máxima entre hidrantes debe ser de 300 m para zonas residenciales. Para zonas públicas, comerciales o industriales, la distancia máxima entre hidrantes debe ser determinada por el cuerpo de bomberos local, o en su defecto, por la entidad prestadora del servicio de acueducto. Se proyectarán hidrantes en la cercanía de edificaciones donde se concentren numerosas personas como centros educativos, hospitalarios, religiosos, teatros, entre otros. Art 71 del ras 0330 de 2017.

5.10.25 Diámetros mínimos de los hidrantes

Para todos los casos, los diámetros mínimos de los hidrantes contra incendios, colocados en la red de distribución de agua potable, deben ser de 75 mm en zonas residenciales con densidades menores de 200 Hab/Ha y 100 mm en sectores comerciales e industriales, o zonas residenciales con alta densidad, para tuberías de hasta 150 mm de diámetro. Para tuberías con diámetros superiores o iguales que 150 mm, los hidrantes deben tener un diámetro de 150 mm. Art 72 del ras 0330 de 2017.

5.10.26 Mediciones de caudal.

En todos los sistemas se deben instalar instrumentos de medición en la tubería y respetando las condiciones de instalación del tipo de medidor, que permitan la lectura y/o captura y almacenamiento de datos.

La medición debe hacerse como mínimo en los siguientes puntos:

1. En la entrada de las plantas de tratamiento, por cada una de las fuentes.
2. En la entrada y salida de sistemas de bombeo, superficial o pozo profundo.
3. En la salida de las plantas de tratamiento.
4. En la red de abastecimiento, en la entrada a los sectores hidráulicos.
5. En la salida de los tanques de almacenamiento. Art 73 del ras 0330 de 2017.

5.10.27 Medidores de presión.

Al interior de las redes de todos los sistemas de acueducto se debe contar con equipos que tengan la capacidad de tomar y almacenar mínimo 50.000 datos de presión al mes. Los medidores de presión deben estar calibrados por un laboratorio acreditado. Art 74 del ras 0330 de 2017.

5.10.28 Requisitos de diseño de los tanques de almacenamiento.

Durante la ejecución de los diseños de todos los tanques de almacenamiento deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Los tanques deben funcionar hidráulicamente con esquema de mezcla tipo FIFO (lo primero que entra es lo primero que sale). Si es necesario, se deben instalar paredes deflectoras u otro tipo de elementos que garanticen la circulación del agua en su interior y eviten zonas muertas.

2. Las esquinas de los tanques deben proyectarse achaflanadas.

3. Todos los tanques deben contar con sistemas de renovación de aire. El cálculo del borde libre se debe realizar de acuerdo a las condiciones sísmicas del terreno y el oleaje interno que se puede producir en un evento sísmico. En todo caso, como mínimo se debe tener un borde libre de 0.3 m.

Las ventanas o elementos de ventilación deben contar en todo momento con sistemas que impidan la entrada de sustancias contaminantes o vectores.

4. Se permite la recloración a la entrada de los tanques de almacenamiento en aquellos casos que se requiera, para garantizar que los niveles de cloro residual en toda la red permanezcan dentro de los rangos establecidos para la norma. Con el fin de alcanzar lo anterior, es necesario monitorear constantemente las concentraciones de cloro a la salida del tanque.

5. La tubería de salida debe ubicarse de tal manera que, para niveles mínimos de operación, no se generen vórtices, ni entrada de aire a la red, ni se permita la resuspensión de sedimentos.

6. Todos los tanques de almacenamiento deben contar con una pendiente en el fondo que facilite la evacuación de los lodos y las labores de limpieza.

7. El terreno sobre el cual estén construidos los tanques de almacenamiento debe contar con un Sistema de drenaje.

8. Todos los tanques deben contar con un sistema de alivio que tenga la capacidad de evacuar excesos. Este sistema debe dimensionarse con el fin de evacuar el QMD para el horizonte de diseño.

Art 79 del ras 0330 de 2017.



5.10.29 Volumen útil del tanque de almacenamiento.

El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento debe ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el de máxima consume. La capacidad de regulación se debe estimar a partir de los patrones de consume de cada zona abastecida, mediante el empleo de métodos gráficos o analíticos.

Art 80 del ras 0330 de 2017.

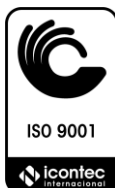
5.10.30 Lavado y limpieza del sistema de captación.

En los componentes que conforman la estructura de captación se debe realizar un lavado y limpieza de acuerdo con un programa de mantenimiento sujeto a las condiciones operativas del sistema.

Parágrafo. En el caso de desarenadores operados manualmente, la persona prestadora del servicio debe verificar mensualmente la eficiencia del proceso de remoción y disposición de los sedimentos retenidos por el desarenador. Art 82 del ras 0330 de 2017.

5.10.31 Desinfección de los pozos.

Todo pozo debe desinfectarse antes de ponerlo en funcionamiento o después de que se realicen labores de reparación o mantenimiento. Para realizar este procedimiento se podrán tomar como referencia básica los métodos reconocidos nacional o internacionalmente por las normas NTC, AWWA, UNE. Art 84 del ras 0330 de 2017.



5.10.32 Presiones hidrostáticas y estanqueidad.

Se deben llevar a cabo pruebas sobre todas las tuberías, válvulas, accesorios y demás elementos instalados. Para realizar este procedimiento se podrán tomar como referencia básica los métodos reconocidos nacional o internacionalmente por las normas NTC, AWWA, UNE. Art 87 del ras 0330 de 2017.

5.10.33 Desinfección de tuberías

Siempre que se ponga en servicio una tubería nueva o se hagan trabajos de reparación o mantenimiento de tramos existentes, estas deberán ser desinfectadas. Para realizar este procedimiento se podrá tomar como referencia básica los métodos reconocidos nacional o internacionalmente por las normas NTC, AWWA, UNE. Art 88 del ras 0330 de 2017.

5.10.34 Fugas y pérdidas de agua en la red de distribución de agua potable.

Para todos los ciclos de facturación deberá establecerse el porcentaje de pérdidas, tanto para cada uno de los sectores hidráulicos, coma para el global del sistema. En los casos en que las pérdidas se encuentren par encima del valor máxima permitido, se deberá diseñar e implementar un programa de control y reducci6n de las mismas. Art 89 del ras 0330 de 2017.

5.10.35 Mantenimiento preventivo de las válvulas en la red de distribución.

Una vez que entren en operación y durante todo el periodo de vida útil del proyecto, debe realizarse una inspección preventiva, teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en las normas técnicas correspondientes para cada accesorio y deben operarse con una frecuencia mínima de un (1) año. Art 92 del ras 0330 de 2017.

5.10.36 Mantenimiento de válvulas reductoras de presión o válvulas de orificio.

Debe verificarse su estado, su ecuación de calibración y sus mecanismos de operación por lo menos una vez cada tres meses. En todos los casos deben considerarse las normas técnicas vigentes, así como las recomendaciones de los fabricantes. Art 93 del ras 0330 de 2017.

5.10.37 Mantenimiento de accesorios en aducciones.

Independientemente de si el transporte del agua se realiza a superficie libre o bajo flujo a presión, deberá realizarse la verificación del estado, la apertura y el cierre de válvulas, purgas, ventosas, compuertas, etc., con una frecuencia mínima de un año. En todo caso, deben seguirse las recomendaciones establecidas en las normas técnicas correspondientes para cada accesorio. Art 94 del ras 0330 de 2017.

5.10.38 Mantenimiento de los equipos de bombeo.

Dentro de las actividades de mantenimiento preventiva de los equipos de bombeo debe realizarse como mínimo la inspección general, la verificación de los niveles de ruido y de vibración de los equipos, la limpieza, lubricación y alineación de los componentes, y la verificación del estado de los accesorios y de las instalaciones eléctricas, conforme al manual de mantenimiento definido por la persona prestadora del servicio. Art 95 del ras 0330 de 2017.



6 MARCO CONCEPTUAL

Agua: el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente.

Agua potable: es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

Accesorios: Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos etc.

Acometida: Derivación de la red local que llega hasta el registro de corte del inmueble. Permite al usuario abastecerse del servicio público y debe ser pagada por él. En edificios de propiedad horizontal, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acometida clandestina o fraudulenta: Acometida o derivación de acueducto o alcantarillado no autorizada por la entidad prestadora del servicio.

Acometida de acueducto (Decreto 302 de 2000): Derivación de la red local de acueducto que se conecta al registro de corte en el inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acueducto: Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

Acuífero: Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.



Aducción: Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Afluyente: Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio o a algún proceso de tratamiento.

Aforo (Resolución CRA 14 de 1997): Procedimiento por el cual se mide o estima la cantidad de agua que normalmente utiliza un usuario. Igualmente se emplea este término para estimar la cantidad de basura que produce un usuario.

Aforo de agua:

Es el procedimiento por medio del cual se mide o estima la cantidad de agua que normalmente utiliza un usuario.

Agua cruda: agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Almacenamiento: en sistemas de acueducto, acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Anclaje: Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.

Aguas lluvias: Aguas provenientes de la precipitación pluvial

Almacenamiento (acueducto): Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Capacidad hidráulica: Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal específico de distribución: Caudal de distribución medio que se presenta o se estima en un área específica y definido en términos de caudal por unidad de área o caudal por unidad de longitud de tubería de distribución instalada o proyectada en el área de diseño.

Caudal máximo diario: consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal máximo horario: consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal medio diario: consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Cota de batea: nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

Golpe de ariete: Fenómeno hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, bien sea por el cierre rápido de una válvula o por el apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobre elevación de la presión, supresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.

Nivel de complejidad del sistema: Rango en el cual se clasifica un proyecto el cual depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera.

Nodos de consumo: Punto en el cual se unen dos o más tuberías y se presenta una conexión de un grupo de suscriptores.

Optimización: Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

Planimetría: Estudia los elementos plan métricos del terreno, entendiéndose por ellos todos los elementos naturales y artificiales del mismo que forman su revestimiento, como, por ejemplo: ríos, casas, caminos, etc., y los expresa por medio de figuras convencionales (cartográficos).

EOT: esquema de ordenamiento territorial, Conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

Catastro de red: Sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada y relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y todo accesorio de la red.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Cota de batea: Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

Cota de clave: Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Sectorización: Corresponde a la división del área total de una red de distribución, en zonas de estudio que permiten determinar diferencias en los factores de pérdidas de manera más detallada, y tomar acciones operativas. Es la división de una red de distribución en dos o más sectores hidráulicos, en la que cada sector con puntos definidos de alimentación o entrada de agua, opera independientemente, garantizando la prestación óptima del servicio a los usuarios comprendidos dentro de cada sector.

Tanque de almacenamiento: Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos picos, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas

Tubería: Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Válvula: Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable.

Zona de presión de la red de distribución: Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites.

Hidrante: elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

Población flotante: población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un espacio de tiempo corto por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.

Diámetro de diseño: bajo la hipótesis de flujo uniforme para la selección del diámetro se acostumbra utilizar la ecuación de Manning, se debe asegurar un borde libre que permita la adecuada ventilación de la tubería por la razón de la alta peligrosidad de los gases que en ella se forman.

Redes de distribución: se designa con el nombre de red de distribución, el conjunto de tuberías urbanas encargadas de la repartición del agua a las diversas casas de la localidad.

Velocidad mínima: velocidad mínima de operación en los canales de aducción localizados aguas abajo de las captaciones, se debe utilizar una velocidad mínima de 0.6 m/s, exceptuando los canales construidos en arenas o médanos, en los cuales dicha velocidad mínima es 0.4 m/s.

Tanque superficial: Se utilizan este tipo de tanques, cuando el terreno sobre el que se va a utilizar de base tiene la capacidad necesaria para soportar las cargas impuestas, sin sufrir deformaciones importantes y queda la totalidad de la estructura por encima de la superficie del terreno.

Tanque enterrado: Se construyen totalmente bajo la superficie del terreno. Se emplean cuando el terreno de ubicación es adecuado para el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y cuando es necesario excavar hasta encontrar un estrato de soporte más resistente.

Tanque elevado: se emplean cuando se necesita altura para suministrar la energía suficiente al agua y lograr su distribución. Son de diferentes tamaños dependiendo del volumen que almacenarán y esto condicionará su forma.

Estructuración de un tanque: es de primordial importancia que los tanques para el almacenamiento de agua se mantengan impermeables a la filtración del agua. Se evitará asimismo, la contaminación del agua potable por el contacto con el agua freática, así como la contaminación de los mantos acuíferos si se trata de aguas residuales y evitar las posibles fugas de agua que establezcan las condiciones del suelo portante. En casos que se presente este tipo de agua se debe construir un sistema de drenaje donde se garantice que el nivel de agua freática no tocará la estructura del tanque.

Los tanques se componen de diversos elementos estructurales: muros que soportan los empujes de agua y de tierra; así como las fuerzas provocadas por el sismo y el viento. Cimentaciones que pueden consistir de zapatas corridas bajo los muros o una losa que ejerza una función estructural y que al mismo tiempo, constituya el piso o fondo de los tanques. Pisos o fondos de los tanques, los cuales pueden ser una losa estructural o una membrana impermeable de concreto simple. Cubiertas o tapas de los tanques. Accesorios tales como: escaleras, tuberías, válvulas, etc.

La red de distribución primaria o red matriz de acueducto: Es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales de servicio en la población y que distribuyen el agua procedente de las líneas expresas o de la planta de tratamiento hacia las redes menores de acueducto. Las redes matrices son los elementos sobre los cuales se mantienen las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto del sistema de distribución general. Para todos los niveles de complejidad del sistema no puede haber conexiones directas de suscriptores a las tuberías que conforman la red matriz.



7.1 Localización y extensión

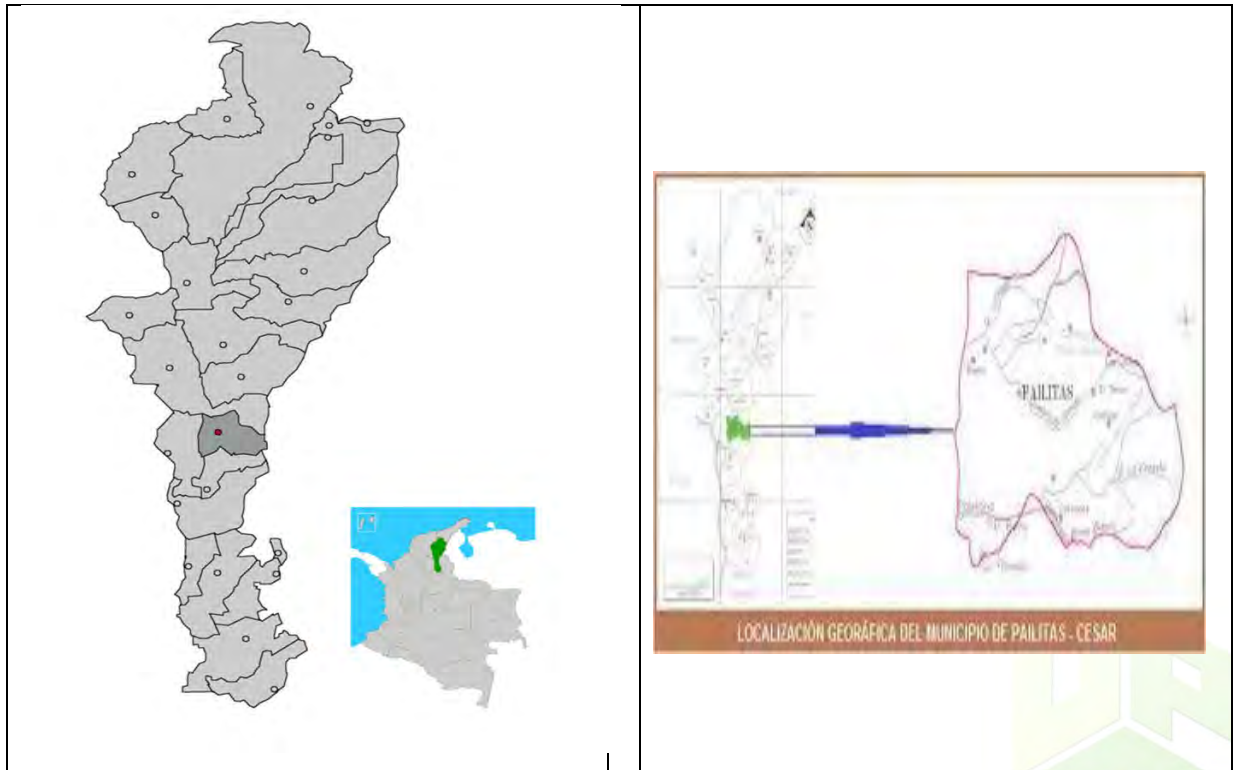
La cabecera municipal de Pailitas está localizada a los 80° 57' de latitud y 73° 40' del meridiano de Greenwich, tiene una altura de 77mts sobre el nivel del mar.

LIMITES DEL MUNICIPIO

Norte: El Municipio de Chimichagua

Sur: El Municipio de Pelaya

Este: Con el Departamento del Norte de Santander



Extensión total: El municipio de Pailitas tiene una superficie de 512.5 Km², de los cuales 4.0 Km² corresponden a la zona urbana y 508.5 Km² a la zona rural.

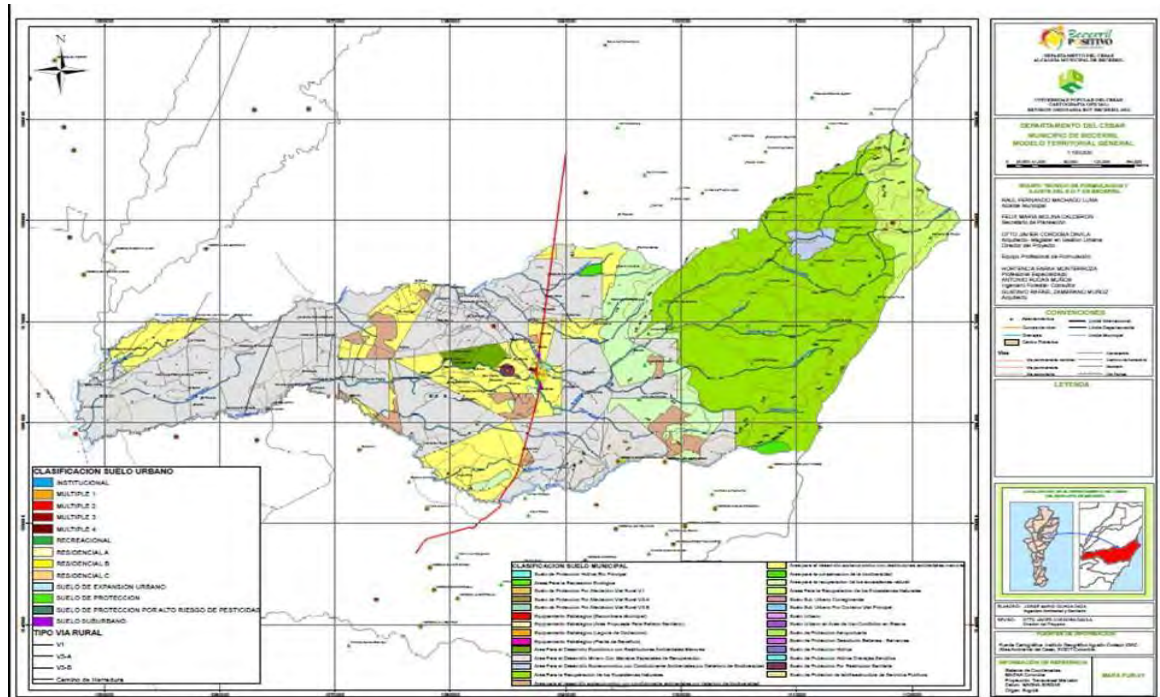
Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 77 m.s.n.m.





Temperatura media: Se encuentra entre los pisos térmicos cálidos con temperaturas mayores a 32° en su zona más plana y clima medio con las temperaturas entre 17.5° y 24° en sus zonas quebradas.

Corregimientos: El Burro, La Floresta, Los Llanos, Palestina y Rivera Veredas: Arroyo Hondo, Barro Blanco, Bobali 1, Bobali 2, Bubeta, Caño Arenas, Caracolí, El Diviso, El Refugio, Guarumeras, La Cabaña, La Paz, La Rayita, La Unión, Las Llaves, Los Andes, Los Corazones, Los Manantiales, Mundo Nuevo, Ocho de Diciembre, Pailitas 1, Pailitas 2, Pailitas 4, Pailitas 5, Pailitas 6, Pailitas 7, Quebrada Chiquita, Quebrada Honda, Raya Grande, San Isidro, San José, San José de Tagoaje, Singarare, Villanueva.





7.2.1 División política administrativa

De acuerdo con la planimetría llevada a cabo por el Esquema de Ordenamiento Territorial en el estudio, su extensión es de 136.159,71 Ha, que representa el 5.6% del área del departamento; las cabeceras Municipal y Corregéntales tienen un área de 282 Ha. y la distancia a la capital del departamento, Valledupar, es de 145 Km.

7.2.2 Descripción y localización de las veredas

Las veredas de Caño Arenas y Las Llaves están localizadas en la serranía de Perijá o cordillera oriental cubre gran parte del territorio municipal, con alturas que varían entre los 60 y 2300 mts sobre el nivel del mar, destacándose los principales accidentes geográficos como: Cerro Bobali Norte y Central, Cerro Azul, Cuchilla Bobilandia y cuchilla Mundo Nuevo; su sistema hídrico está conformado por la estrella fluvial del cerro Bobali que nacen las quebradas de Arroyo Hondo, Floresta, Singararé, Las llaves, Barroblanco, Caño trapiche, Caño arenas, Caño azul y Caño el burro; y la estrella fluvial del cerro Los Andes que nacen las quebradas de Rayita y Verde. La mayor población está centrada en la zona urbana con 12.299 habitantes equivalente al 69.15% se encuentran en la cabecera municipal y el 35.13% (4632 habitantes) en la zona rural. Las principales actividades del municipio son la agricultura en especial los cultivos de: maíz, café, cacao y aguacate; y la ganadería (ganado vacuno).

7.2.3 COSTUMBRES

Febrero: Carnavales.

Pailitas es un pueblo de tradiciones, en el mes de febrero se realizan los carnavales, en donde las personas mancomunadamente, dan a conocer las raíces históricas que dieron origen a la población, esta festividad se alterna o complementa con música, shows, espectáculos, etc.



En semana santa, el pueblo se engalana y destaca en el departamento por su religiosidad, en esta celebración se realizan procesiones en honor a la virgen del Carmen, pero lo más destacado es el alto número de creyentes que visitan el municipio para deleitarse con los ricos manjares y delicias de Pailitas.

Julio: Fiestas Patronales

Para el mes de julio se realizan las Fiestas Patronales de la Virgen del Carmen, éstas son las más destacadas y reconocidas del municipio y la región, en la festividad que va del 16 a 20 Julio, se realizan cabalgatas, corridas de toros, eucaristías y procesiones en honor a la virgen del Carmen, conciertos de cantantes destacados nacionalmente, muestras y exposiciones agrarias, ganaderas, porcinas, etc.

Octubre: Encuentro Departamental De Bandas

Desde el año 2007 se ha realizado en este municipio un encuentro de bandas y coros a nivel regional, posteriormente en el 2009 se inició el primer Encuentro Departamental de Bandas del Cesar, que se realiza hasta la fecha.

Este encuentro, es una muestra departamental de las mejores bandas marciales del Cesar, este certamen es muy competitivo y apetecido por cada uno de los músicos de la región.

Diciembre: Copa Navideña

Este torneo reúne a los mejores equipos de microfútbol del país, los cuales se disputan este certamen reconocido nacionalmente por su gran categoría y profesionalismo el torneo va del 1 al 22 de diciembre.

Diciembre: Reencuentro Pailitense

El 23 de diciembre se realiza este evento para dar la bienvenida a todas aquellas personas que son de Pailitas, pero viven en otros lugares del país, el evento es acompañado de conciertos y juegos pirotécnicos.



7.2.4 ASPECTOS FISICOS

Hidrografía

La red hidrográfica del Municipio de Pailitas corresponde al área de influencia de la cuenca de la Ciénaga de Zapatoza. El Territorio Municipal posee 4 Subcuencas las cuales son compartidas con los Municipios de Chimichagua, Curumaní, Tamalameque y Pelaya. Estas subcuencas son: Quebrada Arroyo Hondo; Quebrada Floresta, Quebrada Animito, Quebrada de Singarare; y un área mínima ubicada en el sector Sur Occidental del Municipio correspondiente a la zona de relieve de abanico Coalescentes, conformada por pequeños arroyos y caños que se desemboca en la Ciénaga de Antequera y Bijao cuerpo de agua adyacentes del complejo cenagoso de la Zapatoza. (Tamalameque) Ver tabla:

tabla3. Cuencas hidrográficas

Nº ORDEN	CUENCA	Nº SUB ORDEN	SUBCUENC A EL SISTEMA	AREA EN EL MUNICIPIO	ALTURA CABECERA m.s.n.m	LONGITUD DE LA CORRIENTE (Kms)
2502	Ciénaga Zapatoza	2502-6	Quebrada Arroyo Hondo	29.161	2.200	73.6
		2502-7	Quebrada La Floresta	18.607	2.000	71
		2502-4	Quebrada Animito	1.673	800	0.9
		2502-9	Quebrada Singarare	1.809	2.200	17

Topografía

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Pailitas tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 298 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 96 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones muy grandes de altitud (1.379 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (2.897 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de Pailitas está cubierta de pradera (36 %), árboles (32 %) y



arbustos (24 %), en un radio de 16 kilómetros de árboles (49 %) y pradera (25 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (56 %) y pradera (19 %).

Temperatura

La zona se caracteriza por presentar un clima cálido seco, temperatura promedio de 27° y una precipitación anual cercana a los 1.200 mm, con dos periodos muy marcados de lluvias de abril a junio y de septiembre a noviembre. Los períodos secos se distribuyen en los meses de diciembre a febrero y de julio a agosto.

Régimen de lluvia

El municipio de Pailitas cuenta con una estación meteorológica en su área denominada COL AGRO Pailitas, que posean información generada sobre valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, por tal motivo para mayor homogenización de la parte climática. Se denomina precipitación al agua que proviene de la humedad atmosférica y cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido. La precipitación es un elemento fundamental del ciclo hidrológico y la principal entrada de agua al sistema natural de la cuenca, constituye un aspecto de trascendencia para la actividad biológica y socioeconómica precipitaciones que varían de 2000 a 4000 mm/año. Pailitas tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura 11 meses, del 4 de febrero al 8 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros.

Relieve

En el municipio se presentan 4 unidades diferenciadas por su origen o genéticas tales como: Montañas denotativas fluviogravitacionales; montañas estructurales denotativas, llanura aluvial del piedemonte y piedemonte coluvial.

El relieve montaña denotativa. Se distribuye en alturas de 800 m.s.n.m. hasta 2.200 msnm, en ambientes climáticos templados semihúmedos y cálidos semihúmedos, en materiales de rocas sedimentarias y metamórficas, con laderas irregulares y cimas agudas o redondeadas.

Las montañas estructurales denotativas. Son geo formas características de la Serranía del Perijá en ambientes climáticos templado, semihúmedo y cálido semihúmedo, son montañas estructurales en complejos sedimentarios en rocas areniscas, lutitas, limonitas, arcillolitas y calcitas influenciadas por depósitos de cenizas volcánicas en la parte de topografía más suave, con laderas ligeramente inclinado escarpado.

La llanura aluvial de piedemonte. Corresponde a planicies con topografía de glaciares que se extiende al pie del sistema montañoso, el cual han sido formada por sedimentación de las corrientes de agua que drenan de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas, las formas predominantes de estas geo formas.

Clima

En Pailitas, los veranos son cortos y muy caliente; los inviernos son cortos, caliente y mojados y está opresivo y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 39 °C.

Geología

En el sector del municipio de Pailitas (departamento del Cesar), localizado entre las cordilleras Oriental y Central de Colombia, afloran mayoritariamente rocas Precámbricas (tanto de alto como de bajo grado de metamorfismo) y Mesozoicas (plutónicas, hipo abisal, volcanoclásticas, volcanosedimentarias y sedimentarias continentales), estas últimas agrupadas dentro de la denominada Formación Noreán. La relativa amplia distribución espacial de las rocas de esta unidad, las relaciones entre sus diferentes litologías, las edades de cristalización de sus cuerpos ígneos plutónicos e hipo abisales (edades U-Pb en circones de $176,7 \pm 2,2$ Ma y $176,0 \pm 2,1$ Ma, respectivamente), como también las máximas edades de deposición de sus rocas volcanosedimentarias (con picos de edades U-Pb en circones detríticos alrededor de 190 Ma), sugieren que esta unidad se formó en un ambiente tectónico extensivo, el cual permitió tanto el desarrollo de sistemas

volcano-plutónicos como la deposición simultánea de sedimentos continentales. En el contexto regional es posible relacionar temporalmente las litologías ígneas aflorantes en el área del municipio de Pailitas, con el arco magmático calco-alcalino de edad Jurásico Temprano-Medio, representado hoy en los cuerpos ígneos coetáneos presentes en la Sierra Nevada de Santa Marta, Norosí, San Martín, San Lucas, Ibagué Sur.

La quebrada La Floresta cuenta con una amplia variabilidad granulométrica de sedimentos, siendo de mayor proporción las grava, arena gruesa y arena fina, con o sin material fino bien graduado, con predominio de gravas y un aporte sedimentológico de 4.944.679.344,77 m³/año.





8 MARCO LEGAL

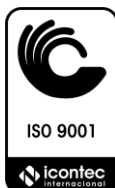
El deber del estado de asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos domiciliarios según la constitución política colombiana. Mediante al artículo 356 y 357 se crea el Sistema General de Participaciones de los Departamentos, Distritos y Municipios, con el fin de atender los servicios a cargo de estas entidades y proveer los recursos para financiar adecuadamente su prestación.

- ✓ **Ley 09 de 1979:** Código Sanitario
- ✓ **Ley 79 de 1986:** Conservación y protección del recurso agua.
- ✓ **Ley 99 de 1993:** Creación del Ministerio del Medio Ambiente.
- ✓ **Ley 142 de 1994:** Regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.
- ✓ **Ley 388 de 1997:** Planes de Ordenamiento Territorial.
- ✓ **3177 DE 2002:** Manejo de agua residuales
- ✓ **3246 DE 2003:** Lineamientos de política para el sector de agua potable y saneamiento básico
- ✓ **3031/ 99:** Plan para el sector de agua potable y saneamiento básico.

La principal norma que rige la calidad del agua en Colombia es el Decreto 1575 y resolución 2115 del año 2007, por medio del cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

➤ Decreto No. 849 de abril 30 reglamentación del artículo 78 de la ley 715 de 2001.

El objeto del presente decreto reglamentario es definir los requisitos que deben cumplir los municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD, para la expedición de la certificación que permita el cambio de la destinación de los recursos que la Ley 715 de 2001 ha estipulado inicialmente para el desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico, así como la definición de las obras elegibles a ser financiadas con dichos recursos.





➤ Resolución 330 de 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.



9 MARCO METODOLOGICO

La línea de investigación se encuentra establecida en la que demarca el departamento de ingeniería ambiental y sanitaria que corresponde a la Gestión integral del agua.

9.1 SUBLINEA DE INVESTIGACION

Sistemas de captación, tratamiento y distribución de agua potable.

9.2 TIPO DE INVESTIGACION

Aplicativa es el proceso de conocimiento en el que el interés primordial radica en buscar información fundamentalmente empírica sobre problemas que surgen en el ámbito institucional a fin de plantear alternativas de solución. Los resultados de la investigación aplicada permiten realizar un diagnóstico de la situación o problema estudiado, y sirven para dirigir el proceso administrativo (planeación, organización, dirección y control).

9.3 NIVEL DE INVESTIGACION

Este tipo de investigación es de manera descriptiva con una orientación cualitativa y cuantitativa. La investigación nos permite describir características generales del funcionamiento del sistema de distribución del recurso hídrico e identificar como suplir las necesidades insatisfechas por lo cual se optimiza la red de distribución y un nuevo tanque almacenamiento para el municipio de Pailitas, Cesar.

Sierra Brava, R, (1995) y (2002) También conocida como la investigación estadística, se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. Este nivel de Investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo.

9.4 POBLACION DE ESTUDIO

La investigación ha de realizarse en la población del municipio de Pailitas (Cesar), para lo cual se tuvo en cuenta un análisis demográfico con estimaciones de la población de la zona basadas en los últimos resultados arrojados por el DANE.

9.5 MUESTRA POBLACIONAL

Se tomarán los barrios del sector urbano del municipio de Pailitas.

9.6 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

A continuación, se describen las fases y la metodología a seguir para alcanzar optimización del sistema de distribución de agua potable en el municipio de Pailitas: para la elaboración de esta investigación se hizo un reconocimiento de la zona de estudio con el fin de identificar la problemática, sus posibles soluciones y las ventajas y desventajas de las mismas. De igual modo, con la información recolectada y una vez inspeccionados las limitaciones y beneficios del proyecto se considera el diseño de un sistema de acueducto como la opción más factible para darle solución al problema de estudio, esto a través de un diagnóstico previo que posibilite valoraciones posteriores.

Etapa 1: RECOLECCION DE LA INFORMACION DE CAMPO

Actividad 1.1: Diagnóstico de las condiciones iniciales

Se realizó un diagnóstico basado en las normas recomendaciones y especificaciones dictadas por la Resolución 0330 de 2017. Para obtener una idea clara de las características de la red de acueducto y así recolectar información más detallada de la ubicación geográfica, longitudes, tipo de material, diámetros de tuberías, accesorios, medida tanque almacenamiento etc. La recolección de información empezó en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Pailitas (Cesar) lugar donde empieza la estructura de redes de distribución de agua potable que se extienden por todo el sector urbano. Durante el recorrido se llevó a cabo un diagnóstico de accesorios presentes en la red, con el objetivo de analizar

su estado y funcionamiento, en este recorrido se identificarán puntos críticos del sistema en donde se producen problemas que afectan la adecuada distribución.

Etapa 2: Elaboración del plano actual

Actividad 2.1: Diseño del plano de la red de distribución de agua potable.

Teniendo en cuenta la información recolectada se procedió a realizar el plano inicial y se estableció la identificación de las cotas en los nodos hidráulicos, los cuales son la base del proceso de simulación hidráulica. En el plano se incluirá las futuras zonas donde se piensa expandir la red de distribución con sus respectivos accesorios y el tanque de almacenamiento, la cual se establecería como perímetro sanitario del municipio.

Etapa 3: SIMULACION HIDRAULICA FUTURA

Actividad 1.1: Realización de la simulación de las redes mediante el programa EPANET, AUTOCAD

Condiciones de distribución de flujo, nos permitió conocer las presiones y un sin número de aspectos y factores que son significativamente importante para poder diseñar las redes y el tanque de almacenamiento teniendo en cuenta los nodos y los respectivos accesorios.

Etapa 4: REALIZACIÓN DEL PLANO DE LA RED ACUEDUCTO A FUTURO Y REDISEÑOS A FUTURO

Actividad 1.1 Plano completo con la simulación hidráulica

En esta etapa se realizó el plano completo con la simulación hidráulica respectiva, en los programas en los cuales se ingresaba datos de caudales suministrados, demanda en cada nodo de distribución, y la proyección poblacional. Para poder evaluar cómo opera el sistema.

**Etapa 5: SIMULACION HIDRAULICA TENIENDO EN CUENTA LAS
CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN SIGUIENDO LOS
LINEAMIENTOS DEL RAS 0330 DEL 2017.**

**Actividad 1.1: La simulación hidráulica tiene como rigor el parámetro y
directrices establecidos en el documento resolución) 0330 del 2017.**

En este plano se establecen los cambios necesarios para lograr buenas condiciones de operación del sistema, en dichos planos se incluirán las futuras zonas de expansión del municipio las cuales contarán con redes proyectadas.





10 ANALISIS Y RESULTADOS

10.1 DIAGNOSTICO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PAILITAS CESAR

10.1.1 Fuente de abastecimiento

La red hidrográfica del municipio de Pailitas corresponde al área de influencia de la cuenca de la Ciénaga de Zapatoza. El territorio municipal posee 4 Subcuencas las cuales son compartidas con los municipios de Chimichagua, Curumaní, Tamalameque y Pelaya.

Estas subcuencas son: Quebrada Arroyo Hondo; Quebrada La Floresta, Quebrada Animito, Quebrada de Singararé; y un área mínima ubicada en el sector sur occidental del municipio, conformada por pequeños arroyos y caños que se desemboca en la Ciénaga de Antequera y Bijao cuerpo de agua adyacentes del complejo cenagoso de la Zapatoza.

tabla4. Resumen de las fuentes superficiales en el municipio

CUENCA	SUBCUENCA EL SISTEMA CIENAGOSO	AREA EN EL MUNICIPIO Hac	ALTURA CABECERA m.s.n.m	LONGITUD DE LA CORRIENTE (Kms)
Ciénaga Zapatoza	Quebrada Arroyo Hondo	29.161	2.200	73.6
	Quebrada La Floresta	18.607	2.000	71
	Quebrada Animito	1.673	800	0.9
	Quebrada Singarare	1.809	2.200	17

El sistema de acueducto tiene como fuente de abastecimiento la quebrada arroyo hondo. Su cuenca tiene una longitud de 73,6 Km.





Foto No. 01: Cauce quebrada Arroyo Hondo



Foto No. 02: Cauce Arroyo Hondo

10.1.2 Captación

El sistema de acueducto dispone de dos fuentes de abastecimiento superficiales, Quebrada Arroyo Hondo con registros anuales máximos de 2000mm al año, y lluvias hasta de 24 horas con registros de 104mm, tiene el caudal suficiente para abastecer al municipio; el sitio de captación está en la vereda el Terror, aldeaña a la estación pluviométrica. El sistema de acueducto cuenta con una bocatoma de fondo, constituida por una presa o muro estabilizador construido en concreto ciclópeo en el año 1.984 por Empocesar Ltda. Sobre el cauce la Quebrada arroyo Hondo, la cual mantiene un caudal medio de 3,50 m³/s y un caudal mínimo de 800 lps. La otra fuente de abastecimiento es la Quebrada Verde, con un caudal medio aproximado de 20lps. La tala indiscriminada y vulnerabilidad del ecosistema ha desprotegido su cuenca, en verano baja su caudal a 15lps, abastece un sector de la población sin ningún tratamiento, mezclándose el agua filtrada de la Planta de Tratamiento, con el agua cruda que viene de Quebrada Verde en la red de distribución, por lo cual no hay confiabilidad en el servicio que se presta a la comunidad, además de que no se realiza la desinfección. Para esta fuente alterna, se debe explorar su viabilidad. La



estructura de captación en la Quebrada Arroyo Hondo, construida en la Vereda el Terror, es de fondo a través de rejillas compuesta de barrotes de acero de $\frac{3}{4}$ " separados cada 2cm libremente, con muro estabilizador fundado sobre roca, se encuentra en regular estado parcialmente socavada en su cuerpo, con caja de derivación el caudal captado es de 80lps. De la captación se conduce por un canal el agua a una caja de salida con vertedero, sale de la caja de derivación un canal de sección 0,60m x 0,80m con una longitud de 120m hasta los desarenadores.

10.1.3 Estado de la captación

Dado la que su construcción fue construida en un sitio que garantiza su estabilidad, se encuentra en buen estado como se puede apreciar en las fotos.

10.1.4 Componentes

La captación está conformada por una cámara de derivación con su respectiva compuerta de desagüe y vertedero de excesos. Además, tiene cuatro rejillas de fondo, instalada sobre el muro estabilizador, el cual tiene un canal para recibir y transportar el caudal captado de alrededor de 450 lps, es decir cinco veces la demanda máxima diaria para poder realizar el auto lavado de la misma.

imagen2.captación



**Foto No. 03: Cauce quebrada Arroyo
Hondo**



Foto No. 04: Cauce Arroyo Hondo

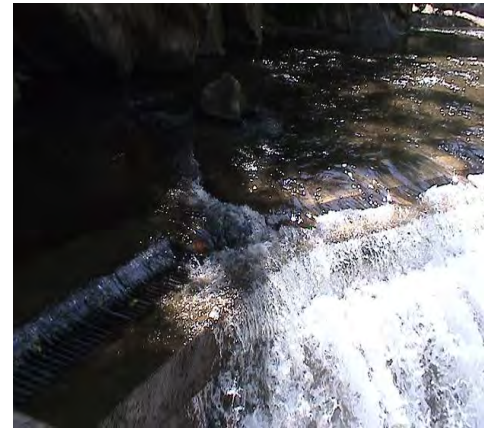


Foto No. 05: Muro estabilizador de la captación

Foto No. 06: Zona de captación de la bocatoma

Requerimientos al inicio y horizonte del proyecto para la captación

A continuación, presentamos los requerimientos de caudal a la fecha y al horizonte del proyecto (año 2045) y, lo confrontamos contra la capacidad actual instalada en bocatoma, basándonos para ello en la proyección de población y de caudales mostrados en la Tabla 5.

tabla5. Comparaciones caudales requeridas en captación contra capacidad instalada.

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (lps)
2020	21.170	450	120.0	
2045	32.811	180		180.0



La aducción captación desarenador está constituida por un canal de concreto de sección 0.60 x0.60 m y tiene una longitud de 150.0 m. Dado su pendiente del 0,50%, la capacidad de transporte es de 600 lps, y la velocidad de 1.70 m/s, suficiente para el arrastre de material pétreo.

imagen3.Aducción



Estado de la aducción captación- desarenador

Este componente del sistema acueducto es un canal en concreto reforzado, se puede afirmar que se encuentra en buen estado.

Requerimientos al inicio y horizontes del proyecto para aducción

Al confrontar la capacidad instalada de la aducción, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que no se requiere ampliación ni mejoras al canal, ya que la capacidad instalada es de 600.0 lps y además se encuentra en buen estado. Ver Foto 5.

**tabla6. Comparaciones caudales requeridos en aducción Captación-
Desarenador.**

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (lps)
2020	21.170	600.0	60.0	
2045	32.811			90.0

10.1.6 Desarenador como pretratamiento

El pretratamiento está constituido por dos unidades de desarenación de capacidad 45 l/s cada uno. Las dimensiones de cada uno son: el fondo o zona de almacenamiento de lodos de cada módulo está constituido por tres tolvas de 4.0 m de largo y 3.0 m de ancho; para realizar el auto lavado o desarenación continua dispone de sendas válvulas de fondo de Ø 10". Así mismo se dispone su respectivo canal By - Pass se garantiza la continuidad del flujo cuando por alguna circunstancia haya necesidad de sacar de servicio el desarenador. Las características de cada zona son:



imagen4.Desarenador

**Vista general desarenador existente- Foto No. 10: Zona de excesos del
Desarenador.**

Zona I: Constituida por una cámara de aquietamiento de 0.90 m de largo, ancho 0.90 y profundidad de 1.50 m. El tiempo de retención esta cámara es de 15 seg.

Zona II: Es de forma rectangular y tiene las siguientes dimensiones: 0.80 m de largo, ancho 4.0, y una profundidad de 1.50 m. Este desarenador tiene una pantalla difusora con 42 orificios de 6" de diámetro y una ranura de 4.50x0.10 m. Con un caudal de 80 lps la velocidad de paso es de 0.08 m/s, con lo cual se garantiza flujo laminar y cumple con lo estipulado en el RAS-2.017 la cual debe ser menor de 0.10 m/s. En el canal by. Pass el desarenador presenta sobre el muro terminal tiene el vertedero de rebose o de excesos, de 0.80 m de ancho, el cual descarga a la superficie del terreno y esta la conduce hacia el caudal de la fuente.

Zona III: Comprendida entre la pantalla difusora y la trampa de hojas, tiene 12.0 m de largo, ancho 3.0 m y 1.50 m de lámina de agua y para almacenamiento lodos 1.00 m.



**Foto No. 11: Vista general desarenador
existente**

imagen5.Vista general desarenador



**Foto No. 12: Zona de entrada
Desarenador**

Con un volumen de 54.0 m³, considerando partículas de arena de Ø 0.00005 m, el tiempo de retención es de 20 s y la velocidad horizontal es de 0.01 m/s. Por norma, la velocidad de traslación máxima es de 20 veces la velocidad de sedimentación.

Velocidad de traslación máxima = $20 \times 2.99 = 59.8 \text{ mm / s}$

Valor de traslación actual = $1.1 \text{ mm / s} < 59.8 \text{ mm/s. Ok.}$

Dispone de una trampa de hojas a 0.75 m del vertedero de salida; los materiales flotantes que detenga esa trampa se descargarán por el vertedero de rebose de la parte posterior.

La velocidad de paso entre la trampa y el vertedero es de:

$$v = \frac{0.045}{3.0 \times 0.70} = 0.02 \text{ m/s} \rightarrow \text{O.K. Flujo Laminar}$$

Zona IV: Tiene 1.20 m de largo, ancho 3.0 m, dividida en dos cámaras por el muro vertedero de 0.20 m de ancho y profundidad de 1.50 m.

Zona V: Comprendida entre la pantalla difusora y la trampa de hojas, tiene 12.0 m de largo, ancho 3.0 m dividida en tres tolvas para la conformación de la zona de almacenamiento o depósito de los lodos y su profundidad máxima es de 1.0 m con sus respectivas válvulas de fondo de $\varnothing 10''$ cada una.

El numeral B.4.4.6.4 del RAS recomienda que la relación entre la longitud útil del desarenador y la profundidad efectiva para almacenamiento de arena sea 10 a 1. La profundidad efectiva para el almacenamiento de arena en el desarenador debe estar comprendida entre 0.75 m y 1.50 m. La altura máxima, para efectos del almacenamiento de la arena, puede ser hasta el 100 % de la profundidad efectiva. Como ya se dijo antes, por la aducción de $\varnothing 16''$ de A.C. que llega a este desarenador transporta un caudal ligeramente superior al diseño, con el fin de dejar las compuertas del desarenador parcialmente abiertas para que continuamente estén descargando hacia el desagüe.

10.1.7 Estado del desarenador

Con las dimensiones del desarenador se concluye que satisface las condiciones exigidas en los numerales 4.6.3 y 4.6.4 del RAS-2.017, relacionadas con la relación largo a ancho, tiempo de retención, carga superficial y velocidad de flujo, eficiencia, número de Reynolds, zona de almacenamiento de lodos, desagüe, etc.

La operación para el caudal de operación es normal, las estructuras se encuentran en buen estado, a excepción de las válvulas de desagüe y de control de accesos al by pass y al desarenador se encuentran deterioradas.

Requerimientos al inicio y horizontes del proyecto desarenador

Al confrontar la capacidad instalada del desarenador, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que existe un déficit de 30.0 lps, lo que establece la necesidad de construir un nuevo desarenador, que cubra el déficit del acueducto. Ver Tabla 7.

tabla7. Comparación Caudales Requeridos en aducción Contra Capacidad Instalada.

AÑO		POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (lps)
2020		21.170	90.0	60.0	
2045		32.811			90.0

10.1.8 Aducción desarenador planta de tratamiento

La línea de aducción tiene una longitud total de 11.200,0 m tubería de H.D., conformada así: 3700 M Ø 10" y 7.500 m de Ø 12" en H.D; su capacidad de transporte es de 90 lps. Esta aducción tiene aproximadamente 10 años de servicio, construida como inicio del PDA en el departamento de El Cesar.

10.1.9 Estado de la línea de aducción

Como la capacidad de transporte de la aducción es de 90.0 lps. Esta se ha visto afectada a raíz de perforaciones realizadas por parceleros y dueños de fincas le han reducido su caudal hasta la PTAP. Como esta tubería reemplazo a la tubería inicial de A.C. de 10" por su mal estado y perforación por los propietarios de fincas. Se

plantea la habilitación de la misma, mediante la reposición de aproximadamente 400 m que fueron deteriorados por un derrumbe para que esta sirva como fuente de suministro a los habitantes de las parcelas y fincas localizadas a lo largo de la línea de aducción.

Requerimiento para el inicio y horizonte del proyecto para la aducción desarenador- planta de tratamiento.

Al confrontar la capacidad instalada de la aducción, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que la tubería existente tiene capacidad para atender los requerimientos del proyecto al horizonte del mismo. Ver tabla 8

tabla8. Comparación Caudales de Aducción entre Desarenadores Contra Capacidad Instalada.

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (lps)
2020	21.170	90.0	60.00	
2045	32.811			90.00

**10.2 Planta de tratamiento
Planta de Capacidad 90 lps:**

El sistema de tratamiento del acueducto de la cabecera municipal de Pailitas está conformado por una planta de tipo convencional, construidas en concreto, la primera construida en 1982 en la administración de EMPOCESAR LTDA para una capacidad nominal de 50.0 lps, mientras que en el año 2.010 fue optimizada por el PDA del Cesar para una capacidad nominal de 90.0 lps y tienen las siguientes especificaciones:



10.2.1 Cámara de quietamiento



Es común a las dos plantas de tratamiento y está construida en concreto, con unas dimensiones de 0.80 m de largo, 0.60 m de ancho y 1.00 m de profundidad. (Ver esquema No. 01)

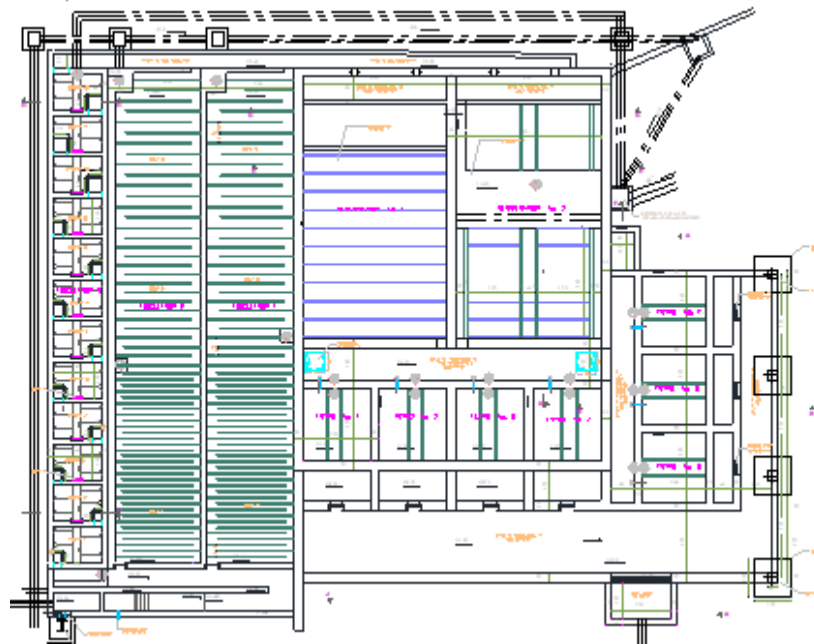


imagen6.Esquema No. 01: Plano en planta de la PTAP de 90 Ips

10.2.2 Mezcla Rápida y coagulación

La mezcla rápida y coagulación se efectúa en perfil Creaguer, en concreto con las siguientes medidas: largo 4.30 m de largo y 0.60 m de ancho. Después de la cámara quietamiento existe por un muro difusor con la finalidad de obtener flujo laminar antes del perfil se puede realizar la medida del caudal que ingresa hacia las plantas y a la vez realizar la mezcla rápida. (Ver esquema No. 01)





Perfil creaguer y canal agua coagulada
imagen7. Perfil creaguer



Canal repartidor agua a flocladores
imagen8. Canal repartidor a floclador.

Canal de repartición de agua cruda: Está constituido por un canal rectangular de sección constante, el cual consta de tres admisiones mediante compuertas a dos flocladores tipo flujo horizontal y uno tipo cox; tiene las siguientes dimensiones: largo 56.0 m, ancho de 0.60 metros y 0.90 m de profundidad.

Proceso de floclación: Cuenta con dos flocladores hidráulicos de flujo horizontal de capacidad 25 lps cada uno y sus dimensiones son 15 m de largo y 2,40 m de ancho y una profundidad de 0,90 m; tiene tres zonas de gradientes diferentes, así: Zona 30. Canales; zona 2 18 canales y zona 3 12 canales, con gradientes de 63, 38 y 29 seg^{-1} respectivamente. El tercer floclador es tipo Alabama o cox, de capacidad 40 lps con 12 cámaras y cuatro zonas de gradientes diferentes, así: 63, 50, 37 y 23 seg^{-1} respectivamente; las dimensiones de estas cajas son 1.15 m de largo y 1,60 m de ancho. Los flocladores de flujo horizontal están diseñados para operar con un caudal de 25 lps de cada uno; mientras que el floclador tipo Cox y/o Alabama opera con un caudal de 40 lps, el tiempo de retención es de 24 minutos.



**imagen9.Floculadores flujo horizontal
Q=25 lps**



**imagen10. Floculadores tipo
Cox Q=40 lps**

Proceso de sedimentación: El proceso es realizado en dos unidades de capacidad 45 lps cada uno; de sedimentación de alta tasa con módulos de placas de A.C. inclinadas 60° . Tiene las siguientes dimensiones: 6.10 m de largo, de los cuales 5,50 m corresponden a la longitud de placas y 0,60 m el largo correspondiente a la inclinación de las mismas, 4.82 m de ancho y 4.50 m de profundidad. Consta de dos filas de placas de 78 placas planas de asbesto cemento cada una, de sección 2.40. x1.20 x1 cm. de espesor. La tasa de sedimentación de operación es de $140.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. El estado de los módulos de la sedimentación acelerada, producto de su largo tiempo de instalación requieren ser cambiados por paneles hexagonales de en material de PVC. (Ver fotos 13 y 14)



imagen11. Vista general
sedimentador Q=45 lps



imagen12. Estado del módulo
de alta tasa

Proceso de Filtración: La filtración está constituida por 7 filtros con las siguientes dimensiones cuatro procesan 50 lps y tienen de largo 2.30 m, ancho 2.20 m y una profundidad de 4.50 y los otros tres filtros procesan 40 lps y tienen las siguientes dimensiones largo 2.25 m, ancho 2.10 m y una profundidad de 4.50. Estos filtros son de rata declinante y auto lavado, y el lecho está constituido por antracita y arena y el soporte es grava; el falso fondo está conformado por viguetillas en V invertidas. Como el área de filtración es de 14,18 m², la tasa de filtración es de 220,0 m³/m²xdía. Debido a su tiempo de operación las válvulas de control de acceso de lavado de Ø 10" presentan mucho escape o fugas. Requiere además el cambio de los lechos filtrantes.



**imagen13. Vista general
planta de tratamiento**



**imagen14. Proceso de filtración
PTAP de 90 Ips**

Proceso de desinfección: La caseta de cloración consta de una estructura para utilizar cilindros de 1.0 tonelada; la cual dispone de un diferencial y de un sistema de riles para el transporte de los cilindros desde el vehículo hasta el punto de almacenamiento para su aplicación.



**imagen15. Caseta
dosificación de Cloro**



**imagen16. Vista ptap. Al fondo
caseta cloración**

Edificio de operación: La planta de tratamiento tienen sendos edificios de operación, constan de:

- 1) Un depósito de sulfato de aluminio de 4.8x7.6 m existen dos dosificadores de aplicación del coagulante líquido con sendos tanque de preparación de la solución.
- 2) salón de laboratorio el cual se emplea para ejecución de análisis físico químico.
- 3) alcoba y baño para los operadores.
- 5) caseta donde está del equipo de bombeo, que se utiliza para lavado y mantenimiento de los componentes de la planta.
- 6) caseta para la planta eléctrica.



imagen17. Vista general del edificio PTAP



imagen18. Vista general del edificio PTAP

Estado de las plantas de tratamiento

La PTAP fue optimizada en el año 2.010 con el PDA del cesar; hoy en día requiere cambio solo de las placas de A.C. de los sedimentadores por panales hexagonales, así como el lecho filtrante de filtros y la reposición de las válvulas de acceso y lavado de los mismos.



Requerimiento al inicial y horizonte del proyecto para la PTAP

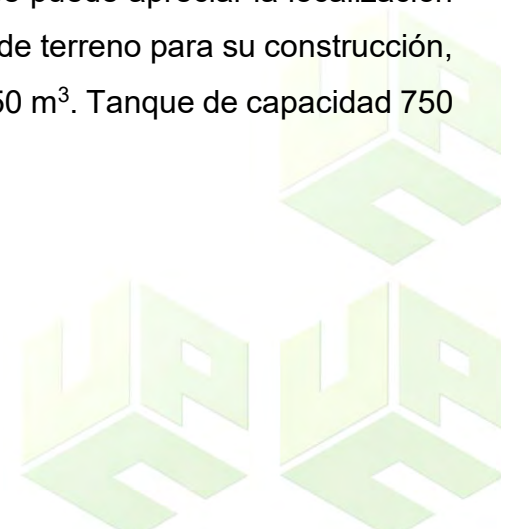
Al confrontar la capacidad instalada de la planta de tratamiento, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que no existe requerimiento de ampliación de este componente, ya que la capacidad instalada es de 90.0 lps. Ver Tabla 9.

tabla9. Comparación caudales requeridos para la planta de tratamiento

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2038 (lps)
2020	21.170	90.0	60.00	
2045	32.811			90.00

10.2.3 Tanque de distribución

El sistema de acueducto que abastece dispone de dos tanques de distribución, los cuales tienen las siguientes capacidades; Largo 9,60 m, ancho 8,60 m y 3,60 m de profundidad, lo cual da una capacidad de 300 m³ y el tanque nuevo, en forma de L, con las siguientes dimensiones primera sección Largo 16,10 m, ancho 5,90 m y segunda sección Largo 9,40 m, ancho 5,90 m y 5,0 m de profundidad, lo cual da una capacidad de 750 m³. En el esquema No. 02 se puede apreciar la localización de cada uno de los tanques, dada la disponibilidad de terreno para su construcción, se planteó en forma de L el tanque de capacidad 750 m³. Tanque de capacidad 750 m³.





**imagen19. Localización tanques
de 300 y 750 m³**



**imagen20. Estado tanque fuente
quebrada Verde**

El sistema de ventilación está conformado por tubos de HG de Ø 4". Para el rebose se dispone seis (6) pasa muros en H.F. de Ø 8" con conexión al desagüe; tanto la salida como la entrada y desagüe son de Ø 10".

10.2.4 Estado del tanque de distribución

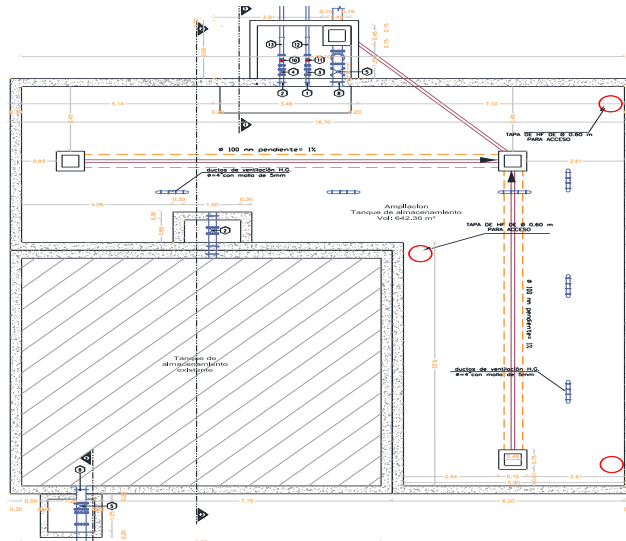
Los tanques se encuentran en buen estado, tienen todos los dispositivos de entrada, salida, desagüe, rebose, ventilación y acceso. Está conectado con la planta, por ello se garantiza el caudal o demanda de máximo consumo, dado su limitación de almacenamiento hasta el año 2.045. Como se anotará en el capítulo 4, numeral 4.7.8, el tanque de 300 m³. En el distrito norte no se tendrá en cuenta para definir el déficit de almacenamiento, porque su localización no da la cabeza hidráulica necesaria para garantizar la presión a los barrios localizados en dicha zona y además presenta muchas filtraciones producto de su falta de servicio ante la discontinuidad del primer acueducto de esta población, que era abastecido por otra fuente de abastecimiento, conocida como quebrada Verde.

Requerimientos al inicio y horizonte del proyecto para tanque de distribución.

Al confrontar la capacidad instalada del tanque de distribución, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que existe requerimiento de ampliación de esta estructura en 1.910 m³, ya que la capacidad instalada es de 1050.0 m³. Ver Tabla 10.

tabla10. Comparación capacidad requerida para el tanque de distribución

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (m ³)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2020 (m ³)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (m ³)
2020	21.170	1.050.0	1.910.0	
2045	32.811			2.960.00



Esquema No. 02: Localización de los tanques de 300 y 750 m

10.2.5 La red de distribución

La red de distribución del acueducto está conformada por tuberías de A.C. y PVC de 2", 3", 4", 6", y 8" con una longitud aproximada de 41780 m, siendo optimizada través del PDA del departamento de El Cesar, mediante la cual se repuso

parcialmente la tubería de AC dado el alto porcentaje de pérdidas técnicas que se presentaban en la red de distribución y además se realizó la sectorización de la misma dividiéndola de cinco sectores.

tabla11. Descripción de la Red De Distribución

Diámetro	1/2"	2"		3"		4"		6"		8"	
	HG	AC	PVC	AC	PVC	AC	PVC	AC	PVC	AC	PVC
Longitud (m)	101	0	0	12,755	21,844	347	1,980	1,170	1.976	1,003	607
Porcentaje	0.02	0.00	0.00	30.00	52.28	0.01	4.73	2.80	4.73	2.40	1.45

De la red de distribución de la cabecera del municipio se deriva, en un nodo cercano al hospital una tubería de Ø 4" en PVC para abastecer al corregimiento la Guajirita, la cual reduce a Ø 3". Las redes internas son en tubería de Ø 2" de PVC. La longitud de esta conducción es de 9.2 Km. Producto de que su construcción se hizo por predios privados donde no se puede controlar las fugas y las conexiones fraudulentas, esta será suprimida y se construirá nuevamente por la carretera que conduce hasta ese corregimiento, facilitando así su mantenimiento y control.

Conexiones domiciliarias

De la información suministrada por la empresa se pudo establecer que actualmente hay 4.234 suscriptores conectadas a la red de distribución de agua, de un total de. El diámetro de la tubería para las acometidas domiciliarias es de 1/2".

Como el sistema carece de micro medición, situación que trae como consecuencia el uso no racional del agua y pérdidas de agua en el sistema. Así mismo la red de distribución carece de puntos de toma de muestras para hacer seguimiento al control de calidad al agua suministrada, de acuerdo con la Resolución número 0811 de 2008.

Requerimientos al inicio y horizonte de la red de distribución

Al confrontar la capacidad instalada del tanque de distribución, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045 observamos que existe requerimiento de ampliación de este componente del sistema de acueducto en 165.0 lps, ya que la capacidad instalada es de 110.0 lps. Ver Tabla 12.

tabla12. Comparación capacidad requerida para la red de distribución

AÑO	POBLACION	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	CAUDAL REQUERIDO AÑO 2021 (lps)	CAUDAL DISEÑO AÑO 2045 (lps)
2020	21.170	4234	4234	
2045	32.811			6.560

Simulación hidráulica de la red de distribución al inicio del proyectó con EPANET

Para el cálculo de la red de distribución del presente estudio, la simulación se efectuó en un computador, utilizando el Programa EPANET, el cual es un programa de ordenador que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo de todo el periodo de simulación, discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

EL EPANET fue desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos (Water Supply and Water Resources División of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory). El conjunto de parámetros y datos de entrada que pide el Programa

para su corrimiento y salida de resultados finales son: los caudales establecidos por nudo, las longitudes de los tramos, las cotas en los distintos puntos, los diámetros asumidos, la expresión matemática mediante la cual realizará la simulación (Hazen Williams, Darcy Weisback), los respectivos coeficientes para dichas expresiones matemáticas, (tuberías existentes ó nuevas), números de tramos y nudos y el caudal mínimo de cierre. Los datos de diseño arrojados para elaboración de los planos de construcción son los siguientes: para cada tramo, el caudal, las perdidas unitarias y totales, la velocidad, y lo más importante, la presión en cada nudo, lo cual le permite al diseñador visualizar el comportamiento hidráulico del emallado simulado en cada corrida, que le indican los tramos deficientes y los sobrados en capacidad, en términos de sección de la tubería. Del análisis de la topografía general de la zona comprendida por el perímetro urbano, con base en las cotas de terreno, se planteó la red de distribución. En las Tablas No. 14 y 25 se presentan los parámetros de diseño y datos requeridos para la correspondiente simulación hidráulica.

tabla13. Parámetros de diseño condiciones iniciales proyecto

MUNICIPIO DE PAILTAS	
PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUA	
OPTIMIZACION DE LA RED DE DISTRIBUCION	
PARAMETROS DE DISEÑO PARA LA MODELACIÓN	
% de Corrección por temperatura a la dotación neta =	20
% de perdidas tecnicas =	30
Valor de coeficiente K1 (Nivel Medio) =	1,2
Valor de coeficiente K2 (Nivel Medio) =	1,4
Caudal de hidrantes y ubicación (lt/seg) =	5
Dotación Neta (lt/hab/dia) =	170
Densidad Poblacional (Hab/Ha) =	126,26
Numero total de habitantes Horizonte de diseño =	19292
Dotación Neta corregida por temperatura (lt/hab/dia) =	204
Dotación Bruta (lt/hab/dia) =	291,4
Area residencial =	152,80
Area no residencial (otros usos) =	0,0
Total área	152,8
Presión Mínima en la red pública	15,0



tabla14. Información para los cálculos de la simulación hidráulica

Tabla AC-29: INFORMACION PARA LOS CALCULOS Y LA SIMULACIÓN	
OPCIONES HIDRAULICAS	
Unidades de flujo	lps
Formula de perdidas	Darcy & Weisback
Gravedad Específica	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones máximas	40
Precisión	0,001

TOPOGRAFIA

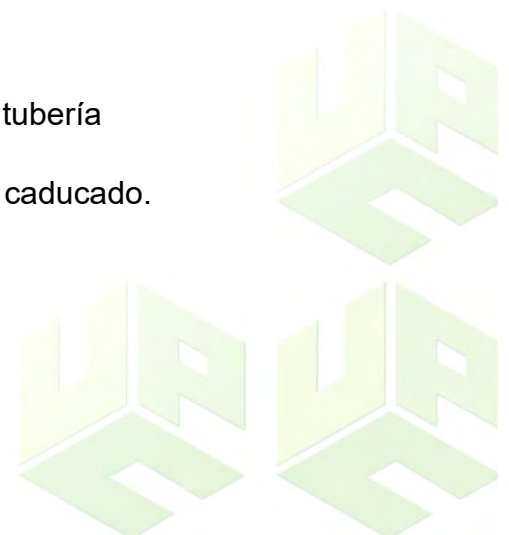
Coordenadas: 8.82803 -73.70754 9.07021 -73.42622

Altitud mínima: 27 m

10.3 PROBLEMAS EN LA RED DE DISTRIBUCION

En la actualidad la mayor problemática de la red de distribución del municipio de según lo observado en las visitas de campo y lo encontrado en la información suministrada por la empresa de servicios públicos son:

- Fugas
- Conexiones fraudulentas y erradas
- Altas presiones que provocan rupturas en la tubería
- Tuberías obsoletas por el tiempo de vida útil caducado.
- Poca presión en la tubería.
- Taponamiento en la red



La gobernación del Cesar en el año 2.006, a través de la Corporación Andina de Fomento, CAF, llevo a cabo la consultoría para adelantar una primera etapa del PDA en el Cesar, la cual correspondió a los municipios de Curumaní y Pailitas.

El diseño se realizó para una población de 29.986 habitantes y una extensión de 152.8 ha, lo cual dio como caudal máximo horario de 77.3 lps, como se puede apreciar en la Tabla 26.

Aprovechando la topografía, la conformación de calles y carreras de la localidad y la división de la población en dos grandes sectores por el cauce de la quebrada Arroyo Hondo, la red de distribución se planteó dividiéndola en cinco sectores o distritos totalmente independientes, los cuales tenían un perímetro sanitario o una extensión de 152,80 ha, así:

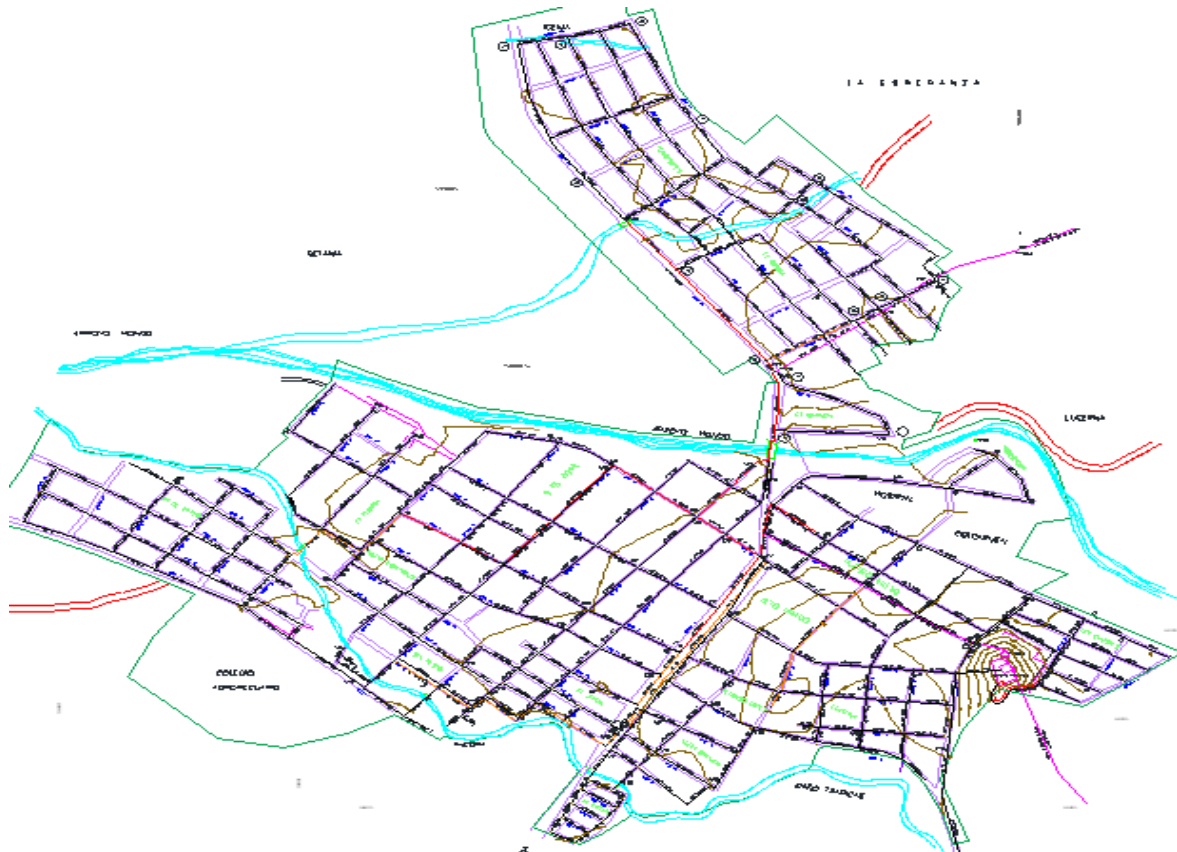
Sector 01: Barrió Lucerna, alimentado por una tubería en forma directa desde el tanque de distribución

Sector 02: Barrió Pueblo Nuevo y sectores del hospital. Abastecido en forma directa desde el tanque de distribución., en forma directa desde el tanque por una línea de diámetro 4”.

Sector 03: Barrios Lucerna, Alfonso López, Nueva Granada y Alto Prado. Este barrio es abastecido, en forma directa desde el tanque de distribución, por una línea de diámetro 8”, la cual abastece además los barrios de los sectores de 04 y 05

Sector 04: Barrios 9 de Abril, La Florida, Nueva Esperanza, San Pedro, 27 de Marzo y sectores del colegio agropecuario

Sector 05: Barrios Fundadores, Idema, El bosque, El Carmen.



Esquema No. 03: Localización de los diferentes barrios de la población de PAILITAS en el año 2007

10.3.1 Caudal máximo horario

El caudal de diseño a la entrada a la Red de Distribución fue de 77.30 lps. Para estimar el área de influencia de cada nudo seleccionado para la red matriz, se utilizó el método de Thiessen. En la Tabla No. 17 se presenta el cálculo de las demandas media, máximas diaria y horaria con base en la densidad poblacional del sector, actualmente tiene 18.999 habitantes en 240 hectáreas, lo cual da una densidad de 79.0 hab/ha.





tabla15. Cálculo del caudal máximo diario y máximo horario condiciones proyecto 2007

CALCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO, MAXIMO DIARIO, MAXIMO HORARIO Y DE DISEÑO - CONSUMO DE LA RED						
Nodo de Consumo	Área Aférente (Ha)	Num. De Hab.	Qmed (lt/día)	QMD (lps)	QMH (lps)	Qdiseño (lps)
DISTRITO No. 01						
1	0,89	112	0,17	0,21	0,29	0,29
2	0,75	95	0,15	0,17	0,24	0,24
3	1,08	136	0,21	0,25	0,35	0,35
4	1,12	141	0,22	0,26	0,36	0,36
TOTAL:	3,84	485	0,74	0,89	1,25	1,25
DISTRITO No. 02						
5	0,81	102	0,16	0,19	0,26	0,26
6	0,94	119	0,18	0,22	0,31	0,31
7	1,37	173	0,27	0,32	0,45	0,45
8	2,02	255	0,39	0,47	0,66	0,66
9	0,65	82	0,13	0,15	0,21	0,21
10	1,18	149	0,23	0,27	0,38	0,38
11	1,81	229	0,35	0,42	0,59	0,59
12	1,13	143	0,22	0,26	0,37	0,37
13	1,26	159	0,24	0,29	0,41	0,41
TOTAL:	11,17	1410	2,16	2,60	3,64	3,64
DISTRITO No. 03						
Ç						
14	0,74	93	0,14	0,17	0,24	0,24
15	1,74	220	0,34	0,40	0,57	0,57
16	0,74	93	0,14	0,17	0,24	0,24
17	1,24	157	0,24	0,29	0,40	0,40
18	1,90	240	0,37	0,44	0,62	0,62
19	1,56	197	0,30	0,36	0,51	0,51
20	1,04	131	0,20	0,24	0,34	0,34
21	1,09	138	0,21	0,25	0,35	0,35
22	2,29	289	0,44	0,53	0,75	0,75
23	4,11	519	0,80	0,96	1,34	1,34
24	1,62	205	0,31	0,38	0,53	0,53
25	1,00	126	0,19	0,23	0,33	0,33
26	2,09	264	0,40	0,49	0,68	0,68
27	0,75	95	0,15	0,17	0,24	0,24
28	1,38	174	0,27	0,32	0,45	0,45
29	1,31	165	0,25	0,30	0,43	0,43
30	0,81	102	0,16	0,19	0,26	0,26
TOTAL:	25,41	3208	4,92	5,91	8,27	8,27





CALCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO, MAXIMO DIARIO, MAXIMO HORARIO Y DE DISEÑO - CONSUMO DE LA RED						
Nodo de Consumo	Área Aferente (Ha)	Num. De Hab.	Qmed (lt/día)	QMD (lps)	QMH (lps)	Qdiseño (lps)
D I S T R I T O No. 05						
48	0,61	77	0,12	0,14	0,20	0,20
49	0,86	109	0,17	0,20	0,28	0,28
50	2,15	271	0,42	0,50	0,70	0,70
52	2,86	361	0,55	0,66	0,93	0,93
51	2,08	263	0,40	0,48	0,68	0,68
56	3,76	475	0,73	0,87	1,22	1,22
57	3,87	489	0,75	0,90	1,26	1,26
58	2,05	259	0,40	0,48	0,67	0,67
59	2,77	350	0,54	0,64	0,90	0,90
60	2,55	322	0,49	0,59	0,83	0,83
61	2,72	343	0,53	0,63	0,89	0,89
52	7,00	884	1,36	1,63	2,28	2,28
55	4,24	535	0,82	0,99	1,38	1,38
64	2,00	253	0,39	0,46	0,65	0,65
63	5,44	687	1,05	1,26	1,77	1,77
54	1,50	189	0,29	0,35	0,49	0,49
53	0,92	116	0,18	0,21	0,30	0,30
68	1,00	126	0,19	0,23	0,33	0,33
67	0,51	64	0,10	0,12	0,17	0,17
66	1,80	227	0,35	0,42	0,59	0,59
65	1,28	162	0,25	0,30	0,42	0,42
69	1,22	154	0,24	0,28	0,40	0,40
70	2,87	362	0,56	0,67	0,93	0,93
71	2,10	265	0,41	0,49	0,68	0,68
75	3,68	465	0,71	0,86	1,20	1,20
74	0,95	120	0,18	0,22	0,31	0,31
73	1,54	194	0,30	0,36	0,50	0,50
72	3,36	424	0,65	0,78	1,09	1,09
TOTAL:	67,69	8546	13,11	15,74	22,03	22,03
D I S T R I T O No. 04 (SALIDA HACIA VALLEDUPAR)						
31	1,06	134	0,21	0,25	0,34	0,34
32	1,47	186	0,28	0,34	0,48	0,48
33	1,66	210	0,32	0,39	0,54	0,54
34	2,59	327	0,50	0,60	0,84	0,84
35	2,30	290	0,45	0,53	0,75	0,75
36	2,08	263	0,40	0,48	0,68	0,68
37	2,09	264	0,40	0,49	0,68	0,68
38	2,28	288	0,44	0,53	0,74	0,74
39	4,03	509	0,78	0,94	1,31	1,31
40	3,72	470	0,72	0,86	1,21	1,21
41	2,25	284	0,44	0,52	0,73	0,73
42	4,65	587	0,90	1,08	1,51	1,51
43	4,34	548	0,84	1,01	1,41	1,41
44	2,95	372	0,57	0,69	0,96	0,96
45	1,66	210	0,32	0,39	0,54	0,54
46	2,25	284	0,44	0,52	0,73	0,73
47	3,32	419	0,64	0,77	1,08	1,08
TOTAL:	44,70	16336	25,07	30,08	42,11	42,11
SUMA	152,81	29986	46,01	55,21	77,30	77,30

Como se puede apreciar en la Tabla 15, el caudal de diseño para la optimización de la red de distribución fue de 77 lps. Aprovechando la topografía y la conformación de calles y carreras de la localidad, la red de distribución se planteó dividiéndola en



cinco distritos o sectores independientes; los cuales están alimentados por una tubería de $\varnothing 8''$ que alimenta los distritos 3, 4 y 5; mientras que los distritos 1 y 2 son alimentados por sendas tuberías de $\varnothing 3''$ y $4''$ que parten desde el tanque de distribución. A partir de ellas se conectan las acometidas domiciliarias para cada una de las viviendas en tuberías de PF+UAD de $\varnothing 1/2''$.

10.4 Calculo para la simulación de la red de distribución futura

Se realizaron dos simulaciones hidráulicas. La primera a las redes actuales con su demanda actual para evaluar su funcionamiento hidráulico, y la segunda a las redes actuales, pero con la demanda futura y las modificaciones necesarias para mostrar su funcionamiento hidráulico en condiciones proyectadas que satisfagan las necesidades de suministro de agua a los pobladores del municipio. Para llevar a cabo estos cálculos, se siguieron los parámetros de diseño para redes de acueducto según la resolución 0330 de junio 8 de 2017.

10.4.1 Calculo de la población información censal

Dado que la estimación de la población es uno de los aspectos para la definición del nivel de complejidad, determinado según el RAS2012, se establece que esa población debe corresponder a la proyectada al final del periodo de diseño llamado también horizonte de planteamiento del proyecto.

10.4.2 Proyección poblacional

El análisis socio cultural del municipio de Pailitas, como el de cualquier población ubicada en el departamento del Cesar está demarcada por lo factores económicos, sociales y políticos que han configurado la historia de la región Caribe Colombiana. No han sido muchos los estudios realizados sobre el Cesar y su desarrollo sociocultural, por lo tanto Pailitas como comunidad organizada se contempla como un grupo social que cumple con los requerimientos legales establecidos por la legislación colombiana. Las normas establecidas en el plano social mantienen total vigencia gracias a la vitalidad expresiva de los habitantes de Pailitas, que durante muchos años ha estado sometido a un proceso permanente de reelaboración de

sus valores socioculturales. El permanente influjo migratorio, por factores económicos y sociales, hace que esta población decline su arraigo cultural ante la influencia de patrones culturales de otras regiones que se fusionan con los naturales. Su hospitalidad, es el factor predominante para que los efectos que generan otras culturas modifiquen paulatinamente la forma y modos de convivencia sociocultural de esta población.

Las costumbres, mitos, leyendas, formas de ser y actuar no se conservan tradicionales por que la dinámica social supera el influjo de la filosofía y sabiduría popular, Pailitas es un municipio que en su estructura social guarda unos espectros culturales heterogéneos y diversos debido a las claras influencias de quienes se han aposentado en este territorio, tanto en lo económico (formas de producción y comercialización), Social (diferenciación de clases, credos y formas de interacción social), político (marcados por la existencia de grupos que sectorizan el liderazgo político y sus intereses en torno a la disputa del poder local) y cultural (representado en la existencia de manifestaciones y valores culturales de diversas regiones del país y por la amalgama de razas). El factor que mayor influencia ha ejercido para que la dinámica sociocultural de este municipio esté supeditada a constantes cambios es el factor económico, ya que enhesté sentido las diversas “bonanzas” económicas han sido la base para la configuración de la población como una entidad organizada desde el plano de la cultura y en obediencia a unos marcos morales, éticos y legales. En cuanto a la distribución territorial de la población el 64.60% se encuentra ubicada en el área urbana y el 35.40% en la zona rural. Los cambios en la estructura de la distribución de la población, solo a partir de los últimos años se producen una variación significativa al lograr la población urbana un incremento de 5.27 puntos porcentuales en el 2000 respecto a 1993. Lo anterior demuestra una concentración de la población en la zona urbana, atribuida, fundamentalmente, a la situación de orden público que viven las veredas y corregimientos. A continuación, se presentan los diferentes métodos de proyección de población, establecidos en el Título B el RAS, así:



**tabla16. MÉTODOS DE CÁLCULO POBLACIONAL
PERMITIDOS SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA PARA LA
PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN**

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA				
METODO POR EMPLEAR	BAJO	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Título B RAS 2012 Tabla B2.1

Método de crecimiento aritmético

El método aritmético o lineal supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

Donde,

- Pf es la población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar,
- Puc es la población (hab) correspondiente al último año censado con información, Pci es la población (hab) correspondiente al censo inicial con información,
- Tuc es el año correspondiente al último año censado con información,
- Tci es el año correspondiente al censo inicial con información y
- Tf es el año al cual se quiere proyectar la información.

Método de crecimiento geométrico



El método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método aritmético. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc} (1+r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P_f = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

Método de crecimiento exponencial

La utilización de este método se recomienda para poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión.

La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Con las tasas de crecimiento determinadas con las proyecciones de población determinadas por el DANE, de acuerdo con la Tabla 07, se procedió a terminar la población de proyecto horizonte del mismo en el año 2045, con base en los métodos lineal, geométrico y exponencial. En las Tablas 08, 09, 10 se presentan los resultados de las mismas al cabo de 25 años.

Con base en los resultados de la proyección de la población para sería de 32.811 habitantes, tomando el promedio de los resultados de los tres métodos de proyección. Dada la diferencia obtenida en los resultados, como población final se toma el promedio de los tres valores obtenidos en la proyección de población. $k =$

$$\frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

Donde:

P_{cp} = Población del censo posterior (proyección del DANE).

P_{ca} = Población del censo anterior (habitantes).

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior.

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior.

\ln = Logaritmo natural neperiano.





tabla17. Proyección de la población Método aritmético

SISTEMA DE ACUEDUCTO DE PAILITAS - CESAR										
PROYECCION DE POBLACION: METODO ARITMETICO										
Datos:										
Proyeccion población Año			AÑO	Pf Rata dane	Pf PDA	Pf r constante	Pf media Hab	Tasa Media Anual	Pf suscripto res Hab	Proyecc Poblac hab.
año	Poblac	Rata								
2018 - 2023			2018	13838	15013	13838	14426			
P_{uc}-2018	13.838		2019	14338	15313	14178	14746	2,22%		
P_{ci}- 2019	14.324	500	2020	14838	15620	14518	15069	2,19%	21170	18119
P_{uc}-2020	14.734	450	2021	15288	15908	14858	15383	2,09%	21670	18527
P_{ci}- 2011	15.023	350	2022	15738	16203	15198	15700	2,06%	22170	18935
P_{uc}-2022	15.222	250	2023	16188	16503	15538	16020	2,04%	22670	19345
P_{uc}-2023	15.409	150	2024	16638	16808	15878	16343	2,01%	23170	19756
Rpromedio	340		2025	17088	17119	16218	16668	1,99%	23670	20169
			2026	17438	17410	16558	16984	1,89%	24120	20552
			2027	17788	17706	16898	17302	1,87%	24570	20936
			2028	18138	18007	17238	17622	1,85%	25020	21321
			2029	18488	18313	17578	17945	1,83%	25470	21708
			2030	18838	18624	17918	18271	1,81%	25920	22096
			2031	19088	18913	18258	18585	1,72%	26270	22428
			2032	19338	19206	18598	18902	1,70%	26620	22761
			2033	19588	19504	18938	19221	1,69%	26970	23095
			2034	19838	19806	19278	19542	1,67%	27320	23431
			2035	20088	20113	19618	19866	1,66%	27670	23768
			2036	20238	20425	19958	20191	1,64%	27920	24056
			2037	20388	20741	20298	20520	1,63%	28170	24345
			2038	20538	21063	20638	20850	1,61%	28420	24635
			2039	20688	21389	20978	21184	1,60%	28670	24927
			2040	20838	21721	21318	21519	1,59%	28920	25220
			2041	20988	22058	21658	21858	1,57%	29070	25464
			2042	21138	22399	21998	22199	1,56%	29220	25709
			2043	21288	22747	22338	22542	1,55%	29370	25956
			2044	21438	23099	22678	22889	1,54%	29520	26204
			2045	21588	23457	23018	23238	1,52%	29670	26454





tabla18. Proyección de población Método geométrico

SISTEMA DE ACUEDUCTO DE PAILITAS - CESAR									
PROYECCION DE POBLACION: METODO GEOMETRICO									
Datos:									
Proyeccion población Año 2018 - 2023			AÑO	Pf Rata dane	Pf PDA	Pf r constante	Pf media Hab	Tasa Media Anual	Pf suscriptor es Hab
año	Poblac	Rata							
P_{uc}-2018	13.838		2018	13838	15013	14139	14576		
P_{ci}-2019	14.324	3,51%	2019	14324	15313	14636	14975	2,73%	
P_{uc}-2020	14.734	2,86%	2020	14827	15620	15150	15385	2,74%	21170
P_{ci}-2011	15.023	1,96%	2021	15251	15908	15584	15746	2,35%	21914
P_{uc}-2022	15.222	1,32%	2022	15688	16203	16030	16116	2,35%	22683
P_{uc}-2023	15.409	1,23%	2023	16137	16503	16488	16496	2,35%	23480
Rpromedio		2,18%	2024	16599	16808	16960	16884	2,36%	24304
			2025	17074	17119	17446	17282	2,36%	25158
			2026	17409	17410	17788	17599	1,83%	25878
			2027	17750	17706	18137	17921	1,83%	26619
			2028	18099	18007	18493	18250	1,83%	27381
			2029	18454	18313	18855	18584	1,83%	28164
			2030	18816	18624	19225	18925	1,83%	28971
			2031	19065	18913	19480	19196	1,44%	29539
			2032	19317	19206	19738	19472	1,44%	30118
			2033	19573	19504	19999	19752	1,44%	30709
			2034	19832	19806	20264	20035	1,44%	31311
			2035	20095	20113	20533	20323	1,44%	31925
			2036	20342	20425	20785	20605	1,39%	32348
			2037	20592	20741	21040	20891	1,39%	32777
			2038	20845	21063	21299	21181	1,39%	33211
			2039	21101	21389	21561	21475	1,39%	33651
			2040	21360	21721	21825	21773	1,39%	34097
			2041	21623	22058	22094	22076	1,39%	34516
			2042	21888	22399	22365	22382	1,39%	34940
			2043	22157	22747	22640	22693	1,39%	35369
			2044	22429	23099	22918	23009	1,39%	35803
			2045	22705	23457	23199	23328	1,39%	36243





tabla19. Proyección de la población Método Exponencial

Proyeccion población Año 2018 - 2023			AÑO	Pf Rata dane	Pf PDA	Pf r constante	Pf media Hab	Tasa Media Anual	Pf suscriptor es Hab
año	Poblac	Rata	2018	13838	15013	15013	15013		
P _{uc} -2018	13.838		2019	14324	15313	15339	15326	3,51%	
P _{ci} - 2019	14.324	3,45%	2020	14827	15620	15673	15646	3,51%	21170
P _{uc} -2020	14.734	2,82%	2021	15251	15908	16014	15961	2,86%	21785
P _{ci} - 2011	15.023	1,94%	2022	15688	16203	16362	16282	2,86%	22417
P _{uc} -2022	15.222	1,32%	2023	16137	16503	16717	16610	2,86%	23068
P _{uc} -2023	15.409	1,22%	2024	16599	16808	17081	16944	2,86%	23738
Rpromedio		2,15%	2025	17074	17119	17452	17285	2,86%	24427
			2026	17409	17410	17832	17621	1,96%	24911
			2027	17750	17706	18219	17962	1,96%	25405
			2028	18099	18007	18615	18311	1,96%	25908
			2029	18454	18313	19020	18666	1,96%	26421
			2030	18816	18624	19433	19029	1,96%	26944
			2031	19065	18913	19856	19384	1,32%	27304
			2032	19317	19206	20288	19747	1,32%	27668
			2033	19573	19504	20729	20116	1,32%	28037
			2034	19832	19806	21179	20493	1,32%	28411
			2035	20076	20113	21640	20876	1,23%	28762
			2036	20323	20425	22110	21267	1,23%	29117
			2037	20572	20741	22591	21666	1,23%	29477
			2038	20825	21063	23082	22072	1,23%	29841
			2039	21081	21389	23584	22487	1,23%	30210
			2040	21340	21721	24096	22909	1,23%	30584
			2041	21602	22058	24620	23339	1,23%	30962
			2042	21868	22399	25155	23777	1,23%	31344
			2043	22136	22747	25702	24224	1,23%	31732
			2044	22408	23099	26261	24680	1,23%	32124
			2045	22683	23457	26832	25145	1,23%	32521





tabla20. Resumen proyección de la población y población de proyecto

SISTEMA DE ACUEDUCTO DE PAILITAS - CESAR					
RESUMEN PROYECCION DE POBLACION DE PROYECTO					
AÑO	Metodo Aritmetico	R met. Geometric o	Metodo exponenc	Proyeccion Metodo lineal	Rata promedio (%)
2018	0		0	0	
2019	0		0	0	
2020	21170	21170	21170	21170	
2021	21670	21914	21785	21789	2,93%
2022	22170	22683	22417	22423	2,91%
2023	22670	23480	23068	23073	2,90%
2024	23170	24304	23738	23737	2,88%
2025	23670	25158	24427	24418	2,87%
2026	24120	25878	24911	24970	2,26%
2027	24570	26619	25405	25531	2,25%
2028	25020	27381	25908	26103	2,24%
2029	25470	28164	26421	26685	2,23%
2030	25920	28971	26944	27278	2,22%
2031	26270	29539	27304	27704	1,56%
2032	26620	30118	27668	28135	1,56%
2033	26970	30709	28037	28572	1,55%
2034	27320	31311	28411	29014	1,55%
2035	27670	31925	28762	29452	1,51%
2036	27920	32348	29117	29795	1,16%
2037	28170	32777	29477	30141	1,16%
2038	28420	33211	29841	30491	1,16%
2039	28670	33651	30210	30844	1,16%
2040	28920	34097	30584	31200	1,16%
2041	29070	34516	30962	31516	1,01%
2042	29220	34940	31344	31835	1,01%
2043	29370	35369	31732	32157	1,01%
2044	29520	35803	32124	32483	1,01%
2045	29670	36243	32521	32811	1,01%

10.5 CUANTIFICACION DE LA DEMANDA Y/O NECESIDADES

10.5.1 Evaluación de la dotación



El Numeral 2.5 del Título B-2.017 del RAS establece que la dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante; por lo cual se estipula una dotación neta por suscriptor y una dotación neta por habitante. Siempre que existan datos históricos confiables sobre el municipio, la dotación neta para el diseño de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación de un sistema existente debe basarse en el análisis de los datos de consumo de agua medidos. En este caso la metodología para estimar la dotación neta deberá cubrir los siguientes pasos en orden secuencial:

10.5.2 Definición de la Dotación Neta

Las proyecciones de dotación neta para un alto porcentaje de municipios típicos colombianos, donde las empresas de servicios públicos no disponen ni procesan información estadística de los diferentes usos que se le dan al suministro de agua, no hay manera de aplicar la metodología para el cálculo de las dotaciones netas.

El Artículo 43 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2.017 establece la dotación neta máxima, la cual debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 1 de la Resolución 0330 de Junio 8 de 2.017.

10.5.3 Dotación bruta

El Artículo 44 de la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017, estableció el procedimiento para determinar la dotación bruta. La cual para el diseño de cada uno de los componentes que conforman el sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:



$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

El Parágrafo del precitado Artículo establece que el porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25%. Por lo tanto, se opta este valor para para el cálculo de la dotación bruta.

10.5.4 Proyección de la demanda media diaria

El Numeral 2.8.1 del RAS – 2.017, establece que, para llevar a cabo la proyección de la demanda de agua, en el municipio o en parte de éste, la persona prestadora del servicio de acueducto debe contar con datos de demanda de los últimos 10 años con una frecuencia bimestral, con esta información se debe hacer un análisis estadístico detallado con el fin de encontrar la curva que mejor se ajuste al crecimiento de la demanda de agua en ese período. Una vez realizado el análisis, se debe proceder a proyectar la demanda de agua, siguiendo la misma curva, hasta el último año del período de diseño. En este caso, adicionalmente, es necesario cotejar dicha proyección de la demanda de agua con la demanda de agua requerida para la población de saturación, de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial, para el municipio o la zona del municipio objeto del diseño. A continuación, se presenta el cálculo de la demanda media diaria:

$$Q_{md} = Q_{mr} + Q_{ou}$$

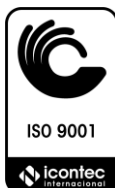
$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400} + 0.06x\left(\frac{P * d_{bruta}}{86400}\right)$$

Donde:

Q_{md} = caudal medio diario (lps)

Q_{mr} = consumo de uso residencial (lps)

Q_{ou} = consumo por otros usos (6%).



P = Población al final del período de diseño (habitantes)

D_{BRUTA} = Dotación Neta (lts/habxdia)

A continuación, se presenta el cálculo de la demanda media diaria para el final del período de diseño:

$$Q_{md} = \frac{32.811 \times 187}{86400} + 0.06 \times \left(\frac{32.811 \times 187}{86400} \right) = 75.14 \text{ lps}$$

Para el periodo de diseño u horizonte del proyecto (2045), los resultados para cada año del se presentan en la Tabla 15.

10.5.5 Demanda máxima diaria (QMD)

El Numeral 2.8.2.2 establece que el caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1, como se indica en la ecuación B.2.10:

$$QMD = Qmd \times K_1$$

Donde:

QMD = Caudal Máximo Diario (lps)

Qmd = Caudal medio diario (l/s)

K1 = Coeficiente de consumo máximo diario (adimensional)

El Parágrafo 2º del Artículo 47, el cual establece los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, fija los factores de mayoración K1 y K2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macro medición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los valores empleados.

Así mismo establece dicho parágrafo que para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes,

al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.2 ni el factor K2 superior a 1.5.

A continuación, se presenta el cálculo de la demanda máxima diaria para el final del período de diseño

$$QMD = 75.14 \times 1.20 = 90.00 \text{ lps}$$

Los resultados para cada año del horizonte del proyecto (2045), se presentan en la Tabla 15.

10.5.6 Demanda máxima horaria (QMH)

El Numeral 2.8.2.3 establece que el caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2, según la ecuación B.2.11:

El Parágrafo 2º del Artículo 47, establece que el factor K2 no podrá ser superior a 1.60 para poblaciones menores o iguales de 12.500. Como El Cerro, no dispone datos de coeficiente de mayor consumo diario y su población no supera los 12.500 habitantes, se considera este valor como coeficiente de consumo máximo horario.

$$QMH = QMD \times K_2$$

Donde:

QMH = Consumo máximo horario (lps) =?

QMD = Consumo máximo diario (LPS) = 90 lps

K₂ = Coeficiente de consumo máximo horario = 1.50

$$QMH = 90 \times 1.50 = 135.0 \text{ lps}$$



10.6 CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO DE LOS COMPONENTES

El artículo 47 de la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017 estableció los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la Tabla No. 2 del mismo artículo, así:

Caudales de Diseño.

Componente	Caudal de Diseño
Captación fuente superficial	Hasta 2 x QMD
Aducción	QMD
Desarenador	QMD
Planta de tratamiento	QMD
Conducción	QMD
Tanque de Distribución	QMD
Red de distribución	QMD

Fuente: Tabla 2 de la Resolución 0330 -2017

10.6.1 Capacidad de diseño de la captación superficial

El Parágrafo 1º del Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para captación de fuentes superficiales será hasta 2 veces el QMD; pero el excedente debe devolverse a la fuente.

$$Q_{\text{diseño captación}} = 2 \times QMD = 2 \times 90 = 180.00 \text{ lps}$$

10.6.2 Capacidad de diseño de aducción

El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para la aducción es el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{diseño aducción}} = QMD = 90.00 \text{ lps}$$

10.6.3 Capacidad de diseño de desarenador



El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para el desarenador es el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{diseño desarenador}} = Q_{MD} = 90.00 \text{ lps}$$

10.6.4 Capacidad de diseño de la planta de tratamiento

El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para la planta de tratamiento es el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{diseño ptap}} = Q_{MD} = 90.00 \text{ lps}$$

Los resultados para cada año del horizonte del proyecto (2045), se presentan en la Tabla 15.

10.6.5 Capacidad de diseño de conducción PTAP-Tanque de distribución

El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para la conducción es el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{diseño conduccion}} = Q_{MD} = 90.00 \text{ lps}$$

Los resultados para cada año del horizonte del proyecto (2045), se presentan en la Tabla 15.

10.6.6 Capacidad de diseño de conducción tanque- red de distribución

El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para la conducción tanque – red de distribución es el caudal máximo horario.

$$Q_{\text{diseño conduccion tanque Red}} = Q_{MH} = 135.0 \text{ lps}$$

10.6.7 Capacidad de diseño de la red de distribución

El Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2.017 establece que el caudal de diseño para la red de distribución es el caudal máximo horario.

$$Q_{\text{diseño Red}} = Q_{MH} = 135.0 \text{ lps}$$

10.6.8 Volumen del tanque de almacenamiento

El Artículo 80 de la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017, establece el Número mínimo de tanques de almacenamiento. Todos los sistemas de suministro de agua potable deben contar con tanques de almacenamiento. El número de tanques para atender el volumen necesario de almacenamiento, debe determinarse con base en un análisis técnico y económico de alternativas, de acuerdo con criterios de compensación, regulación y operación del sistema.

En los casos en que se cuente con un tanque de almacenamiento de un solo módulo, la entrada a éste debe estar provista de un bypass para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza, sin afectar la continuidad del servicio.

El Artículo 81 de la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017, establece que el Volumen útil del tanque de almacenamiento de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento debe ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo. La capacidad de regulación se debe estimar a partir de los patrones de consumo de cada zona abastecida, mediante el empleo de métodos gráficos o analíticos.

A continuación, se procede a determinar la capacidad requerida de acuerdo con el Artículo 80 de la resolución 0330 de 2.017:

$$\text{Capacidad de almacenamiento} = \frac{QMD}{3} = \frac{90.00 \times 86.4}{3} = 2.570 M^3$$

Considerando un riesgo bajo, de acuerdo con el tipo de estructuras predominantes en las edificaciones de la localidad, la capacidad adicional del almacenamiento de acuerdo con el parágrafo 1 del artículo 81, es del 15% adicional a la capacidad de almacenamiento.

$$\text{Capacidad tanque} = \frac{QMD}{3} + \text{Vincendio} = \frac{90.0 \times 86.4}{3} + 0.15 \times 2.570 = 2.965 \text{ M}^3$$

Los resultados para cada año del horizonte del proyecto (2045), se presentan en la Tabla 15.

El perímetro sanitario de la población tiene una extensión de 243 ha. Producto de su topografía, tomando como referencia el cauce de la Quebrada Arroyo Hondo, se dividió en dos grandes distritos, así: el distrito norte, correspondiente al sector de la población localizada del citado cauce hacia el norte, con una extensión de 110 ha, representado en 45% del perímetro urbano de la población y conformado por los barrios El Carmen, El Bosque, Fundadores, Idema, La frontera, Vila Karol y demás sectores comprendidos en la margen derecha del cauce de Arroyo Hondo hacia la salida de Curumaní y el distrito sur con una extensión de 133 ha, correspondiente al sector de la población localizada del citado cauce hacia el sur, representado el 55% del perímetro urbano de la población y conformado por los barrios Las Cumbres, Lucerna, Torcoroma, Pueblo Nuevo, Alto Prado, Alfonso López, Nueva Granada, El Jardín, El Centro, San Pedro, Nueva Esperanza, 9 de Abril, La Florida, y 27 de Marzo. Con una proyección de 32.811 habitantes al año 2.045 y una extensión de la población de 243 ha, la densidad sería de 135,02 hab/ha. Así se tendría una población de 14.765 habitantes en el distrito Norte y 18.046 habitantes en el distrito sur. Como existe una capacidad de almacenamiento instalada es de 1.050 m³, localizado en el predio donde está localizada la planta de tratamiento, con el cual se atenderá la demanda parcial del Distrito Sur. Ante el requerimiento de almacenamiento de 2.960 m³, el déficit de almacenamiento es de 1.760 m³. Por lo tanto, esta capacidad se dividirá en dos tanques, los cuales se distribuirán de acuerdo con el área de la población a atender, así:



Determinación de la capacidad de almacenamiento por distrito

Distrito	Extensión (ha)	No. Habitantes (hab)	Necesidad almacenamiento (m3)	Almacenamiento Existente (m3)	Déficit almacenamiento (m3)
Norte	110	14.765	1.330	400	1.330 = 1.400
Sur	133	18.046	1.630	1.050	580 = 600
Total	243	32.811	2.960	1.050	2.000

Cabe anotar que el tanque de 400 m³, el distrito norte no se tendrá en cuenta para definir el déficit de almacenamiento porque su localización no da la cabeza hidráulica necesaria para garantizar la presión a los barrios localizados en dicha zona y además presenta muchas filtraciones producto de su falta de servicio ante la discontinuidad del primer acueducto de esta población, que era abastecido por otra fuente de abastecimiento, conocida como quebrada Verde.

Considerando que el tanque de 1.330, aproximada a 1.400 m³, se proyectaran dos módulos de capacidad 700 m³ cada uno, con un área de 234 m² y una altura de lámina de agua de 3.00 m. Por lo tanto, su sección será de 15.30x15.30 m y el desagüe de cada tanque se proyecte en tubería de Ø 10", el tiempo de vaciado del tanque, de acuerdo con el Numeral 9.4.14 del título B del RAS, calculado con la ecuación B.9.2 debe ser menor que 8 horas. Dicha ecuación es válida, para tanques con área superficial constante a lo largo de su altura.

$$T = \frac{2 \cdot A \cdot \sqrt{h}}{m \cdot a \cdot \sqrt{2g}}$$

Donde

T = Tiempo de vaciado (horas).

A = Área del tanque = 15.30x15.30 m² = 234.0 m²

a = Área del ducto de descarga Ø 10" = 0.785x0.25² = 0.049 m²

h = Altura de lámina de agua = 3.00

Borde libre = 0.30 m





m = Coeficiente de descarga = 0.65

El tiempo de vaciado cuando se encuentre lleno, es decir, la altura de agua es de 2.50

m, es de:

$$T = \frac{2 \times 234 \times \sqrt{3.00}}{0.65 \times 0.049 \times \sqrt{2 \times 9.81}} = \frac{810.0}{0.141} = 2.00 \text{ horas}$$

El tiempo de vaciado cuando se encuentre Medio lleno, es decir, la altura de agua es de 1.50 m, es de:

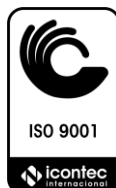
$$T = \frac{2 \times 234 \times \sqrt{1.50}}{0.65 \times 0.049 \times \sqrt{2 \times 9.81}} = \frac{573.2}{0.141} = 1.13 \text{ horas} = 1 \text{ hora } 8 \text{ minutos}$$





tabla21. LOCALIDAD PAILITAS

LOCALIDAD: PAILITAS MUNICIPIO DE PAILITAS - CESAR												
<i>Proyeccion de poblacion para la cabecera municipal de Pailitas</i>												
CALCULO DE LA PROYECCION DE LA POBLACION Y DEMANDAS MEDIA, MAXIMA DIARIA, MAXIMA HORARIA												
PROYECCION DE POBLACION			JUSTIFICACION DE ACUERDO CON RESOLUCION 0330-2017									
Artículo 40			Artículo 43	Artículo 44	Artículo 44	Num 2.8.2.1	Num 2.5.3	Num 2.8.3.1	Artículo 47	Artículo 47	Artículo 47	Artículo 47
AÑO	TOTAL	RATA	DOTACION	PERDIDAS DE	DOTACION	DEMANDA MEDIA	DEMANDA	DEMANDA	COEF. CONS	DEMANDA	COEF. CONS	DEMANDA
	CRECIMIENTO	CRECIMIENTO	NETA (d_{net})	AGUA	BRUTA (d_{br})	RESIDENCIAL	MEDIA OTROS	MEDIA DIAR	MAXIMO	MÁXIMA DIARIA	MÁXIMO	MÁXIMA
	ARITMETICO	GEOMETRICO	(L-H-D)	(%)	(L-H-D)	(Qmr) (Vs)	(Us) (Vs)	(Vs)	DIARIO (k1)	(QM/D)	HORAR (k2)	HORARIA (QM/H)
0	2020	21170		140	25%	186,7	45,74	2,74	48,48			87,27
1	2021	21789	2,93%	140	25%	186,7	47,08	2,82	49,90			89,82
2	2022	22423	2,91%	140	25%	186,7	48,45	2,91	51,35			92,43
3	2023	23073	2,90%	140	25%	186,7	49,85	2,99	52,84			95,11
4	2024	23737	2,88%	140	25%	186,7	51,28	3,08	54,36			97,85
5	2025	24418,43	0,03	140,00	0,25	186,67	52,76	3,17	55,92			100,66
6	2026	24970	2,26%	140	25%	186,7	53,95	3,24	57,18			102,93
7	2027	25531	2,25%	140	25%	186,7	55,16	3,31	58,47			105,25
8	2028	26103	2,24%	140	25%	186,7	56,40	3,38	59,78			107,60
9	2029	26685	2,23%	140	25%	186,7	57,65	3,46	61,11			110,00
10	2030	27278,32	0,02	140,00	0,25	186,67	58,93	3,54	62,47			112,45
11	2031	27704	1,56%	140	25%	186,7	59,85	3,59	63,45			114,20
12	2032	28135	1,56%	140	25%	186,7	60,79	3,65	64,43	1,20	1,50	115,98
13	2033	28572	1,55%	140	25%	186,7	61,73	3,70	65,43			117,78
14	2034	29014	1,55%	140	25%	186,7	62,68	3,76	66,45			119,60
15	2035	29452,39	0,02	140,00	0,25	186,67	63,63	3,82	67,45			121,41
16	2036	29795	1,16%	140	25%	186,7	64,37	3,86	68,23			122,82
17	2037	30141	1,16%	140	25%	186,7	65,12	3,91	69,03			124,25
18	2038	30491	1,16%	140	25%	186,7	65,88	3,95	69,83			125,69
19	2039	30844	1,16%	140	25%	186,7	66,64	4,00	70,64			127,14
20	2040	31200,16	0,01	140,00	0,25	186,67	67,41	4,04	71,45			128,61
21	2041	31516	1,01%	140	25%	186,7	68,09	4,09	72,18			129,92
22	2042	31835	1,01%	140	25%	186,7	68,78	4,13	72,91			131,23
23	2043	32157	1,01%	140	25%	186,7	69,47	4,17	73,64			132,56
24	2044	32483	1,01%	140	25%	186,7	70,18	4,21	74,39			133,90
25	2045	32811	1,01%	140,00	0,25	186,67	70,89	4,25	75,14			135,00





LOCALIDAD: PAILITAS MUNICIPIO DE PAILITAS - CESAR											
Proyeccion de poblacion para la cabecera municipal de Pailitas											
CALCULO DE LAS CAPACIDADES O CAUDALES DE DISEÑO DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDCUTO											
JUSTIFICACION DE ACUERDO CON RESOLUCION 0330-2017											
Articulo 47	Articulo 47	Articulo 47	Articulo 47	Articulo 47	Articulo 47	Articulo 47	Articulo 81	Articulo 81	Articulo 81	CAPACIDAD	DEFICIT
$Q_{DISEÑO}$ CAPTACION	$Q_{DISEÑO}$ ADUCCION	$Q_{DISEÑO}$ DESARE	$Q_{DISEÑO}$ PTAT	$Q_{DISEÑO}$ CONDUCT	$Q_{DISEÑO}$ TAIQUERED	$Q_{DISEÑO}$ RED DISTRIB	CAPACIDAD REGULACION CABECERA(m ³)	CAPACIDAD CONTRA HIBRIDO (m ³)	VOLUMEN DELTAIQU	ALMACEN EXISTENTE (m ³)	ALMACEN (m ³)
(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
116,36	58,18	58,18	58,18	58,18	87,27	87,27	1658,78	248,82	1907,60	1050,00	857,60
119,76	59,88	59,88	59,88	59,88	89,82	89,82	1707,31	256,10	1963,41	1050,00	913,41
123,25	61,62	61,62	61,62	61,62	92,43	92,43	1757,00	263,55	2020,54	1050,00	970,54
126,81	63,41	63,41	63,41	63,41	95,11	95,11	1807,86	271,18	2079,04	1050,00	1029,04
130,47	65,23	65,23	65,23	65,23	97,85	97,85	1859,95	278,99	2138,95	1050,00	1088,95
134,21	67,11	67,11	67,11	67,11	100,66	100,66	1913,31	287,00	2200,31	1050,00	1150,31
137,24	68,62	68,62	68,62	68,62	102,93	102,93	1956,51	293,48	2249,99	1050,00	1199,99
140,33	70,16	70,16	70,16	70,16	105,25	105,25	2000,50	300,07	2300,57	1050,00	1250,57
143,47	71,73	71,73	71,73	71,73	107,60	107,60	2045,29	306,79	2352,09	1050,00	1302,09
146,67	73,33	73,33	73,33	73,33	110,00	110,00	2090,92	313,64	2404,56	1050,00	1354,56
149,93	74,96	74,96	74,96	74,96	112,45	112,45	2137,40	320,61	2458,01	1050,00	1408,01
152,27	76,14	76,14	76,14	76,14	114,20	114,20	2170,77	325,61	2496,38	1050,00	1446,38
154,64	77,32	77,32	77,32	77,32	115,98	115,98	2204,55	330,68	2535,23	1050,00	1485,23
157,04	78,52	78,52	78,52	78,52	117,78	117,78	2238,76	335,81	2574,57	1050,00	1524,57
159,47	79,73	79,73	79,73	79,73	119,60	119,60	2273,39	341,01	2614,40	1050,00	1564,40
161,88	80,94	80,94	80,94	80,94	121,41	121,41	2307,75	346,16	2653,91	1050,00	1603,91
163,76	81,88	81,88	81,88	81,88	122,82	122,82	2334,61	350,19	2684,80	1050,00	1634,80
165,67	82,83	82,83	82,83	82,83	124,25	124,25	2361,73	354,26	2715,99	1050,00	1665,99
167,59	83,79	83,79	83,79	83,79	125,69	125,69	2389,12	358,37	2747,48	1050,00	1697,48
169,53	84,76	84,76	84,76	84,76	127,14	127,14	2416,77	362,52	2779,29	1050,00	1729,29
171,49	85,74	85,74	85,74	85,74	128,61	128,61	2444,69	366,70	2811,40	1050,00	1761,40
173,22	86,61	86,61	86,61	86,61	129,92	129,92	2469,43	370,41	2839,84	1050,00	1789,84
174,97	87,49	87,49	87,49	87,49	131,23	131,23	2494,41	374,16	2868,58	1050,00	1818,58
176,74	88,37	88,37	88,37	88,37	132,56	132,56	2519,66	377,95	2897,61	1050,00	1847,61
178,53	89,27	89,27	89,27	89,27	133,90	133,90	2545,17	381,78	2926,95	1050,00	1876,95
180,00	90,00	90,00	90,00	90,00	135,00	135,00	2566,10	384,92	2951,02	1050,00	1901,02





10.6.9 Las Válvulas Reductoras de Presión

Tratan de limitar la presión en el nudo aguas abajo de la válvula, para que no exceda de un valor de consigna prefijado. **EPANET** determina en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- Parcialmente abierta (esto es, activa) para mantener la presión aguas abajo en el valor de consigna prefijado, siempre y cuando la presión aguas arriba sea superior al valor de consigna.
- Completamente abierta, si la presión aguas arriba es inferior al valor de Consigna.
- cerrada, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso).

10.6.10 Las Válvulas Sostenedoras de Presión

Tratan de mantener la presión en el nudo aguas arriba de la válvula. **EPANET** determina asimismo en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- Parcialmente abierta (esto es, activa) para mantener la presión aguas arriba en el valor de consigna prefijado, siempre y cuando la presión aguas abajo sea inferior al valor de consigna.
- Completamente abierta, si la presión aguas abajo es superior al valor de consigna. Cerrada, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso). resolución 0330/2017. artículo 64

10.6.11 Válvulas de corte o cierre en la red de distribución

Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Las válvulas de compuerta no se deben utilizar en tuberías con diámetros superiores o iguales a 350 mm, en cuyo caso se deben utilizar válvulas de mariposa.



- Cuando en un punto dado de la red se interconecten tres o más tramos de las tuberías, el diseño debe prever una válvula de cierre en cada tramo.
- Debe instalarse una válvula de cierre en todas las conexiones de los sectores hidráulicos.
- Deberán colocarse válvulas con drenaje y pozo de succión para mantenimiento de la red, evitando puntos muertos en la misma.

10.6.12 Válvulas reguladoras de presión

Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del período de diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del período de diseño. Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de válvulas de cierre que permitan el rápido monte y desmonte con fines de mantenimiento y/o cambio de las válvulas. Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de un paso lateral (baipás) con el fin de permitir la distribución de agua potable durante las operaciones de mantenimiento o cambio de las válvulas reguladoras de presión.
- Las válvulas reguladoras de presión deben estar complementadas con todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento, y estar provistas de un indicador del grado de apertura.
- Las válvulas reguladoras de presión deben soportar la presión a ambos lados (aguas arriba y aguas abajo) simultáneamente, o solo por uno de ellos. Exteriormente, en el cuerpo de la válvula debe tenerse grabada una flecha que indique la dirección del flujo. En todos los casos, las válvulas reguladoras de presión deben cerrarse automáticamente al ocurrir un daño en los diafragmas. Resolución 0330/2017. Artículo 65



11 CONCLUSIONES

- Según el estudio que se realizó al actual sistema de distribución de agua potable del municipio de Pailitas se encontraron fallas en las presiones de las zonas altas por tanto los barrios aledaños y que se encuentran ubicado en la zona norte, esto ha ocasionado la suspensión del suministro del líquido.
- El estado de aducción-desarenador que se compone de un canal en concreto reforzado, se encuentra en buen estado.
- Se hizo un parangón entre la capacidad instalada del desarenador, y las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, identificamos un déficit de 30.0 lps, lo que establece la necesidad de construir un nuevo desarenador, que cubra el déficit del acueducto.
- Como la capacidad de transporte de la aducción es de 90.0 lps. Esta se ha visto afectada a raíz de perforaciones realizadas por parceleros y dueños de fincas le han reducido su caudal hasta la PTAP. Como esta tubería reemplazo a la tubería inicial de A.C. de 10" por su mal estado y perforación por los propietarios de fincas. Se plantea la habilitación de la misma, mediante la reposición de aproximadamente 400 m que fueron deteriorados por un derrumbe para que esta sirva como fuente de suministro a los habitantes de las parcelas y fincas localizadas a lo largo de la línea de aducción.
- A la capacidad instalada de la aducción, comparada con las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que la tubería existente tiene capacidad para atender los requerimientos del proyecto al horizonte del mismo.
- El estado de los módulos de la sedimentación acelerada, producto de su largo tiempo de instalación requieren ser cambiados por paneles hexagonales de en material de PVC.





- Comparamos la capacidad instalada de la planta de tratamiento, contra las demandas proyectadas para los años 2020 y 2045, observamos que no existe requerimiento de ampliación de este componente, ya que la capacidad instalada es de 90.0 lps.



12 RECOMENDACIONES

Se requiere conocer a profundidad las características hidrológicas de las cuencas que bastecen al municipio pues no se tienen estudios actualizados ni suficientes para poder acceder a información confiable sobre el área. Remover las tuberías que se encuentren en estado obsoleto que con el paso del tiempo su material pierde calidad.

- Para la planta de tratamiento un Cambio de las placas de A.C. de los sedimentadores por paneles hexagonales de PVC. Reposición de las válvulas de accesos y lavado, tanto de sedimentadores como de los filtros. Reposición de los lechos filtrantes de cada uno de los siete filtros.
- Para la sedimentación será acelerada, la diferencia será que una se realizará con módulos de tubos hexagonales, los cuales serán colocados inclinadas de modo que el agua ascienda por las celdas con flujo laminar, mientras que la otra alternativa el para la sedimentación acelerada se hará con placas planas, las cuales serán colocados inclinadas de modo que el agua ascienda por las celdas con flujo laminar.
- Se propone filtros de tasa declinante, lavado mutuo y de lechos dobles de arena y antracita y auto lavables, de tasa declinante. El lecho de soporte que sustenta la arena debe ser de grava, con unas dimensiones y características que dependen del sistema de drenaje adoptado. El falso fondo estará conformado por viguetas prefabricadas de concreto en forma de V invertidas.
- En cuanto a la red de distribución si bien mediante la cual se repuso parcialmente la tubería de AC dado el alto porcentaje de pérdidas técnicas que se presentaban en la red de distribución se hace necesario emplear micro medición a las conexiones domiciliarias como el sistema carece de micro medición, situación que trae como consecuencia el uso no racional del agua y pérdidas de agua en el sistema. Contra las demandas proyectadas observamos que existe requerimiento de ampliación de este componente del



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

sistema de acueducto en 165.0 lps, ya que la capacidad instalada es de 110.0 lps.



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia



13 ANEXOS

ANEXOS PARAMETRO PARRA EL DISEÑO DE ACUEDUCTO SEGÚN EL RAS 0330/2017

13.1 ANEXO I

13.1.1 PARAMETROS DE DISEÑO

Para el cálculo de las áreas aferentes se utilizó el método de los polígonos rectangulares y el área se determinó a través del programa de dibujo asistido por computador AutoCAD 2015, teniendo en cuenta las áreas asumidas de expansión y la distribución espacial demográfica basada en los recorridos realizados en el área de diseño. Para los parámetros de aducción y conducción según lo establecido la resolución 0330 de 2017 el artículo 56 contempla lo siguiente:

Los sistemas de aducción y conducción deben contar con un cálculo hidráulico que contemple diferentes condiciones operativas o de expansión, tomando como referencia el trazado sobre planos topográficos a escala adecuada de la conducción existente, si la hubiere, y de las alternativas de conducción propuestas por el diseñador.

La elección del diámetro debe basarse en un estudio comparativo técnico-económico, mediante las técnicas de optimización que hagan que el costo anual de la obra objeto del diseño sea mínimo. De todas formas, en la selección del diámetro, se deben analizar las presiones de trabajo, las velocidades de flujo, la longitud de la línea de aducción y/o conducción y la estabilidad geotécnica del corredor correspondiente, mediante las técnicas de optimización que hagan que el costo anual de la obra objeto del diseño sea mínimo. De todas formas, en la selección del diámetro, se deben analizar las presiones de trabajo, las velocidades de flujo, la longitud de la línea de aducción y/o conducción y la estabilidad geotécnica del corredor correspondiente.

13.1.2 Coeficiente de rugosidad



El coeficiente de rugosidad n de Manning que debe utilizarse en el diseño de los canales depende, en general, del tipo de material del canal. En la siguiente tabla se establecen los coeficientes n de Manning para diferentes materiales.

Tabla B. 6.17 Coeficientes de rugosidad de Manning

Material del canal n de Manning

✓ Cemento mortero 0.013	Cemento pulido 0.011
✓ Concreto áspero 0.016	Concreto liso 0.012
✓ Mampostería 0.015	Piedra 0.025
✓ Piedra sobre mortero 0.035	

13.1.3 Velocidad mínima

La velocidad mínima permisible estará determinada por el menor valor que evite la sedimentación. El valor de la velocidad mínima debe estar determinado como una función del esfuerzo cortante mínimo necesario para producir el arrastre de las partículas sedimentables que no hayan sido retenidas por los desarenadores.

13.1.4 Velocidad máxima

La velocidad máxima en el canal de aducción dependerá del caudal que ésta mueva, del radio hidráulico y del material de las paredes. Además, deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos: 1. La velocidad máxima en los canales de la aducción dependerá del riesgo de erosión que ésta pueda sufrir. 2. En las siguientes tablas se dan algunos valores de referencia de velocidades máximas en canales revestidos y no revestidos. En caso que el diseño involucre algún material no contenido en las tablas, debe justificarse la velocidad máxima adoptada.



13.2 ANEXO II METODO DE CÁLCULO

Epanet es un programa para computador para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de dominio público y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El programa es capaz de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada, además de estar diseñada para ser "una herramienta de investigación que mejore nuestro conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red de aguas".¹ Si bien fue diseñado para agua potable también puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión. La primera versión de EPANET fue lanzada en 1993.

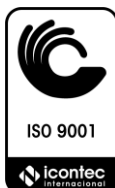
13.2.1 Calculo de caudales por nodos

La determinación de caudales de consumo para cada uno de los nudos de la red debe efectuarse por el método de las áreas o por el método de la repartición media. En este caso, por ser simulación a través del programa EPANET, se realizará por el método de las áreas. En este método se determinan las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nudos de la red, para luego aplicar el caudal específico unitario (l/s/Ha) determinado para cada tipo de área de abastecimiento y correspondiente al año horizonte del proyecto.

El área de influencia es aquella área delimitada por cada una de las áreas aferentes de los tramos que llegan al nudo o punto singular.

Siendo así, el caudal del nudo es:

$$Q_{nodo} = \frac{\text{dotacion bruta} \times \text{Area Aferente} \times \text{Densidad} \times k1}{86400}$$

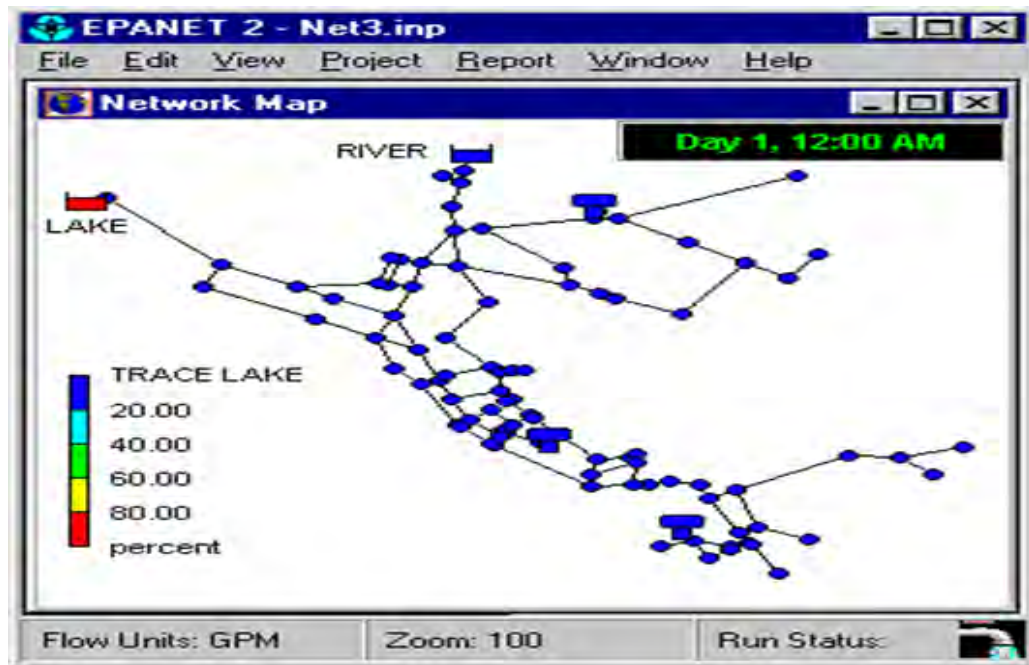


El programa permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías respectivamente.

Adicionalmente, EPANET

Permite el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde las fuentes (depósitos y embalses), hasta los nodos del sistema. Entre los elementos que puede simular el programa se encuentran fundamentalmente tubos, nodos, depósitos y embalses (referencias de carga constante) y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas.

imagen21. Esquema Epanet



El caudal de cada nudo calculado por el método de áreas aferentes se muestra a continuación junto con los cálculos necesarios para el desarrollo de la simulación hidráulica del acueducto del municipio de Pailitas-Cesar.

tabla22. Parámetros de Diseño de la red de Distribución

MUNICIPIO DE PAILTAS		
OPTIMIZACION DE LA RED DE DISTRIBUCION		
PARAMETROS DE DISEÑO PARA LA MODELACIÓN		
PARAMETROS DE DISEÑO PARA LA MODELACIÓN		RAS-2017
Numero desuscriptores en el año inicio del proyecto =	4234	
Numero de habitantes en el año inicio del proyecto =	21170	
Numero de habitantes en el año final del proyecto =	32811	
Perimetro sanitario distrito 1 año final de diseño (ha) =	110	
Perimetro sanitario distrito 2 año final de diseño (ha) =	133	
Perimetro sanitario en el año inicio de diseño (ha) =	243	
Densidad Poblacional final del proyecto (hab/Ha) =	135	
Periodo de diseño	25	Art 40
% de perdidas tecnicas =	25	Art 44
Valor de coeficiente K1 =	1,20	Art 47
Valor de coeficiente K2 =	1,50	Art 47
Caudal de hidrantes y ubicación (lt/seg) =	5,00	Art 70
Dotación Neta (lt/hab/dia) =	140	Art 43
Numero total de habitantes Horizonte de diseño =	32811	
Dotación Bruta (lt/hab/dia) =	186,67	Art 44
% de area residencial =	100	
% de area no residencial (otros usos) =	0	
Presión mínima en la red de distribución - mca	15,0	Art. 61
Presión máxima en la red de distribución - mca	50,0	Art. 62

tabla23. Datos para los cálculos y la simulación hidráulica

DATOS PARA LOS CALCULOS Y LA SIMULACIÓN	
OPCIONES HIDRAULICAS	
Unidades de flujo	Lps
Ecuación para las perdidas	Darcy & Weisback
Gravedad Específica	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones máximas	40
Precisión	0,001

13.2.2 Conformación de la red de distribución hacia las veredas

Aprovechando la topografía y la conformación de calles y carreras de la localidad, la red de distribución se planteó dividiéndola en dos grandes distritos, los cuales tienen un perímetro sanitario o una extensión de 243 ha. Este perímetro se divide en dos grandes distritos, así: el distrito norte con una extensión de 110 ha, representado en 45% del perímetro urbano de la población y conformado por los

barrios El Carmen, El Bosque, Fundadores, Idema, La frontera, Vila Karol y demás sectores comprendidos en la margen derecha del cauce de Arroyo Hondo hacia la salida de Curumaní y el distrito sur con una extensión de 133 ha, representado el 55% del perímetro urbano de la población y conformado por los barrios Las Cumbres, Lucerna, Torcoroma, Pueblo Nuevo, Alto Prado, Alfonso López, Nueva Granada, El Jardín, El Centro, San Pedro, Nueva Esperanza, 9 de Abril, La Florida, y 27 de Marzo. Con una proyección de 32.811 habitantes al año 2.045 y una extensión de la población de 243 ha, la densidad sería de 135,6 hab/ha. Así se tendría una población de 14.765 habitantes en el distrito Norte y 18.046 habitantes en el distrito sur. Para la simulación se considerará una presión promedio en las condiciones de máxima y mínima demanda de acuerdo con la curva de variación de consumo del sistema de acueducto, confrontando los resultados con los parámetros establecidos en el RAS para la red de distribución.

13.2.3 Curva de variación de consumo

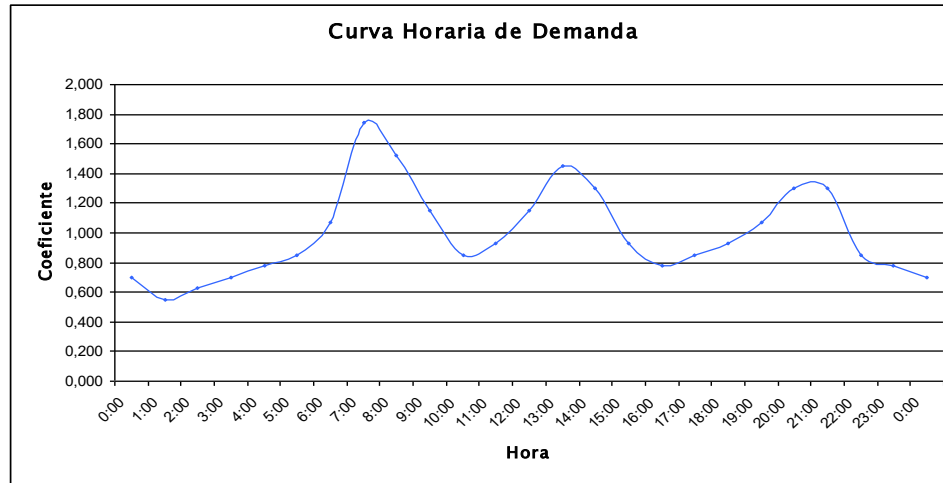
Para la simulación hidráulica se utilizó la curva de variación de consumo horario (Tabla No. 24) utilizada en los estudios realizados por Aguas del Cesar para el Plan Departamental de Aguas, la cual corresponde a las costumbres de consumo de municipios de la costa atlántica.

tabla24. Coeficientes de la curva de variación de consumo horarios

HORA	COEFICIENTE	HORA	COEFICIENTE
0:00	0,000	12:00	1,150
1:00	0,550	13:00	1,450
2:00	0,625	14:00	1,300
3:00	0,700	15:00	0,925
4:00	0,775	16:00	0,775
5:00	0,850	17:00	0,850
6:00	1,075	18:00	0,925
7:00	1,60	19:00	1,075
8:00	1,525	20:00	1,300
9:00	1,150	21:00	1,300
10:00	0,850	22:00	0,850
11:00	0,925	23:00	0,775



imagen22. Gráfica 01. Curva de Variación de Consumo Horario



13.2.4 Caudal máximo horario

El caudal de diseño a la entrada a la Red de Distribución es el caudal máximo horario, correspondiente a 135.0 lps, de acuerdo con la Tabla 30 que se presenta en el documento Etapas de Planeación, la cual se presenta a continuación.

Para estimar población a atender por sectores, se determinó además de la densidad el área de influencia de cada nudo seleccionado para la red matriz, lo cual se presenta en la Tabla No. 05 se presenta el cálculo de las diferentes demandas: Caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario, así como la cota a terreno y su respectiva cota a clave de la tubería a suministrar a cada nodo en el Epanet para la simulación hidráulica.





tabla25. Cálculo del caudal máximo diario, máximo horario (Nodos)

MUNICIPIO DE PALITAS								
CALCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO, MAXIMO DIARIO, MAXIMO HORARIO Y DE DISEÑO CONSUMO DE LA RED								
OPTIMIZACION DE LA RED DE DISTRIBUCION MEDIANTE EL EPANET								
Nodo de Consumo	Área Aferente (Ha)	Num. De Hab.	Qmed (lt/seg)	QMD (lps)	QMH (lps)	Qdiseño (lps)	COTA TERRENO	COTA CLAVE
D I S T R I T O No. 01 - SECTOR 01								
1	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	84,06	83,06
2	1,10	149	0,34	0,41	0,61	0,61	83,82	82,82
3	1,30	176	0,40	0,48	0,72	0,72	83,58	82,58
4	1,60	216	0,49	0,59	0,89	0,89	84,49	83,49
TOTAL:	5,00	675	1,55	1,86	2,78	2,78		
D I S T R I T O No. 01 - SECTOR 02								
5	1,20	162	0,37	0,45	0,67	0,67	84,53	83,53
6	1,40	189	0,43	0,52	0,78	0,78	83,58	82,58
7	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	77,55	76,55
8	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	70,31	69,31
9	1,20	162	0,37	0,45	0,67	0,67	71,64	70,64
10	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	71,71	70,71
11	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	71,87	70,87
12	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	72,25	71,25
13	2,20	297	0,68	0,82	1,22	1,22	76,19	75,19
TOTAL:	15,00	2025	4,64	5,57	8,35	8,35		
D I S T R I T O No. 01 - SECTOR 03								
14	0,80	108	0,25	0,30	0,45	0,45	86,53	85,53
15	1,80	243	0,56	0,67	1,00	1,00	86,53	85,53
16	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	78,19	77,19
17	1,30	176	0,40	0,48	0,72	0,72	73,38	72,38
18	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	74,30	73,30
19	1,70	230	0,53	0,63	0,95	0,95	83,48	82,48
20	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	80,86	79,86
21	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	84,10	83,10
22	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	77,72	76,72
23	4,30	581	1,33	1,60	2,39	2,39	76,87	75,87
24	1,80	243	0,56	0,67	1,00	1,00	66,85	65,85
25	1,20	162	0,37	0,45	0,67	0,67	66,23	65,23
26	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	73,09	72,09
27	0,60	81	0,19	0,22	0,33	0,33	73,52	72,52
28	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	70,65	69,65
29	0,60	81	0,19	0,22	0,33	0,33	74,67	73,67
30	1,40	189	0,43	0,52	0,78	0,78	74,82	73,82
TOTAL:	28,00	3781	8,66	10,39	15,58	15,58		





Cálculo del caudal máximo diario, máximo horario y de diseño por nodos

MUNICIPIO DE PALITAS								
CALCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO, MAXIMO DIARIO, MAXIMO HORARIO Y DE DISEÑO								
CONSUMO DE LA RED								
OPTIMIZACION DE LA RED DE DISTRIBUCION MEDIANTE EL EPANET								
D I S T R I T O No. 01 - SECTOR 04								
Nodo de Consumo	Área Aferente (Ha)	Num. De Hab.	Qmed (lt/seg)	QMD (lps)	QMH (lps)	Qdiseño (lps)	COTA TERRENO	COTA CLAVE
48	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	72,10	71,10
49	1,20	162	0,37	0,45	0,67	0,67	71,94	70,94
50	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	70,91	69,91
51	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	68,36	67,36
52	3,30	446	1,02	1,22	1,84	1,84	65,81	64,81
53	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	63,55	62,55
54	2,60	351	0,80	0,96	1,45	1,45	64,21	63,21
55	4,50	608	1,39	1,67	2,50	2,50	64,12	63,12
56	4,60	621	1,42	1,71	2,56	2,56	65,18	64,18
57	4,30	581	1,33	1,60	2,39	2,39	66,24	65,24
58	2,70	365	0,83	1,00	1,50	1,50	67,08	66,08
59	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	66,23	65,23
60	2,80	378	0,87	1,04	1,56	1,56	65,59	64,59
61	3,40	459	1,05	1,26	1,89	1,89	65,13	64,13
62	6,00	810	1,86	2,23	3,34	3,34	63,09	62,09
63	6,00	810	1,86	2,23	3,34	3,34	65,73	64,73
64	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	70,89	69,89
65	1,80	243	0,56	0,67	1,00	1,00	65,49	64,49
66	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	63,55	62,55
67	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	63,91	62,91
68	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	63,91	62,91
69	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	64,83	63,83
70	4,30	581	1,33	1,60	2,39	2,39	61,88	60,88
71	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	62,50	61,50
72	3,60	486	1,11	1,34	2,00	2,00	61,88	60,88
73	2,40	324	0,74	0,89	1,34	1,34	62,50	61,5
74	2,30	311	0,71	0,85	1,28	1,28	62,52	61,52
75	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	63,46	62,46
76	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	66,12	65,12
77	1,20	162	0,37	0,45	0,67	0,67	64,21	63,21
78	1,50	203	0,46	0,56	0,83	0,83	64,58	63,58
96	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	66,45	65,45
97	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	66,85	65,85
TOTAL:	85,00	11477	26,28	31,54	47,31	47,31		
TOTAL D-01:	133,00	17958	41,13	49,35	74,03	74,03		





MUNICIPIO DE PALITAS								
CALCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO, MAXIMO DIARIO, MAXIMO HORARIO Y DE DISEÑO								
CONSUMO DE LA RED								
OPTIMIZACION DE LA RED DE DISTRIBUCION MEDIANTE EL EPANET								
DISTRITO No. 02 (SALIDA HACIA VALLEDUPAR)								
Nodo de Consumo	Área Aferente (Ha)	Num. De Hab.	Qmed (lt/seg)	QMD (lps)	QMH (lps)	Qdiseño (lps)	COTA TERRENO	COTA CLAVE
31	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	72,25	71,25
32	1,40	189	0,43	0,52	0,78	0,78	72,10	71,10
33	2,10	284	0,65	0,78	1,17	1,17	72,94	71,94
34	3,30	446	1,02	1,22	1,84	1,84	67,86	66,86
35	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	67,08	66,08
36	2,30	311	0,71	0,85	1,28	1,28	67,08	66,08
37	7,00	945	2,16	2,60	3,90	3,90	66,23	65,23
38	3,50	473	1,08	1,30	1,95	1,95	72,21	71,21
39	4,40	594	1,36	1,63	2,45	2,45	71,95	70,95
40	4,00	540	1,24	1,48	2,23	2,23	68,65	67,65
41	4,20	567	1,30	1,56	2,34	2,34	69,85	68,85
42	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	70,89	69,89
43	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	71,25	70,25
44	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	72,46	71,46
45	2,40	324	0,74	0,89	1,34	1,34	74,73	73,73
46	2,00	270	0,62	0,74	1,11	1,11	72,93	71,93
47	2,50	338	0,77	0,76	1,14	1,14	71,19	70,19
79	2,00	270	0,62	0,57	0,86	0,86	72,41	71,41
80	1,00	135	0,31	0,37	0,56	0,56	67,33	66,33
81	1,30	176	0,40	0,48	0,72	0,72	72,69	71,69
82	2,20	297	0,68	0,82	1,22	1,22	70,72	69,72
83	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	69,75	68,75
84	2,60	351	0,80	0,96	1,45	1,45	67,81	66,81
85	2,30	311	0,71	0,85	1,28	1,28	71,01	70,01
86	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	70,89	69,89
87	4,50	608	1,39	1,67	2,50	2,50	67,35	66,35
88	4,50	608	1,39	1,67	2,50	2,50	67,23	66,23
89	4,80	648	1,48	1,78	2,67	2,67	71,01	70,01
90	4,20	567	1,30	1,56	2,34	2,34	70,25	69,25
91	3,50	473	1,08	1,30	1,95	1,95	68,23	67,23
92	3,50	473	1,08	1,30	1,95	1,95	67,56	66,56
93	3,00	405	0,93	1,11	1,67	1,67	73,33	72,33
94	2,50	338	0,77	0,93	1,39	1,39	70,91	69,91
95	5,00	675	1,55	1,86	2,78	2,78	66,46	65,46
98	7,00	945	2,16	2,60	3,90	3,90	97,51	96,51
TOTAL D-2:	110,00	14853	34,01	40,48	60,72	60,72		
SUMA D1+D2	243	32811	75	90	135	135		

Del análisis de la topografía general de la zona comprendida por el perímetro urbano, con base en las cotas de terreno, se planteó la red de distribución. A



continuación, se presentan los esquemas del planteamiento de los dos distritos con sus correspondientes sectores.

imagen23. Esquema No. 03: Conformación del Distrito 01: Sectores 01, 02, 03 y 04

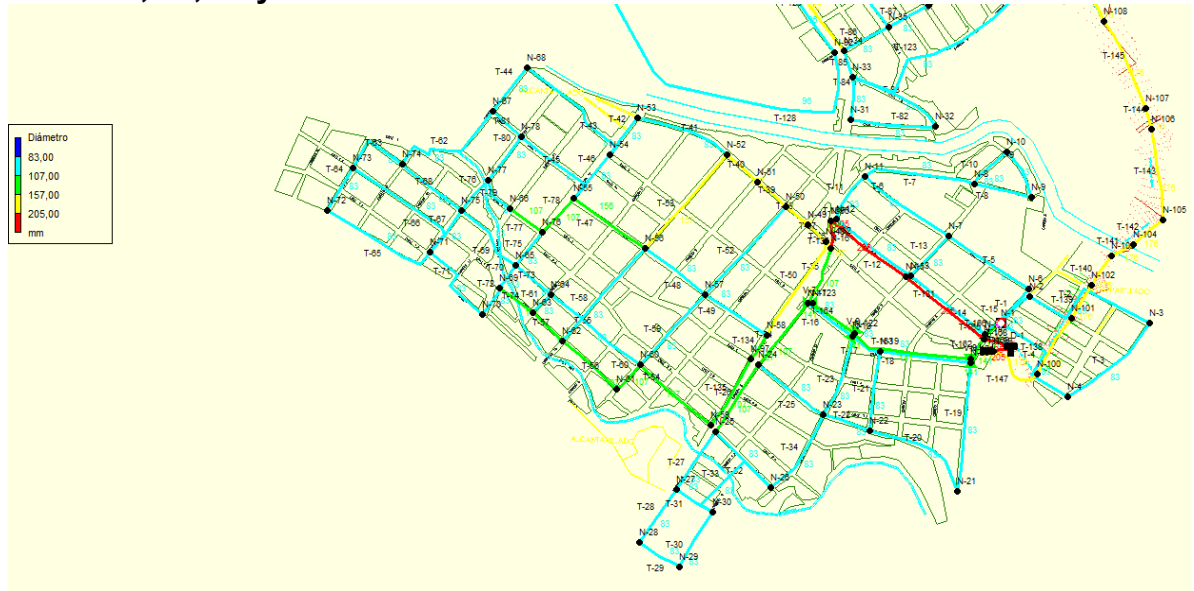
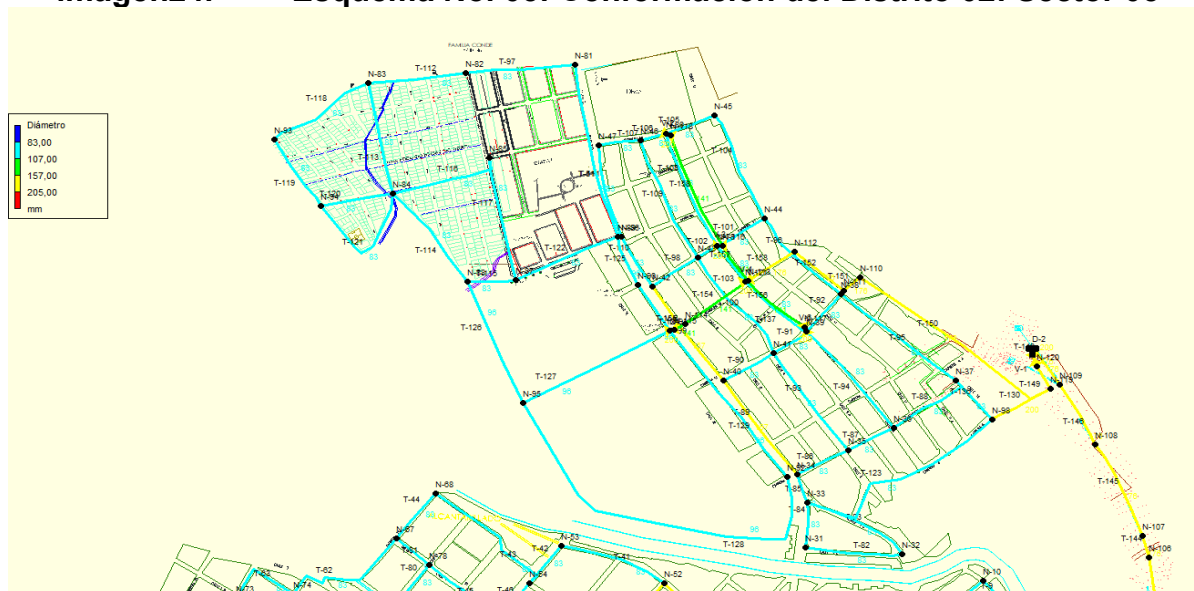


imagen24. Esquema No. 03: Conformación del Distrito 02: Sector 05



13.3 ANEXOS III RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA

Con la simulación hidráulica en el programa EPANET, en período extendido, se obtiene la información o datos producto del diseño arrojados para elaboración de

los planos del diseño, los cuales son los siguientes: la identificación de cada tramo de tubería (Longitud, el caudal, diámetro, rugosidad, las pérdidas unitarias y totales, la velocidad y el estado de cada una de los tramos que integran la red de distribución. A continuación, se presentan los resultados para tres situaciones a lo largo del día de acuerdo con la curva de variación de consumo horario, así: 7:00 am hora de máximo consumo y a las 12:00 m y a las 15:00 pm, tanto para tuberías en PE como en H.D y PVC.

Estado de la tubería PE horario periodo extendido 7:00

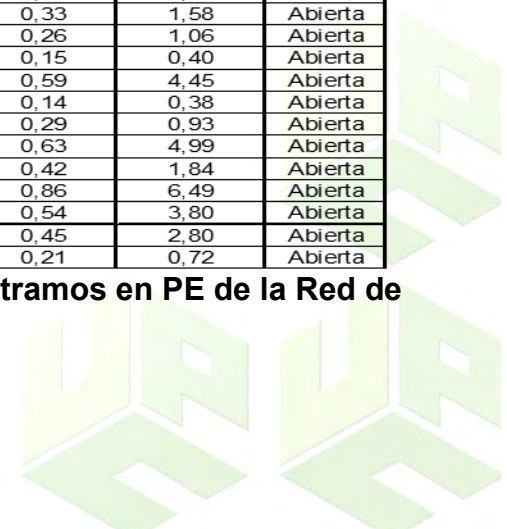
Características de los diferentes tramos en PE de la Red de distribución

MUNICIPIO DE PALITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
ESTADO DE LAS TUBERIAS DE LA RED DE DISTRIBUCION A LAS 7: 00 HORAS							
Analisis	Dinámico			Hora:		7: 00 a.m.	
Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-1	89,35	83	0,0015	1,22	0,22	0,82	Abierta
Tubería T-2	340,42	83	0,0015	0,61	0,11	0,25	Abierta
Tubería T-3	253,18	83	0,007	-0,10	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-4	277,62	83	0,0015	-0,98	0,18	0,56	Abierta
Tubería T-5	217,10	83	0,0015	2,96	0,55	3,93	Abierta
Tubería T-6	231,14	83	0,0015	2,67	0,49	3,27	Abierta
Tubería T-7	255,33	83	0,0015	2,59	0,48	3,10	Abierta
Tubería T-8	132,30	83	0,0015	0,81	0,15	0,41	Abierta
Tubería T-9	120,50	83	0,0015	0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería T-10	104,80	83	0,0015	-0,95	0,18	0,53	Abierta
Tubería T-11	117,28	83	0,0015	-1,30	0,24	0,92	Abierta
Tubería T-12	209,89	83	0,0015	-2,63	0,49	3,20	Abierta
Tubería T-13	125,35	83	0,0015	0,49	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-14	214,02	83	0,0015	4,34	0,80	7,77	Abierta
Tubería T-15	140,36	83	0,0015	3,73	0,69	5,93	Abierta
Tubería T-16	125,06	83	0,0015	-2,02	0,37	2,01	Abierta
Tubería T-17	75,63	83	0,0015	-1,07	0,20	0,66	Abierta
Tubería T-18	204,34	83	0,0015	-3,65	0,67	5,69	Abierta
Tubería T-19	291,97	83	0,0015	2,69	0,50	3,31	Abierta
Tubería T-20	259,50	83	0,0015	1,86	0,34	1,73	Abierta



Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-21	181,44	83	0,0015	1,64	0,30	1,38	Abierta
Tubería T-22	110,30	83	0,0015	2,12	0,39	2,18	Abierta
Tubería T-23	191,18	83	0,0015	-2,19	0,41	2,31	Abierta
Tubería T-24	177,87	107	0,0015	3,06	0,34	1,24	Abierta
Tubería T-25	184,78	83	0,0015	-0,47	0,09	0,16	Abierta
Tubería T-26	178,78	107	0,0015	2,53	0,28	0,89	Abierta
Tubería T-27	158,10	83	0,0015	1,22	0,22	0,82	Abierta
Tubería T-28	146,40	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-29	106,83	83	0,0015	-0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-30	144,16	83	0,0015	-0,37	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-31	97,95	83	0,0015	0,39	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-32	177,41	83	0,0015	0,65	0,12	0,28	Abierta
Tubería T-33	258,99	83	0,0015	-0,75	0,14	0,35	Abierta
Tubería T-34	205,31	83	0,0015	-1,48	0,27	1,15	Abierta
Tubería T-35	136,79	107	0,0015	6,94	0,77	5,32	Abierta
Tubería T-36	18,50	157	0,0015	46,71	2,41	26,35	Abierta
Tubería T-37	55,51	157	0,0015	29,76	1,54	11,61	Abierta
Tubería T-38	63,79	157	0,0015	29,10	1,50	11,14	Abierta
Tubería T-39	86,43	157	0,0015	23,85	1,23	7,77	Abierta
Tubería T-40	91,49	157	0,0015	22,75	1,18	7,14	Abierta
Tubería T-41	220,69	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-42	103,91	83	0,0015	3,09	0,57	4,24	Abierta
Tubería T-43	300,44	83	0,0015	2,51	0,46	2,94	Abierta
Tubería T-44	125,08	83	0,0015	1,42	0,26	1,08	Abierta
Tubería T-45	223,95	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta
Tubería T-46	127,77	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-47	194,96	156	0,0015	-14,26	0,75	3,17	Abierta
Tubería T-48	171,78	83	0,0015	-3,24	0,60	4,60	Abierta
Tubería T-49	167,01	83	0,0015	-5,65	1,04	12,44	Abierta
Tubería T-50	254,32	157	0,0015	16,40	0,85	3,95	Abierta
Tubería T-51	384,46	83	0,007	3,19	0,59	4,53	Abierta
Tubería T-52	272,44	83	0,0015	3,87	0,72	6,34	Abierta
Tubería T-53	281,78	157	0,0015	17,03	0,88	4,23	Abierta
Tubería T-54	210,02	107	0,0015	7,63	0,85	6,30	Abierta
Tubería T-55	255,31	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta
Tubería T-56	163,60	107	0,0015	4,95	0,55	2,91	Abierta
Tubería T-57	92,57	107	0,0015	5,13	0,57	3,10	Abierta
Tubería T-58	280,54	83	0,0015	3,48	0,64	5,23	Abierta
Tubería T-59	213,66	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-60	77,62	107	0,0015	6,82	0,76	5,16	Abierta
Tubería T-61	57,50	83	0,0015	0,76	0,14	0,37	Abierta
Tubería T-62	282,53	83	0,0015	1,82	0,34	1,67	Abierta
Tubería T-63	167,65	83	0,0015	1,60	0,30	1,32	Abierta
Tubería T-64	110,85	83	0,0015	0,99	0,18	0,57	Abierta
Tubería T-65	279,37	83	0,0015	-1,00	0,18	0,58	Abierta
Tubería T-66	308,76	83	0,0015	-0,71	0,13	0,32	Abierta
Tubería T-67	116,97	83	0,0015	-1,99	0,37	1,95	Abierta
Tubería T-68	168,81	83	0,0015	1,04	0,19	0,62	Abierta
Tubería T-69	180,16	83	0,0015	-1,77	0,33	1,58	Abierta
Tubería T-70	64,47	83	0,0015	-1,41	0,26	1,06	Abierta
Tubería T-71	209,72	83	0,0015	-0,80	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-72	81,22	83	0,0015	-3,17	0,59	4,45	Abierta
Tubería T-73	104,46	83	0,0015	0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-74	93,35	107	0,0015	2,60	0,29	0,93	Abierta
Tubería T-75	94,62	83	0,0015	-3,39	0,63	4,99	Abierta
Tubería T-76	91,61	107	0,0015	-3,82	0,42	1,84	Abierta
Tubería T-77	105,37	107	0,0015	-7,75	0,86	6,49	Abierta
Tubería T-78	91,91	83	0,0015	-2,90	0,54	3,80	Abierta
Tubería T-79	85,96	83	0,0015	2,44	0,45	2,80	Abierta
Tubería T-80	124,73	83	0,0015	1,13	0,21	0,72	Abierta

Continuación: Características de los diferentes tramos en PE de la Red de Distribución





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-81	86,40	83	0,0015	1,23	0,23	0,84	Abierta
Tubería T-82	192,09	83	0,0015	0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería T-83	220,96	83	0,0015	-0,54	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-84	97,86	83	0,0015	-0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-85	63,64	83	0,0015	3,99	0,74	6,69	Abierta
Tubería T-86	112,97	83	0,0015	-0,86	0,16	0,45	Abierta
Tubería T-87	103,18	83	0,0015	-2,76	0,51	3,47	Abierta
Tubería T-88	178,03	83	0,0015	-4,86	0,90	9,51	Abierta
Tubería T-89	249,47	157	0,0015	3,05	0,16	0,20	Abierta
Tubería T-90	115,87	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-91	78,69	83	0,0015	-2,85	0,53	3,67	Abierta
Tubería T-92	106,99	83	0,0015	-0,74	0,14	0,34	Abierta
Tubería T-93	256,47	83	0,0015	0,52	0,10	0,19	Abierta
Tubería T-94	270,28	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-95	293,06	83	0,0015	3,77	0,70	6,05	Abierta
Tubería T-96	225,83	83	0,0015	1,11	0,21	0,70	Abierta
Tubería T-97	215,71	83	0,007	2,48	0,46	2,89	Abierta
Tubería T-98	111,02	83	0,0015	0,97	0,18	0,56	Abierta
Tubería T-99	246,93	157	0,0015	1,82	0,09	0,08	Abierta
Tubería T-100	258,42	83	0,0015	0,21	0,04	0,03	Abierta
Tubería T-101	110,89	83	0,0015	-0,89	0,17	0,48	Abierta
Tubería T-102	44,92	83	0,0015	3,42	0,63	5,09	Abierta
Tubería T-103	96,11	83	0,0015	-1,53	0,28	1,22	Abierta
Tubería T-104	244,95	83	0,0015	0,63	0,12	0,26	Abierta
Tubería T-105	104,56	83	0,0015	-0,69	0,13	0,30	Abierta
Tubería T-106	50,76	83	0,0015	2,52	0,47	2,95	Abierta
Tubería T-107	84,04	83	0,0015	1,62	0,30	1,35	Abierta
Tubería T-108	261,87	83	0,0015	0,72	0,13	0,33	Abierta
Tubería T-109	278,47	83	0,0015	0,19	0,04	0,02	Abierta
Tubería T-110	124,49	83	0,0015	1,15	0,21	0,75	Abierta
Tubería T-111	202,73	83	0,0015	-0,49	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-112	193,91	83	0,007	1,26	0,23	0,88	Abierta
Tubería T-113	243,13	83	0,0015	-0,91	0,17	0,50	Abierta
Tubería T-114	243,06	83	0,007	-3,22	0,60	4,62	Abierta
Tubería T-115	95,24	83	0,007	1,09	0,20	0,68	Abierta
Tubería T-116	227,53	83	0,0015	-1,33	0,25	0,96	Abierta
Tubería T-117	270,40	83	0,0015	-2,59	0,48	3,10	Abierta
Tubería T-118	226,13	83	0,007	0,80	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-119	170,33	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-120	143,42	83	0,0015	-1,32	0,24	0,95	Abierta
Tubería T-121	279,12	83	0,007	-0,90	0,17	0,49	Abierta
Tubería T-122	201,81	83	0,007	-3,97	0,73	6,73	Abierta
Tubería T-123	465,08	83	0,0015	-6,47	1,19	15,85	Abierta
Tubería T-124	116,88	96	0,007	12,10	1,67	24,99	Abierta
Tubería T-125	113,35	96	0,007	9,79	1,35	16,99	Abierta
Tubería T-126	370,19	96	0,007	-6,78	0,94	8,74	Abierta
Tubería T-127	327,55	96	0,007	-6,84	0,94	8,86	Abierta
Tubería T-128	704,81	96	0,007	-2,70	0,37	1,68	Abierta
Tubería T-129	391,17	96	0,007	-4,63	0,64	4,39	Abierta
Tubería T-130	132,39	200	0,007	22,80	0,73	2,26	Abierta
Tubería T-131	225,13	205	0,0015	40,80	1,24	5,69	Abierta
Tubería T-132	210,58	205	0,0015	39,81	1,21	5,44	Abierta
Tubería T-133	65,73	205	0,0015	40,32	1,22	5,57	Abierta
Tubería T-134	63,77	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-135	175,30	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-136	109,67	83	0,0015	12,48	2,31	51,93	Abierta
Tubería T-137	161,53	83	0,0015	0,68	0,13	0,30	Abierta
Tubería T-138	148,62	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-139	88,68	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-140	80,55	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta

**Continuación: Características de los diferentes tramos de la Red de
Distribución**





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-141	56,04	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-142	86,51	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-143	206,66	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-144	49,01	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-145	218,37	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-146	147,14	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-147	137,94	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-148	93,41	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-149	54,60	176	0,007	60,03	2,47	24,73	Abierta
Tubería T-150	472,09	176	0,007	37,23	1,53	10,27	Abierta
Tubería T-151	43,26	176	0,007	37,23	1,53	10,27	Abierta
Tubería T-152	128,09	176	0,007	37,23	1,53	10,27	Abierta
Tubería T-153	111,95	176	0,007	37,23	1,53	10,27	Abierta
Tubería T-154	155,44	141	0,007	25,49	1,63	15,07	Abierta
Tubería T-155	23,76	141	0,0015	25,49	1,63	14,71	Abierta
Tubería T-156	149,43	141	0,0015	-3,00	0,19	0,32	Abierta
Tubería T-157	91,01	141	0,007	6,54	0,42	1,29	Abierta
Tubería T-158	260,05	141	0,007	3,03	0,19	0,33	Abierta
Tubería T-159	16,97	176	0,0015	18,97	0,78	2,97	Abierta
Tubería T-162	60,01	141	0,007	20,35	1,30	9,99	Abierta
Tubería T-163	276,97	141	0,007	12,92	0,83	4,38	Abierta
Tubería T-164	117,15	141	0,007	8,68	0,56	2,14	Abierta
Tubería T-165	11,20	107	0,0015	8,74	0,97	8,04	Abierta
Tubería T-166	52,86	107	0,0015	2,74	0,30	1,02	Abierta
Tubería T-167	13,23	107	0,0015	-0,51	0,06	0,05	Abierta
Tubería T-168	67,42	205	0,0015	73,07	2,21	16,42	Abierta
Tubería T-169	55,67	205	0,0015	163,37	4,95	71,85	Abierta
Válvula V-1	0,05	200	0,0200	60,03	1,91	0,00	Activa
Válvula V-2	0,05	200	0,0200	3,03	0,10	0,00	Activa
Válvula V-3	0,05	200	0,0200	3,51	0,11	0,00	Activa
Válvula V-4	0,05	200	0,0200	2,20	0,07	0,00	Activa
Válvula V-5	0,05	200	0,0200	25,49	0,81	0,00	Activa
Válvula V-6	0,05	200	0,0200	3,00	0,10	0,00	Activa
Válvula V-7	0,05	141	0,0200	8,68	0,56	0,00	Activa
Válvula V-8	0,05	141	0,0200	4,24	0,27	0,00	Activa
Válvula V-9	0,05	141	0,0200	7,43	0,48	0,00	Activa

Con la simulación hidráulica en el programa EPANET, en período extendido, se obtiene, además, la presión en cada nudo, lo cual le permite al diseñador visualizar el comportamiento hidráulico del enmallado simulado en cada corrida, que le indican los tramos deficientes y los sobrados en capacidad, en términos de sección de la tubería. A continuación, se presentan los resultados para tres situaciones a lo largo





del día de acuerdo con la curva de variación de consumo horario, así: 7:00 am hora de máximo consumo y a las 12:00 m y a las 15:00 pm.

Horario de los nodos en periodo extendido

tabla26. Características de los diferentes Nodos de la Red de Distribución en PE.

MUNICIPIO DE PALITAS					
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET					
ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCION					
Analisis	Dinámico		Hora:	7: 00 a.m.	
ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-1	83,06	0,37	0,55	112,84	29,78
Nudo N-2	82,82	0,41	0,61	112,77	29,95
Nudo N-3	85,58	0,48	0,71	112,68	27,10
Nudo N-4	84,49	0,59	0,87	112,68	28,19
Nudo N-5	83,53	0,45	0,67	112,80	29,27
Nudo N-6	82,58	0,52	0,77	111,97	29,39
Nudo N-7	76,53	0,53	0,78	111,12	34,59
Nudo N-8	69,31	0,56	0,83	109,57	40,26
Nudo N-9	70,64	0,45	0,67	109,51	38,87
Nudo N-10	70,71	0,74	1,10	109,51	38,80
Nudo N-11	70,87	0,93	1,38	110,36	39,49
Nudo N-12	71,25	0,56	0,83	110,47	39,22
Nudo N-13	75,19	0,82	1,21	111,14	35,95
Nudo N-14	83,53	0,30	0,44	112,89	29,36
Nudo N-15	75,19	0,67	0,99	111,61	36,42
Nudo N-16	77,19	0,37	0,55	110,10	32,91
Nudo N-17	72,38	0,48	0,71	110,83	38,45
Nudo N-18	73,30	0,74	1,10	111,08	37,78
Nudo N-19	82,48	0,63	0,93	111,13	28,65
Nudo N-20	79,86	0,74	1,10	112,29	32,43
Nudo N-21	83,10	0,56	0,83	111,33	28,23
Nudo N-22	76,72	0,93	1,38	110,88	34,16
Nudo N-23	75,87	1,60	2,37	110,64	34,77
Nudo N-24	65,65	0,67	0,99	110,61	44,96
Nudo N-25	65,23	0,45	0,67	110,45	45,22
Nudo N-26	72,09	0,93	1,38	110,40	38,31
Nudo N-27	72,52	0,22	0,33	110,32	37,80
Nudo N-28	69,65	0,37	0,55	110,29	40,64
Nudo N-29	73,67	0,22	0,33	110,29	36,62
Nudo N-30	73,82	0,52	0,77	110,31	36,49





**Continuación Tabla No. 32: Características de los diferentes Nodos de la Red
de Distribución en PE**

ID Nodo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-31	71,25	0,37	0,55	104,94	33,69
Nudo N-32	71,10	0,52	0,77	104,94	33,84
Nudo N-33	71,94	0,78	1,15	104,98	33,04
Nudo N-34	66,86	1,22	1,81	104,55	37,69
Nudo N-35	66,08	0,93	1,38	104,60	38,52
Nudo N-36	66,08	0,85	1,26	104,96	38,88
Nudo N-37	89,23	2,60	3,85	106,66	17,43
Nudo N-38	82,21	1,30	1,92	104,88	22,67
Nudo N-39	76,95	1,63	2,41	104,84	27,89
Nudo N-40	67,65	1,40	2,07	104,50	36,85
Nudo N-41	68,85	1,56	2,31	104,56	35,71
Nudo N-42	69,89	1,11	1,64	104,48	34,59
Nudo N-43	70,25	1,67	2,47	104,55	34,30
Nudo N-44	80,16	0,93	1,38	104,72	24,56
Nudo N-45	78,73	0,89	1,32	104,66	25,93
Nudo N-46	72,93	0,74	1,10	104,54	31,61
Nudo N-47	71,13	0,76	1,12	104,43	33,30
Nudo N-48	71,10	0,37	0,55	109,61	38,51
Nudo N-49	70,94	0,45	0,67	108,97	38,03
Nudo N-50	69,91	0,93	1,38	108,26	38,35
Nudo N-51	67,36	0,74	1,10	107,59	40,23
Nudo N-52	64,81	1,22	1,81	106,93	42,12
Nudo N-53	62,55	0,56	0,83	105,51	42,96
Nudo N-54	63,21	0,96	1,42	105,07	41,86
Nudo N-55	63,12	1,67	2,47	105,12	42,00
Nudo N-56	64,18	1,71	2,53	105,74	41,56
Nudo N-57	65,24	1,60	2,37	106,53	41,29
Nudo N-58	66,08	1,00	1,48	108,61	42,53
Nudo N-59	65,23	1,11	1,64	106,47	41,24
Nudo N-60	64,59	1,04	1,54	105,15	40,56
Nudo N-61	64,13	1,26	1,86	104,75	40,62
Nudo N-62	62,09	2,23	3,30	104,27	42,18
Nudo N-63	64,73	2,23	3,30	103,98	39,25
Nudo N-64	69,89	1,11	1,64	104,01	34,12
Nudo N-65	64,49	0,67	0,99	103,97	39,48
Nudo N-66	62,55	0,93	1,38	104,27	41,72
Nudo N-67	62,91	0,56	0,83	104,05	41,14
Nudo N-68	62,91	0,74	1,10	104,18	41,27
Nudo N-69	63,83	0,56	0,83	103,90	40,07
Nudo N-70	60,88	1,60	2,37	103,54	42,66
Nudo N-71	61,50	0,74	1,10	103,45	41,95
Nudo N-72	60,88	1,34	1,98	103,29	42,41
Nudo N-73	61,50	0,89	1,32	103,35	41,85
Nudo N-74	61,52	0,85	1,26	103,58	42,06
Nudo N-75	62,46	1,11	1,64	103,68	41,22
Nudo N-76	65,12	0,37	0,55	104,44	39,32
Nudo N-77	63,21	0,45	0,67	104,03	40,82
Nudo N-78	63,58	0,56	0,83	104,12	40,54
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	104,78	30,36
Nudo N-80	76,33	0,37	0,55	104,69	28,36
Nudo N-81	71,69	0,48	0,71	95,61	23,92





**Continuación: Características de los diferentes Nodos de la Red de
Distribución en PE**



ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-82	69,72	0,82	1,21	94,99	25,27
Nudo N-83	68,75	0,93	1,38	94,82	26,07
Nudo N-84	66,81	0,96	1,42	94,94	28,13
Nudo N-85	70,01	0,85	1,26	95,16	25,15
Nudo N-86	70,29	1,11	1,64	104,39	34,10
Nudo N-87	66,35	1,67	2,47	96,00	29,65
Nudo N-88	66,23	1,67	2,47	96,06	29,83
Nudo N-89	70,01	1,78	2,63	97,35	27,34
Nudo N-90	69,25	1,56	2,31	99,28	30,03
Nudo N-91	69,23	1,30	1,92	102,20	32,97
Nudo N-92	66,56	1,30	1,92	100,48	33,92
Nudo N-93	72,33	1,11	1,64	94,73	22,40
Nudo N-94	69,91	0,93	1,38	94,80	24,89
Nudo N-95	65,46	1,86	2,75	99,30	33,84
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	110,47	39,22
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	108,04	42,59
Nudo N-98	96,51	2,60	3,85	112,35	15,84
Nudo N-99	117,50	0,00	0,00	117,95	0,45
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,53	21,84
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,09	27,86
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,82	28,28
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,58	42,25
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,41	40,09
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,15	24,00
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,53	39,67
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,38	28,96
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,72	19,38
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,28	23,46
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	107,80	22,93
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	107,36	25,15
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	106,04	24,79
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	104,89	29,33
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	102,55	31,20
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	102,20	32,97
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	104,78	30,36
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	104,84	27,89
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	104,69	28,36
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	112,65	21,83
Nudo N-120	113,00	0,00	0,00	114,00	1,00
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	104,89	29,33
Nudo N-122	73,30	0,00	0,00	111,08	37,78
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	110,83	38,45
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	112,29	32,43
Embalse E-1	118,00	0,00	-182,34	118,00	0,00
Depósito D-1	110,00	0,00	90,30	114,00	4,00
Depósito D-2	113,00	0,00	-41,06	114,00	1,00

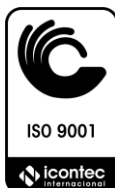
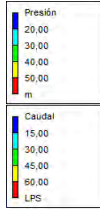




imagen25. Esquema No. 04: Presión en nodos y caudal en tramos a las 7:00 am Distritos Norte y Sur



Die 1, 8:00 PM

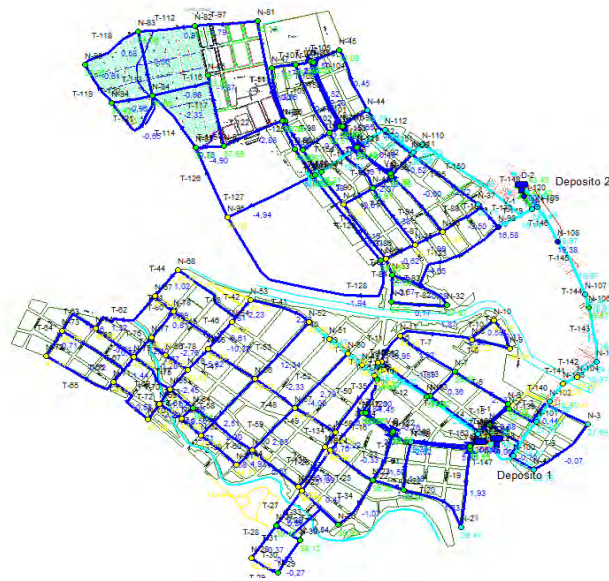
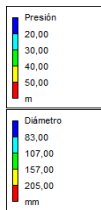


imagen26. Esquema No. 05 Presión en nodos y diámetro de los tramos a las 7:00 am Distritos Norte y Sur



Die 1, 2:00 AM

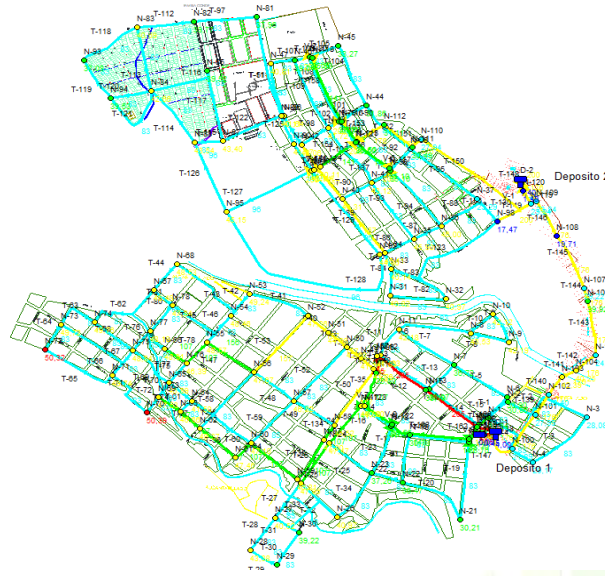




imagen27. Esquema No. 06 Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Sur

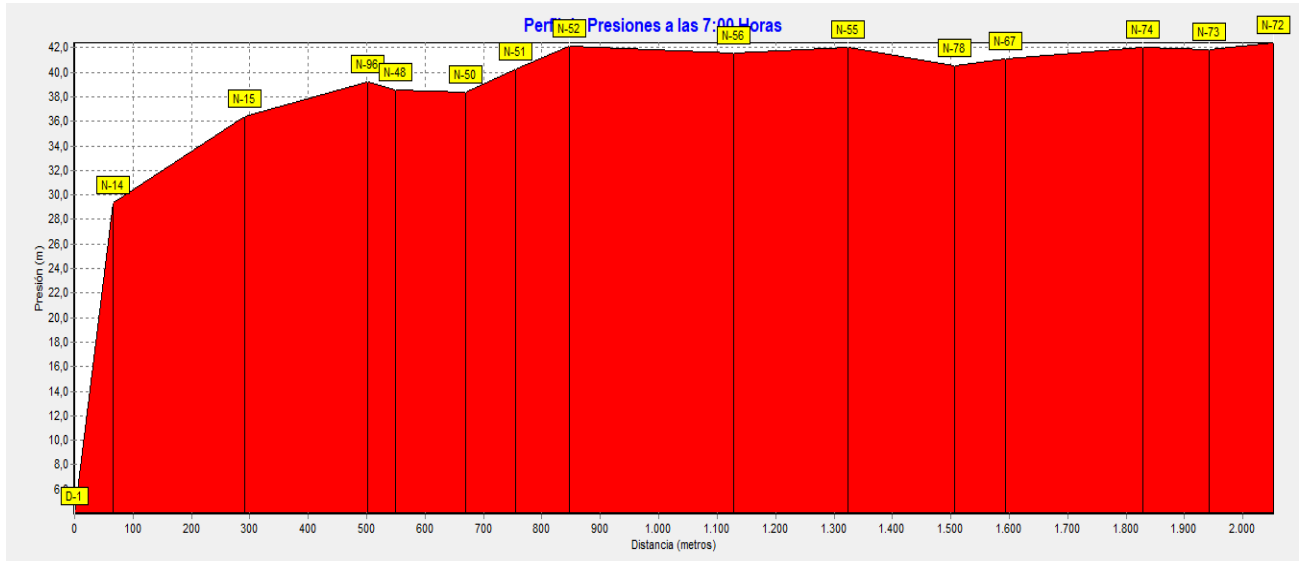


imagen28. Esquema No. 07 Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Norte

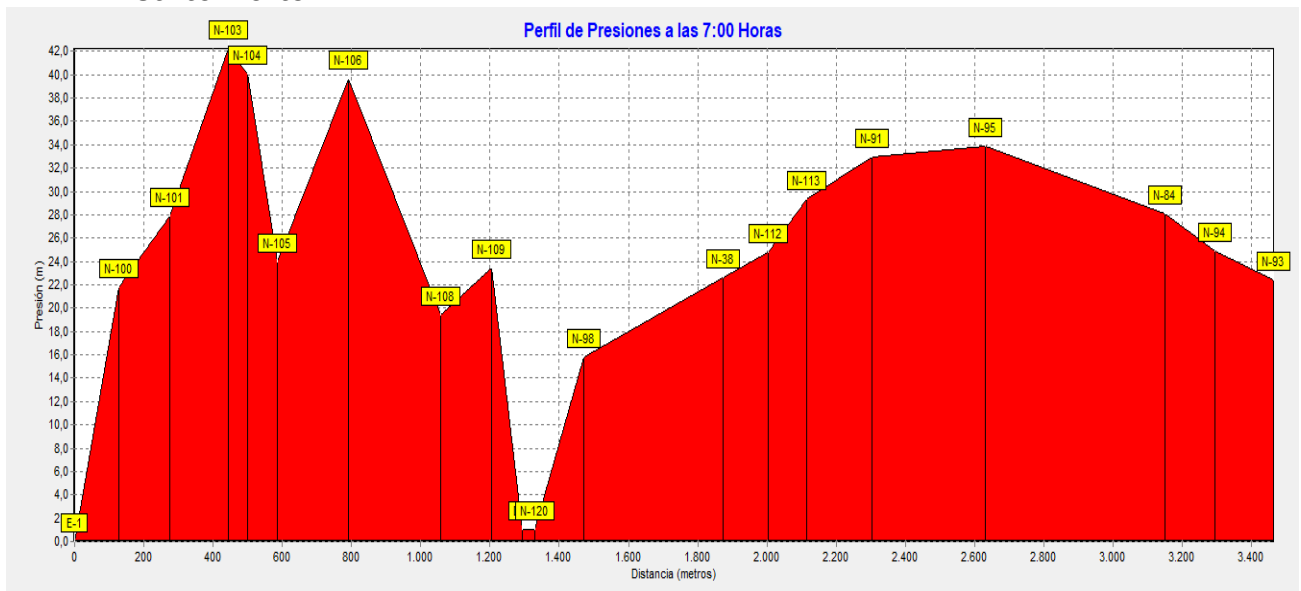




tabla27. Características de los diferentes tramos de la Red de Distribución en PE.

MUNICIPIO DE PALITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
ESTADO DE LAS TUBERIAS DE LA RED DE DISTRIBUCION A LAS 7: 00 HORAS							
Analisis	Dinámico			Hora: 12: 00 m			
ID Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-1	89,35	83	0,0015	1,19	0,22	0,79	Abierta
Tubería T-2	340,42	83	0,0015	0,60	0,11	0,24	Abierta
Tubería T-3	253,18	83	0,007	-0,10	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-4	277,62	83	0,0015	-0,96	0,18	0,54	Abierta
Tubería T-5	217,10	83	0,0015	2,90	0,54	3,79	Abierta
Tubería T-6	231,14	83	0,0015	2,61	0,48	3,16	Abierta
Tubería T-7	255,33	83	0,0015	2,54	0,47	2,99	Abierta
Tubería T-8	132,30	83	0,0015	0,80	0,15	0,39	Abierta
Tubería T-9	120,50	83	0,0015	0,14	0,03	0,01	Abierta
Tubería T-10	104,80	83	0,0015	-0,93	0,17	0,51	Abierta
Tubería T-11	117,28	83	0,0015	-1,27	0,23	0,89	Abierta
Tubería T-12	209,89	83	0,0015	-2,58	0,48	3,08	Abierta
Tubería T-13	125,35	83	0,0015	0,48	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-14	214,02	83	0,0015	4,25	0,79	7,49	Abierta
Tubería T-15	140,36	83	0,0015	3,65	0,68	5,71	Abierta
Tubería T-16	125,06	83	0,0015	-1,98	0,37	1,93	Abierta
Tubería T-17	75,63	83	0,0015	-1,05	0,19	0,64	Abierta
Tubería T-18	204,34	83	0,0015	-3,57	0,66	5,49	Abierta
Tubería T-19	291,97	83	0,0015	2,63	0,49	3,19	Abierta
Tubería T-20	259,50	83	0,0015	1,82	0,34	1,66	Abierta
Tubería T-21	181,44	83	0,0015	1,61	0,30	1,34	Abierta
Tubería T-22	110,30	83	0,0015	2,08	0,38	2,10	Abierta
Tubería T-23	191,18	83	0,0015	-2,15	0,40	2,23	Abierta
Tubería T-24	177,87	107	0,0015	3,00	0,33	1,19	Abierta
Tubería T-25	184,78	83	0,0015	-0,46	0,08	0,15	Abierta
Tubería T-26	178,78	107	0,0015	2,48	0,28	0,86	Abierta
Tubería T-27	158,10	83	0,0015	1,19	0,22	0,79	Abierta
Tubería T-28	146,40	83	0,0015	0,50	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-29	106,83	83	0,0015	-0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-30	144,16	83	0,0015	-0,36	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-31	97,95	83	0,0015	0,38	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-32	177,41	83	0,0015	0,64	0,12	0,27	Abierta
Tubería T-33	258,99	83	0,0015	-0,74	0,14	0,34	Abierta
Tubería T-34	205,31	83	0,0015	-1,45	0,27	1,11	Abierta
Tubería T-35	136,79	107	0,0015	6,80	0,76	5,13	Abierta
Tubería T-36	18,50	157	0,0015	45,76	2,36	25,38	Abierta
Tubería T-37	55,51	157	0,0015	29,16	1,51	11,19	Abierta
Tubería T-38	63,79	157	0,0015	28,51	1,47	10,74	Abierta
Tubería T-39	86,43	157	0,0015	23,37	1,21	7,49	Abierta
Tubería T-40	91,49	157	0,0015	22,30	1,15	6,88	Abierta
Tubería T-41	220,69	83	0,0015	3,84	0,71	6,23	Abierta
Tubería T-42	103,91	83	0,0015	3,02	0,56	4,08	Abierta
Tubería T-43	300,44	83	0,0015	2,46	0,46	2,84	Abierta
Tubería T-44	125,08	83	0,0015	1,39	0,26	1,04	Abierta
Tubería T-45	223,95	83	0,0015	3,12	0,58	4,32	Abierta
Tubería T-46	127,77	83	0,0015	-0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería T-47	194,96	156	0,0015	-13,97	0,73	3,06	Abierta
Tubería T-48	171,78	83	0,0015	-3,17	0,59	4,44	Abierta
Tubería T-49	167,01	83	0,0015	-5,53	1,02	11,99	Abierta
Tubería T-50	254,32	157	0,0015	16,06	0,83	3,81	Abierta





**Continuación: Características de los diferentes tramos de la Red de
Distribución en PE**



ID Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-51	384,46	83	0,007	3,12	0,58	4,37	Abierta
Tubería T-52	272,44	83	0,0015	3,79	0,70	6,11	Abierta
Tubería T-53	281,78	157	0,0015	16,69	0,86	4,08	Abierta
Tubería T-54	210,02	107	0,0015	7,47	0,83	6,07	Abierta
Tubería T-55	255,31	83	0,0015	3,12	0,58	4,32	Abierta
Tubería T-56	163,60	107	0,0015	4,85	0,54	2,81	Abierta
Tubería T-57	92,57	107	0,0015	5,03	0,56	2,99	Abierta
Tubería T-58	280,54	83	0,0015	3,41	0,63	5,05	Abierta
Tubería T-59	213,66	83	0,0015	3,84	0,71	6,24	Abierta
Tubería T-60	77,62	107	0,0015	6,68	0,74	4,97	Abierta
Tubería T-61	57,50	83	0,0015	0,75	0,14	0,35	Abierta
Tubería T-62	282,53	83	0,0015	1,78	0,33	1,61	Abierta
Tubería T-63	167,65	83	0,0015	1,57	0,29	1,28	Abierta
Tubería T-64	110,85	83	0,0015	0,97	0,18	0,55	Abierta
Tubería T-65	279,37	83	0,0015	-0,98	0,18	0,56	Abierta
Tubería T-66	308,76	83	0,0015	-0,69	0,13	0,31	Abierta
Tubería T-67	116,97	83	0,0015	-1,95	0,36	1,88	Abierta
Tubería T-68	168,81	83	0,0015	1,01	0,19	0,60	Abierta
Tubería T-69	180,16	83	0,0015	-1,73	0,32	1,53	Abierta
Tubería T-70	64,47	83	0,0015	-1,38	0,25	1,02	Abierta
Tubería T-71	209,72	83	0,0015	-0,79	0,15	0,39	Abierta
Tubería T-72	81,22	83	0,0015	-3,11	0,57	4,29	Abierta
Tubería T-73	104,46	83	0,0015	0,76	0,14	0,36	Abierta
Tubería T-74	93,35	107	0,0015	2,54	0,28	0,89	Abierta
Tubería T-75	94,62	83	0,0015	-3,32	0,61	4,82	Abierta
Tubería T-76	91,91	83	0,0015	-2,84	0,53	3,66	Abierta
Tubería T-77	91,61	107	0,0015	-3,74	0,42	1,77	Abierta
Tubería T-78	105,37	107	0,0015	-7,60	0,84	6,26	Abierta
Tubería T-79	85,96	83	0,0015	2,39	0,44	2,70	Abierta
Tubería T-80	124,73	83	0,0015	1,10	0,20	0,69	Abierta
Tubería T-81	86,40	83	0,0015	1,21	0,22	0,81	Abierta
Tubería T-82	192,09	83	0,0015	0,22	0,04	0,04	Abierta
Tubería T-83	220,96	83	0,0015	-0,53	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-84	97,86	83	0,0015	-0,76	0,14	0,36	Abierta
Tubería T-85	63,64	83	0,0015	3,91	0,72	6,45	Abierta
Tubería T-86	112,97	83	0,0015	-0,84	0,16	0,43	Abierta
Tubería T-87	103,18	83	0,0015	-2,70	0,50	3,34	Abierta
Tubería T-88	178,03	83	0,0015	-4,76	0,88	9,17	Abierta
Tubería T-89	249,47	157	0,0015	2,98	0,15	0,19	Abierta
Tubería T-90	115,87	83	0,0015	-0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería T-91	78,69	83	0,0015	-2,79	0,52	3,54	Abierta
Tubería T-92	106,99	83	0,0015	-0,72	0,13	0,33	Abierta
Tubería T-93	256,47	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-94	270,28	83	0,0015	-0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería T-95	293,06	83	0,0015	3,70	0,68	5,84	Abierta
Tubería T-96	225,83	83	0,0015	1,09	0,20	0,68	Abierta
Tubería T-97	215,71	83	0,007	2,43	0,45	2,79	Abierta
Tubería T-98	111,02	83	0,0015	0,96	0,18	0,54	Abierta
Tubería T-99	246,93	157	0,0015	1,78	0,09	0,08	Abierta
Tubería T-100	258,42	83	0,0015	0,21	0,04	0,03	Abierta
Tubería T-101	110,89	83	0,0015	-0,88	0,16	0,46	Abierta
Tubería T-102	44,92	83	0,0015	3,36	0,62	4,91	Abierta
Tubería T-103	96,11	83	0,0015	-1,49	0,28	1,18	Abierta
Tubería T-104	244,95	83	0,0015	0,62	0,11	0,25	Abierta
Tubería T-105	104,56	83	0,0015	-0,67	0,12	0,29	Abierta
Tubería T-106	50,76	83	0,0015	2,47	0,46	2,85	Abierta
Tubería T-107	84,04	83	0,0015	1,58	0,29	1,30	Abierta
Tubería T-108	261,87	83	0,0015	0,70	0,13	0,32	Abierta
Tubería T-109	278,47	83	0,0015	0,19	0,03	0,02	Abierta
Tubería T-110	124,49	83	0,0015	1,13	0,21	0,72	Abierta





ID Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Esta do
Tubería T-111	202,73	83	0,0015	-0,48	0,09	0,16	Abierta
Tubería T-112	193,91	83	0,007	1,24	0,23	0,85	Abierta
Tubería T-113	243,13	83	0,0015	-0,89	0,17	0,48	Abierta
Tubería T-114	243,06	83	0,007	-3,16	0,58	4,46	Abierta
Tubería T-115	95,24	83	0,007	1,07	0,20	0,66	Abierta
Tubería T-116	227,53	83	0,0015	-1,31	0,24	0,93	Abierta
Tubería T-117	270,40	83	0,0015	-2,54	0,47	2,99	Abierta
Tubería T-118	226,13	83	0,007	0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-119	170,33	83	0,0015	-0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería T-120	143,42	83	0,0015	-1,30	0,24	0,92	Abierta
Tubería T-121	279,12	83	0,007	-0,88	0,16	0,47	Abierta
Tubería T-122	201,81	83	0,007	-3,89	0,72	6,49	Abierta
Tubería T-123	465,08	83	0,0015	-6,33	1,17	15,27	Abierta
Tubería T-124	116,88	96	0,007	11,86	1,64	24,08	Abierta
Tubería T-125	113,35	96	0,007	9,59	1,33	16,37	Abierta
Tubería T-126	370,19	96	0,007	-6,65	0,92	8,42	Abierta
Tubería T-127	327,55	96	0,007	-6,70	0,93	8,54	Abierta
Tubería T-128	704,81	96	0,007	-2,64	0,37	1,62	Abierta
Tubería T-129	391,17	96	0,007	-4,53	0,63	4,23	Abierta
Tubería T-130	132,39	200	0,007	22,33	0,71	2,18	Abierta
Tubería T-131	225,13	205	0,0015	39,98	1,21	5,48	Abierta
Tubería T-132	210,58	205	0,0015	39,00	1,18	5,24	Abierta
Tubería T-133	65,73	205	0,0015	39,50	1,20	5,36	Abierta
Tubería T-134	63,77	107	0,0015	9,08	1,01	8,62	Abierta
Tubería T-135	175,30	107	0,0015	9,08	1,01	8,62	Abierta
Tubería T-136	109,67	83	0,0015	12,23	2,26	50,02	Abierta
Tubería T-137	161,53	83	0,0015	0,66	0,12	0,29	Abierta
Tubería T-138	148,62	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-139	88,68	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-140	80,55	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-141	56,04	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-142	86,51	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-143	206,66	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-144	49,01	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-145	218,37	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-146	147,14	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-147	137,94	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-148	93,41	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-149	54,60	176	0,007	58,81	2,42	23,81	Abierta
Tubería T-150	472,09	176	0,007	36,48	1,50	9,89	Abierta
Tubería T-151	43,26	176	0,007	36,48	1,50	9,89	Abierta
Tubería T-152	128,09	176	0,007	36,48	1,50	9,89	Abierta
Tubería T-153	111,95	176	0,007	36,48	1,50	9,89	Abierta
Tubería T-154	155,44	141	0,007	24,97	1,60	14,51	Abierta
Tubería T-155	23,76	141	0,0015	24,97	1,60	14,18	Abierta
Tubería T-156	149,43	141	0,0015	-2,94	0,19	0,31	Abierta
Tubería T-157	91,01	141	0,007	6,41	0,41	1,24	Abierta
Tubería T-158	260,05	141	0,007	2,97	0,19	0,32	Abierta
Tubería T-159	16,97	176	0,0015	18,97	0,78	2,97	Abierta
Tubería T-162	60,01	141	0,007	19,94	1,28	9,62	Abierta
Tubería T-163	276,97	141	0,007	12,66	0,81	4,22	Abierta
Tubería T-164	117,15	141	0,007	8,51	0,54	2,06	Abierta
Tubería T-165	11,20	107	0,0015	8,56	0,95	7,75	Abierta
Tubería T-166	52,86	107	0,0015	2,68	0,30	0,98	Abierta
Tubería T-167	13,23	107	0,0015	-0,50	0,06	0,05	Abierta
Tubería T-168	67,42	205	0,0015	71,59	2,17	15,82	Abierta
Tubería T-169	55,67	205	0,0015	163,37	4,95	71,85	Abierta
Válvula V-1	0,00	200	0,000	58,81	1,87	0,00	Activa
Válvula V-2	0,00	200	0,000	2,97	0,09	0,00	Activa
Válvula V-3	0,00	200	0,000	3,44	0,11	0,00	Activa
Válvula V-4	0,00	200	0,000	2,16	0,07	0,00	Activa
Válvula V-5	0,00	200	0,000	24,97	0,79	0,00	Activa
Válvula V-6	0,00	200	0,000	2,94	0,09	0,00	Activa
Válvula V-7	0,00	141	0,000	8,51	0,54	0,00	Activa
Válvula V-8	0,00	141	0,000	4,15	0,27	0,00	Activa
Válvula V-9	0,00	141	0,000	7,27	0,47	0,00	Activa





**tabla28. Características de los diferentes Nodos de la Red de
Distribución en PE**

MUNICIPIO DE PAILITAS					
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET					
ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCION					
Analisis	Dinámico		Hora:	12: 00 m.	
ID Nodo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-1	83,06	0,37	0,54	112,88	29,82
Nudo N-2	82,82	0,41	0,59	112,81	29,99
Nudo N-3	85,58	0,48	0,70	112,73	27,15
Nudo N-4	84,49	0,59	0,86	112,73	28,24
Nudo N-5	83,53	0,45	0,65	112,85	29,32
Nudo N-6	82,58	0,52	0,75	112,04	29,46
Nudo N-7	76,53	0,53	0,77	111,22	34,69
Nudo N-8	69,31	0,56	0,81	109,73	40,42
Nudo N-9	70,64	0,45	0,65	109,68	39,04
Nudo N-10	70,71	0,74	1,07	109,68	38,97
Nudo N-11	70,87	0,93	1,35	110,49	39,62
Nudo N-12	71,25	0,56	0,81	110,60	39,35
Nudo N-13	75,19	0,82	1,19	111,24	36,05
Nudo N-14	83,53	0,30	0,44	112,93	29,40
Nudo N-15	75,19	0,67	0,97	111,70	36,51
Nudo N-16	77,19	0,37	0,54	110,24	33,05
Nudo N-17	72,38	0,48	0,70	110,95	38,57
Nudo N-18	73,30	0,74	1,07	111,19	37,89
Nudo N-19	82,48	0,63	0,91	111,24	28,76
Nudo N-20	79,86	0,74	1,07	112,36	32,50
Nudo N-21	83,10	0,56	0,81	111,42	28,32
Nudo N-22	76,72	0,93	1,35	110,99	34,27
Nudo N-23	75,87	1,60	2,32	110,76	34,89
Nudo N-24	65,65	0,67	0,97	110,73	45,08
Nudo N-25	65,23	0,45	0,65	110,58	45,35
Nudo N-26	72,09	0,93	1,35	110,53	38,44
Nudo N-27	72,52	0,22	0,32	110,45	37,93
Nudo N-28	69,65	0,37	0,54	110,43	40,78
Nudo N-29	73,67	0,22	0,32	110,43	36,76
Nudo N-30	73,82	0,52	0,75	110,44	36,62
Nudo N-31	71,25	0,37	0,54	105,28	34,02
Nudo N-32	71,10	0,52	0,75	105,27	34,17
Nudo N-33	71,94	0,78	1,13	105,31	33,37
Nudo N-34	66,86	1,22	1,77	104,90	38,04
Nudo N-35	66,08	0,93	1,35	104,95	38,87
Nudo N-36	66,08	0,85	1,23	105,29	39,21
Nudo N-37	89,23	2,60	3,77	108,93	17,70
Nudo N-38	82,21	1,30	1,88	105,22	23,01
Nudo N-39	76,95	1,63	2,36	105,18	28,23
Nudo N-40	67,65	1,40	2,03	104,85	37,20
Nudo N-41	68,85	1,56	2,26	104,90	36,05
Nudo N-42	69,89	1,11	1,61	104,83	34,94
Nudo N-43	70,25	1,67	2,42	104,89	34,64
Nudo N-44	80,16	0,93	1,35	105,06	24,90
Nudo N-45	78,73	0,89	1,29	105,00	26,27
Nudo N-46	72,93	0,74	1,07	104,89	31,96
Nudo N-47	71,13	0,76	1,10	104,78	33,65
Nudo N-48	71,10	0,37	0,54	109,77	38,67
Nudo N-49	70,94	0,45	0,65	109,15	38,21
Nudo N-50	69,91	0,93	1,35	108,47	38,56
Nudo N-51	67,36	0,74	1,07	107,82	40,46
Nudo N-52	64,81	1,22	1,77	107,19	42,38
Nudo N-53	62,55	0,56	0,81	105,82	43,27
Nudo N-54	63,21	0,96	1,39	105,39	42,18
Nudo N-55	63,12	1,67	2,42	105,44	42,32
Nudo N-56	64,18	1,71	2,48	106,04	41,86
Nudo N-57	65,24	1,60	2,32	106,80	41,56
Nudo N-58	66,08	1,00	1,45	106,80	42,72
Nudo N-59	65,23	1,11	1,61	106,75	41,52
Nudo N-60	64,59	1,04	1,51	105,47	40,88
Nudo N-61	64,13	1,26	1,83	105,08	40,95
Nudo N-62	62,09	2,23	3,23	104,62	42,53
Nudo N-63	64,73	2,23	3,23	104,35	39,62
Nudo N-64	69,89	1,11	1,61	104,37	34,48
Nudo N-65	64,49	0,67	0,97	104,33	39,84





**Continuación Características de los diferentes Nodos de la Red de
Distribución en PE**

ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-66	62,55	0,93	1,35	104,62	42,07
Nudo N-67	62,91	0,56	0,81	104,41	41,50
Nudo N-68	62,91	0,74	1,07	104,54	41,63
Nudo N-69	63,83	0,56	0,81	104,26	40,43
Nudo N-70	60,88	1,60	2,32	103,92	43,04
Nudo N-71	61,50	0,74	1,07	103,83	42,33
Nudo N-72	60,88	1,34	1,94	103,68	42,80
Nudo N-73	61,50	0,89	1,29	103,74	42,24
Nudo N-74	61,52	0,85	1,23	103,95	42,43
Nudo N-75	62,46	1,11	1,61	104,06	41,60
Nudo N-76	65,12	0,37	0,54	104,79	39,67
Nudo N-77	63,21	0,45	0,65	104,39	41,18
Nudo N-78	63,58	0,56	0,81	104,48	40,90
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	105,11	30,69
Nudo N-80	76,33	0,37	0,54	105,03	28,70
Nudo N-81	71,69	0,48	0,70	96,28	24,59
Nudo N-82	69,72	0,82	1,19	95,68	25,96
Nudo N-83	68,75	0,93	1,35	95,52	26,77
Nudo N-84	66,81	0,96	1,39	95,63	28,82
Nudo N-85	70,01	0,85	1,23	95,85	25,84
Nudo N-86	70,29	1,11	1,61	104,74	34,45
Nudo N-87	66,35	1,67	2,42	96,65	30,30
Nudo N-88	66,23	1,67	2,42	96,72	30,49
Nudo N-89	70,01	1,78	2,58	97,96	27,95
Nudo N-90	69,25	1,56	2,26	99,82	30,57
Nudo N-91	69,23	1,30	1,88	102,63	33,40
Nudo N-92	66,56	1,30	1,88	100,98	34,42
Nudo N-93	72,33	1,11	1,61	95,43	23,10
Nudo N-94	69,91	0,93	1,35	95,50	25,59
Nudo N-95	65,46	1,86	2,70	99,84	34,38
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	110,60	39,35
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	108,26	42,81
Nudo N-98	96,51	2,60	3,77	112,41	15,90
Nudo N-99	117,50	0,00	0,00	117,95	0,45
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,53	21,84
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,09	27,86
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,82	28,28
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,58	42,25
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,41	40,09
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,15	24,00
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,53	39,67
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,38	28,96
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,72	19,38
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,28	23,46
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	108,03	23,16
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	107,60	25,39
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	106,33	25,08
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	105,23	29,67
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	102,97	31,62
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	102,63	33,40
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	105,11	30,69
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	105,18	28,23
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	105,03	28,70
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	112,70	21,88
Nudo N-120	113,00	0,00	0,00	114,00	1,00
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	105,23	29,67
Nudo N-122	73,30	0,00	0,00	111,19	37,89
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	110,95	38,57
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	112,36	32,50
Embalse E-1	118,00	0,00	-182,34	118,00	0,00
Depósito D-1	110,00	0,00	91,78	114,00	4,00
Depósito D-2	113,00	0,00	-39,84	114,00	1,00

**imagen29. Presión en nodos y caudal en tramos a las 12:00 m
Distritos Norte y Sur**





imagen31. de presión a las 7:00 am en el Distrito Sur

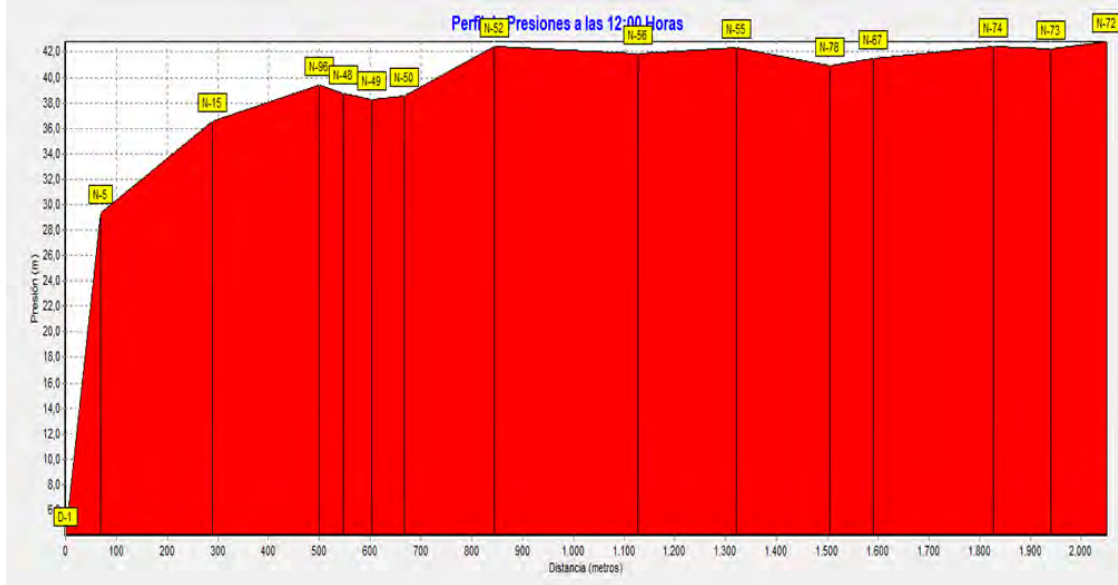
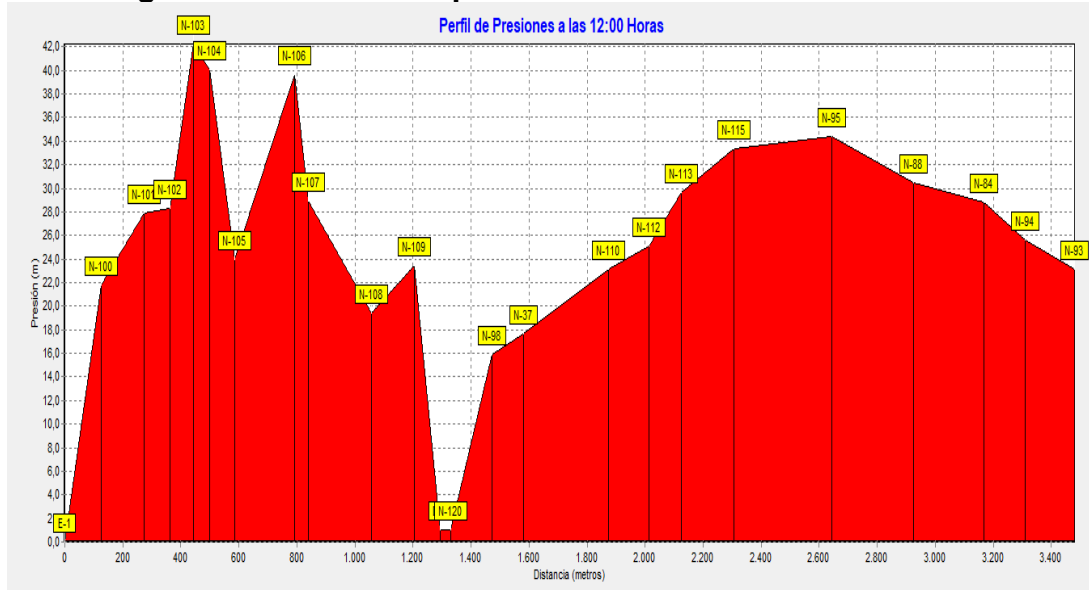


imagen32. Perfil de presión a las 7:00 am en el Distrito Norte





**tabla29. Características de las diferentes tuberías de la Red de
Distribución en PE**

MUNICIPIO DE PALITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
ESTADO DE LAS TUBERIAS DE LA RED DE DISTRIBUCION A LAS 7: 00 HORAS							
Analisis	Dinámico				Hora: 15: 00 pm.		
	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-1	89,35	83	0,0015	0,63	0,12	0,26	Abierta
Tubería T-2	340,42	83	0,0015	0,32	0,06	0,08	Abierta
Tubería T-3	253,18	83	0,007	-0,05	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-4	277,62	83	0,0015	-0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-5	217,10	83	0,0015	1,52	0,28	1,22	Abierta
Tubería T-6	231,14	83	0,0015	1,38	0,25	1,02	Abierta
Tubería T-7	255,33	83	0,0015	1,35	0,25	0,98	Abierta
Tubería T-8	132,30	83	0,0015	0,42	0,08	0,13	Abierta
Tubería T-9	120,50	83	0,0015	0,07	0,01	0,01	Abierta
Tubería T-10	104,80	83	0,0015	-0,50	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-11	117,28	83	0,0015	-0,69	0,13	0,31	Abierta
Tubería T-12	209,89	83	0,0015	-1,35	0,25	0,98	Abierta
Tubería T-13	125,35	83	0,0015	0,26	0,05	0,06	Abierta
Tubería T-14	214,02	83	0,0015	2,24	0,41	2,40	Abierta
Tubería T-15	140,36	83	0,0015	1,92	0,36	1,83	Abierta
Tubería T-16	125,06	83	0,0015	-1,04	0,19	0,62	Abierta
Tubería T-17	75,63	83	0,0015	-0,54	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-18	204,34	83	0,0015	-1,88	0,35	1,76	Abierta
Tubería T-19	291,97	83	0,0015	1,39	0,26	1,03	Abierta
Tubería T-20	259,50	83	0,0015	0,96	0,18	0,54	Abierta
Tubería T-21	181,44	83	0,0015	0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-22	110,30	83	0,0015	1,09	0,20	0,68	Abierta
Tubería T-23	191,18	83	0,0015	-1,14	0,21	0,73	Abierta
Tubería T-24	177,87	107	0,0015	1,60	0,18	0,40	Abierta
Tubería T-25	184,78	83	0,0015	-0,24	0,04	0,05	Abierta
Tubería T-26	178,78	107	0,0015	1,32	0,15	0,28	Abierta
Tubería T-27	158,10	83	0,0015	0,64	0,12	0,27	Abierta
Tubería T-28	146,40	83	0,0015	0,25	0,05	0,05	Abierta
Tubería T-29	106,83	83	0,0015	-0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-30	144,16	83	0,0015	-0,20	0,04	0,03	Abierta
Tubería T-31	97,95	83	0,0015	0,22	0,04	0,03	Abierta
Tubería T-32	177,41	83	0,0015	0,34	0,06	0,09	Abierta
Tubería T-33	258,99	83	0,0015	-0,39	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-34	205,31	83	0,0015	-0,77	0,14	0,37	Abierta
Tubería T-35	136,79	107	0,0015	3,59	0,40	1,65	Abierta
Tubería T-36	18,50	157	0,0015	24,30	1,26	8,04	Abierta
Tubería T-37	55,51	157	0,0015	15,50	0,80	3,57	Abierta
Tubería T-38	63,79	157	0,0015	15,15	0,78	3,43	Abierta
Tubería T-39	86,43	157	0,0015	12,43	0,64	2,40	Abierta
Tubería T-40	91,49	157	0,0015	11,86	0,61	2,21	Abierta
Tubería T-41	220,69	83	0,0015	2,03	0,38	2,02	Abierta
Tubería T-42	103,91	83	0,0015	1,60	0,30	1,33	Abierta
Tubería T-43	300,44	83	0,0015	1,30	0,24	0,93	Abierta
Tubería T-44	125,08	83	0,0015	0,73	0,14	0,34	Abierta
Tubería T-45	223,95	83	0,0015	1,66	0,31	1,41	Abierta
Tubería T-46	127,77	83	0,0015	-0,44	0,08	0,14	Abierta
Tubería T-47	194,96	156	0,0015	-7,43	0,39	0,99	Abierta
Tubería T-48	171,78	83	0,0015	-1,67	0,31	1,43	Abierta
Tubería T-49	167,01	83	0,0015	-2,93	0,54	3,85	Abierta
Tubería T-50	254,32	157	0,0015	8,52	0,44	1,22	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-51	384,46	83	0,007	1,66	0,31	1,42	Abierta
Tubería T-52	272,44	83	0,0015	2,00	0,37	1,97	Abierta
Tubería T-53	281,78	157	0,0015	8,89	0,46	1,32	Abierta
Tubería T-54	210,02	107	0,0015	3,96	0,44	1,96	Abierta
Tubería T-55	255,31	83	0,0015	1,65	0,31	1,40	Abierta
Tubería T-56	163,60	107	0,0015	2,58	0,29	0,91	Abierta
Tubería T-57	92,57	107	0,0015	2,67	0,30	0,97	Abierta
Tubería T-58	280,54	83	0,0015	1,81	0,33	1,65	Abierta
Tubería T-59	213,66	83	0,0015	2,03	0,38	2,02	Abierta
Tubería T-60	77,62	107	0,0015	3,55	0,39	1,61	Abierta
Tubería T-61	57,50	83	0,0015	0,40	0,07	0,12	Abierta
Tubería T-62	282,53	83	0,0015	0,95	0,17	0,53	Abierta
Tubería T-63	167,65	83	0,0015	0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería T-64	110,85	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-65	279,37	83	0,0015	-0,52	0,10	0,19	Abierta
Tubería T-66	308,76	83	0,0015	-0,37	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-67	116,97	83	0,0015	-1,04	0,19	0,62	Abierta
Tubería T-68	168,81	83	0,0015	0,54	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-69	180,16	83	0,0015	-0,92	0,17	0,50	Abierta
Tubería T-70	64,47	83	0,0015	-0,73	0,14	0,34	Abierta
Tubería T-71	209,72	83	0,0015	-0,42	0,08	0,13	Abierta
Tubería T-72	81,22	83	0,0015	-1,65	0,31	1,40	Abierta
Tubería T-73	104,46	83	0,0015	0,40	0,07	0,12	Abierta
Tubería T-74	93,35	107	0,0015	1,35	0,15	0,29	Abierta
Tubería T-75	94,62	83	0,0015	-1,77	0,33	1,59	Abierta
Tubería T-76	91,91	83	0,0015	-1,51	0,28	1,20	Abierta
Tubería T-77	91,61	107	0,0015	-1,99	0,22	0,58	Abierta
Tubería T-78	105,37	107	0,0015	-4,05	0,45	2,04	Abierta
Tubería T-79	85,96	83	0,0015	1,28	0,24	0,89	Abierta
Tubería T-80	124,73	83	0,0015	0,58	0,11	0,23	Abierta
Tubería T-81	86,40	83	0,0015	0,64	0,12	0,27	Abierta
Tubería T-82	192,09	83	0,0015	0,12	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-83	220,96	83	0,0015	-0,28	0,05	0,06	Abierta
Tubería T-84	97,86	83	0,0015	-0,41	0,08	0,12	Abierta
Tubería T-85	63,64	83	0,0015	2,05	0,38	2,05	Abierta
Tubería T-86	112,97	83	0,0015	-0,45	0,08	0,15	Abierta
Tubería T-87	103,18	83	0,0015	-1,43	0,27	1,09	Abierta
Tubería T-88	178,03	83	0,0015	-2,52	0,46	2,94	Abierta
Tubería T-89	249,47	157	0,0015	1,56	0,08	0,06	Abierta
Tubería T-90	115,87	83	0,0015	-0,45	0,08	0,15	Abierta
Tubería T-91	78,69	83	0,0015	-1,49	0,28	1,17	Abierta
Tubería T-92	106,99	83	0,0015	-0,37	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-93	256,47	83	0,0015	0,27	0,05	0,06	Abierta
Tubería T-94	270,28	83	0,0015	-0,43	0,08	0,13	Abierta
Tubería T-95	293,06	83	0,0015	1,95	0,36	1,87	Abierta
Tubería T-96	225,83	83	0,0015	0,57	0,11	0,22	Abierta
Tubería T-97	215,71	83	0,007	1,29	0,24	0,91	Abierta
Tubería T-98	111,02	83	0,0015	0,52	0,10	0,19	Abierta
Tubería T-99	246,93	157	0,0015	0,93	0,05	0,03	Abierta
Tubería T-100	258,42	83	0,0015	0,11	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-101	110,89	83	0,0015	-0,47	0,09	0,16	Abierta
Tubería T-102	44,92	83	0,0015	1,80	0,33	1,63	Abierta
Tubería T-103	96,11	83	0,0015	-0,79	0,15	0,39	Abierta
Tubería T-104	244,95	83	0,0015	0,33	0,06	0,08	Abierta
Tubería T-105	104,56	83	0,0015	-0,36	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-106	50,76	83	0,0015	1,31	0,24	0,94	Abierta
Tubería T-107	84,04	83	0,0015	0,84	0,16	0,43	Abierta
Tubería T-108	261,87	83	0,0015	0,37	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-109	278,47	83	0,0015	0,10	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-110	124,49	83	0,0015	0,60	0,11	0,24	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-111	202,73	83	0,0015	-0,26	0,05	0,06	Abierta
Tubería T-112	193,91	83	0,007	0,66	0,12	0,28	Abierta
Tubería T-113	243,13	83	0,0015	-0,47	0,09	0,16	Abierta
Tubería T-114	243,06	83	0,007	-1,68	0,31	1,46	Abierta
Tubería T-115	95,24	83	0,007	0,55	0,10	0,21	Abierta
Tubería T-116	227,53	83	0,0015	-0,69	0,13	0,31	Abierta
Tubería T-117	270,40	83	0,0015	-1,34	0,25	0,98	Abierta
Tubería T-118	226,13	83	0,007	0,41	0,08	0,13	Abierta
Tubería T-119	170,33	83	0,0015	-0,44	0,08	0,14	Abierta
Tubería T-120	143,42	83	0,0015	-0,69	0,13	0,31	Abierta
Tubería T-121	279,12	83	0,007	-0,47	0,09	0,16	Abierta
Tubería T-122	201,81	83	0,007	-2,08	0,38	2,12	Abierta
Tubería T-123	465,08	83	0,0015	-3,34	0,62	4,86	Abierta
Tubería T-124	116,88	96	0,007	6,31	0,87	7,66	Abierta
Tubería T-125	113,35	96	0,007	5,11	0,71	5,24	Abierta
Tubería T-126	370,19	96	0,007	-3,52	0,49	2,69	Abierta
Tubería T-127	327,55	96	0,007	-3,56	0,49	2,75	Abierta
Tubería T-128	704,81	96	0,007	-1,39	0,19	0,52	Abierta
Tubería T-129	391,17	96	0,007	-2,39	0,33	1,36	Abierta
Tubería T-130	132,39	200	0,007	11,80	0,38	0,69	Abierta
Tubería T-131	225,13	205	0,0015	21,28	0,64	1,76	Abierta
Tubería T-132	210,58	205	0,0015	20,76	0,63	1,68	Abierta
Tubería T-133	65,73	205	0,0015	20,99	0,64	1,71	Abierta
Tubería T-134	63,77	107	0,0015	4,82	0,54	2,78	Abierta
Tubería T-135	175,30	107	0,0015	4,82	0,54	2,78	Abierta
Tubería T-136	109,67	83	0,0015	6,46	1,19	15,84	Abierta
Tubería T-137	161,53	83	0,0015	0,35	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-138	148,62	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-139	88,68	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-140	80,55	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-141	56,04	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-142	86,51	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-143	206,66	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-144	49,01	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-145	218,37	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-146	147,14	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-147	137,94	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-148	93,41	176	0,007	18,97	0,78	3,01	Abierta
Tubería T-149	54,60	176	0,007	31,23	1,28	7,45	Abierta
Tubería T-150	472,09	176	0,007	19,43	0,80	3,14	Abierta
Tubería T-151	43,26	176	0,007	19,43	0,80	3,14	Abierta
Tubería T-152	128,09	176	0,007	19,43	0,80	3,14	Abierta
Tubería T-153	111,95	176	0,007	19,43	0,80	3,14	Abierta
Tubería T-154	155,44	141	0,007	13,26	0,85	4,59	Abierta
Tubería T-155	23,76	141	0,0015	13,26	0,85	4,52	Abierta
Tubería T-156	149,43	141	0,0015	-1,59	0,10	0,11	Abierta
Tubería T-157	91,01	141	0,007	3,43	0,22	0,41	Abierta
Tubería T-158	260,05	141	0,007	1,59	0,10	0,11	Abierta
Tubería T-159	16,97	176	0,0015	18,97	0,78	2,97	Abierta
Tubería T-162	60,01	141	0,007	10,57	0,68	3,05	Abierta
Tubería T-163	276,97	141	0,007	6,73	0,43	1,36	Abierta
Tubería T-164	117,15	141	0,007	4,52	0,29	0,67	Abierta
Tubería T-165	11,20	107	0,0015	4,51	0,50	2,47	Abierta
Tubería T-166	52,86	107	0,0015	1,42	0,16	0,32	Abierta
Tubería T-167	13,23	107	0,0015	-0,23	0,03	0,01	Abierta
Tubería T-168	67,42	205	0,0015	38,01	1,15	5,00	Abierta
Tubería T-169	55,67	205	0,0015	163,37	4,95	71,85	Abierta
Válvula V-1	0,00	200	0,0200	31,23	0,99	0,00	Activa
Válvula V-2	0,00	200	0,0200	1,59	0,05	0,00	Activa
Válvula V-3	0,00	200	0,0200	1,84	0,06	0,00	Activa
Válvula V-4	0,00	200	0,0200	1,15	0,04	0,00	Activa
Válvula V-5	0,00	200	0,0200	13,26	0,42	0,00	Activa
Válvula V-6	0,00	200	0,0200	1,59	0,05	0,00	Activa
Válvula V-7	0,00	141	0,0200	4,52	0,29	0,00	Activa
Válvula V-8	0,00	141	0,0200	2,21	0,14	0,00	Activa
Válvula V-9	0,00	141	0,0200	3,84	0,25	0,00	Activa

Estado de los nodos en periodo extendido horario 15:00





**tabla30. Características de las diferentes tuberías de la Red de
Distribución en PE**

MUNICIPIO DE PALITAS					
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET					
ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCION					
Analisis	Dinámico		Hora:	15: 00 p.m.	
ID Nodo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-1	83,06	0,37	0,28	113,65	30,59
Nudo N-2	82,82	0,41	0,32	113,62	30,80
Nudo N-3	85,58	0,48	0,37	113,59	28,01
Nudo N-4	84,49	0,59	0,45	113,60	29,11
Nudo N-5	83,53	0,45	0,35	113,64	30,11
Nudo N-6	82,58	0,52	0,40	113,38	30,80
Nudo N-7	76,53	0,53	0,41	113,11	36,58
Nudo N-8	69,31	0,56	0,43	112,63	43,32
Nudo N-9	70,64	0,45	0,35	112,61	41,97
Nudo N-10	70,71	0,74	0,57	112,61	41,90
Nudo N-11	70,87	0,93	0,72	112,88	42,01
Nudo N-12	71,25	0,56	0,43	112,91	41,66
Nudo N-13	75,19	0,82	0,63	113,12	37,93
Nudo N-14	83,53	0,30	0,23	113,66	30,13
Nudo N-15	75,19	0,67	0,52	113,27	38,08
Nudo N-16	77,19	0,37	0,28	112,80	35,61
Nudo N-17	72,38	0,48	0,37	113,03	40,65
Nudo N-18	73,3	0,74	0,57	113,10	39,80
Nudo N-19	82,48	0,63	0,49	113,12	30,64
Nudo N-20	79,86	0,74	0,57	113,48	33,62
Nudo N-21	83,1	0,56	0,43	113,18	30,08
Nudo N-22	76,72	0,93	0,72	113,04	36,32
Nudo N-23	75,87	1,60	1,23	112,96	37,09
Nudo N-24	65,65	0,67	0,52	112,96	47,31
Nudo N-25	65,23	0,45	0,35	112,90	47,67
Nudo N-26	72,09	0,93	0,72	112,89	40,80
Nudo N-27	72,52	0,22	0,17	112,86	40,34
Nudo N-28	69,65	0,37	0,28	112,85	43,20
Nudo N-29	73,67	0,22	0,17	112,86	39,19
Nudo N-30	73,82	0,52	0,40	112,86	39,04
Nudo N-31	71,25	0,37	0,28	111,23	39,98
Nudo N-32	71,1	0,52	0,40	111,23	40,13
Nudo N-33	71,94	0,78	0,60	111,24	39,30
Nudo N-34	66,86	1,22	0,94	111,11	44,25
Nudo N-35	66,08	0,93	0,72	111,13	45,05
Nudo N-36	66,08	0,85	0,65	111,24	45,16
Nudo N-37	89,23	2,60	2,00	111,76	22,53
Nudo N-38	82,21	1,30	1,00	111,22	29,01
Nudo N-39	76,95	1,63	1,26	111,20	34,25
Nudo N-40	67,65	1,40	1,08	111,10	43,45
Nudo N-41	68,85	1,56	1,20	111,11	42,26
Nudo N-42	69,89	1,11	0,85	111,09	41,20
Nudo N-43	70,25	1,67	1,29	111,11	40,86
Nudo N-44	80,16	0,93	0,72	111,17	31,01
Nudo N-45	78,73	0,89	0,69	111,14	32,41
Nudo N-46	72,93	0,74	0,57	111,11	38,18
Nudo N-47	71,13	0,76	0,59	111,07	39,94
Nudo N-48	71,1	0,37	0,28	112,65	41,55
Nudo N-49	70,94	0,45	0,35	112,45	41,51
Nudo N-50	69,91	0,93	0,72	112,24	42,33





**Continuación: Características de las diferentes tuberías de la Red de
Distribución en PE**

ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-51	67,36	0,74	0,57	112,03	44,67
Nudo N-52	64,81	1,22	0,94	111,83	47,02
Nudo N-53	62,55	0,56	0,43	111,38	48,83
Nudo N-54	63,21	0,96	0,74	111,24	48,03
Nudo N-55	63,12	1,67	1,29	111,26	48,14
Nudo N-56	64,18	1,71	1,32	111,45	47,27
Nudo N-57	65,24	1,60	1,23	111,70	46,46
Nudo N-58	66,08	1,00	0,77	112,34	46,26
Nudo N-59	65,23	1,11	0,85	111,68	46,45
Nudo N-60	64,59	1,04	0,80	111,27	46,68
Nudo N-61	64,13	1,26	0,97	111,14	47,01
Nudo N-62	62,09	2,23	1,72	110,99	48,90
Nudo N-63	64,73	2,23	1,72	110,90	46,17
Nudo N-64	69,89	1,11	0,85	110,91	41,02
Nudo N-65	64,49	0,67	0,52	110,90	46,41
Nudo N-66	62,55	0,93	0,72	110,99	48,44
Nudo N-67	62,91	0,56	0,43	110,92	48,01
Nudo N-68	62,91	0,74	0,57	110,96	48,05
Nudo N-69	63,83	0,56	0,43	110,87	47,04
Nudo N-70	60,88	1,60	1,23	110,76	49,88
Nudo N-71	61,5	0,74	0,57	110,73	49,23
Nudo N-72	60,88	1,34	1,03	110,68	49,80
Nudo N-73	61,5	0,89	0,69	110,70	49,20
Nudo N-74	61,52	0,85	0,65	110,77	49,25
Nudo N-75	62,46	1,11	0,85	110,81	48,35
Nudo N-76	65,12	0,37	0,28	111,05	45,93
Nudo N-77	63,21	0,45	0,35	110,92	47,71
Nudo N-78	63,58	0,56	0,43	110,94	47,36
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	111,18	36,76
Nudo N-80	76,33	0,37	0,28	111,16	34,83
Nudo N-81	71,69	0,48	0,37	108,36	36,67
Nudo N-82	69,72	0,82	0,63	108,16	38,44
Nudo N-83	68,75	0,93	0,72	108,11	39,36
Nudo N-84	66,81	0,96	0,74	108,15	41,34
Nudo N-85	70,01	0,85	0,65	108,22	38,21
Nudo N-86	70,29	1,11	0,85	111,06	40,77
Nudo N-87	66,35	1,67	1,29	108,48	42,13
Nudo N-88	66,23	1,67	1,29	108,50	42,27
Nudo N-89	70,01	1,78	1,37	108,91	38,90
Nudo N-90	69,25	1,56	1,20	109,50	40,25
Nudo N-91	69,23	1,30	1,00	110,40	41,17
Nudo N-92	66,56	1,30	1,00	109,87	43,31
Nudo N-93	72,33	1,11	0,85	108,08	35,75
Nudo N-94	69,91	0,93	0,72	108,10	38,19
Nudo N-95	65,46	1,86	1,43	109,50	44,04
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	112,91	41,66
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	112,16	46,71
Nudo N-98	96,51	2,60	2,00	113,50	16,99
Nudo N-99	117,5	0,00	0,00	117,95	0,45
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,53	21,84
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,09	27,86
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,82	28,28
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,58	42,25
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,41	40,09
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,15	24,00
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,53	39,67
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,38	28,96
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,72	19,38
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,28	23,46
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	112,11	27,24





Características de las diferentes tuberías de la Red de Distribución en PE

ID Nodo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	111,97	29,76
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	111,57	30,32
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	111,22	35,66
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	110,51	39,16
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	110,40	41,17
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	111,18	36,76
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	111,20	34,25
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	111,16	34,83
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	113,59	22,77
Nudo N-120	113	0,00	0,00	114,00	1,00
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	111,22	35,66
Nudo N-122	73,3	0,00	0,00	113,10	39,80
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	113,03	40,65
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	113,48	33,62
Embalse E-1	118	Sin Valor	-182,34	118,00	0,00
Depósito D-1	110	Sin Valor	125,35	114,00	4,00
Depósito D-2	113	Sin Valor	-12,26	114,00	1,00

imagen33. Esquema No. 12 Presión en nodos y diámetro de los tramos a las 15:00 m Distritos Norte y Sur

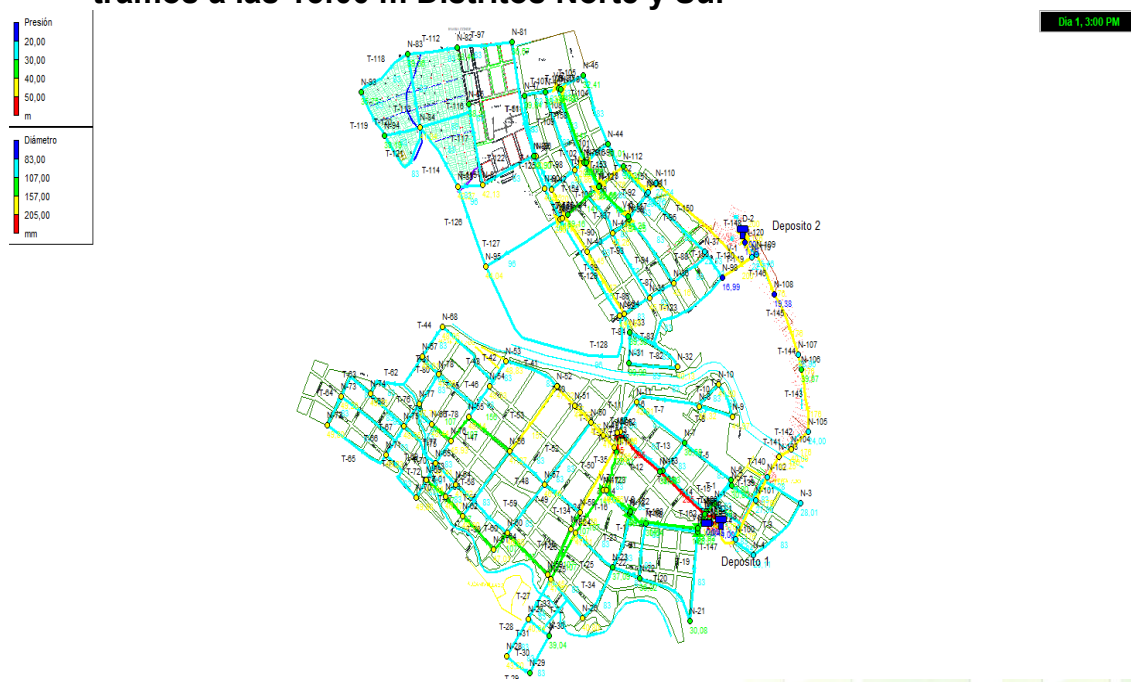




imagen34. Perfil de presión a las 15:00 am en el Distrito Sur

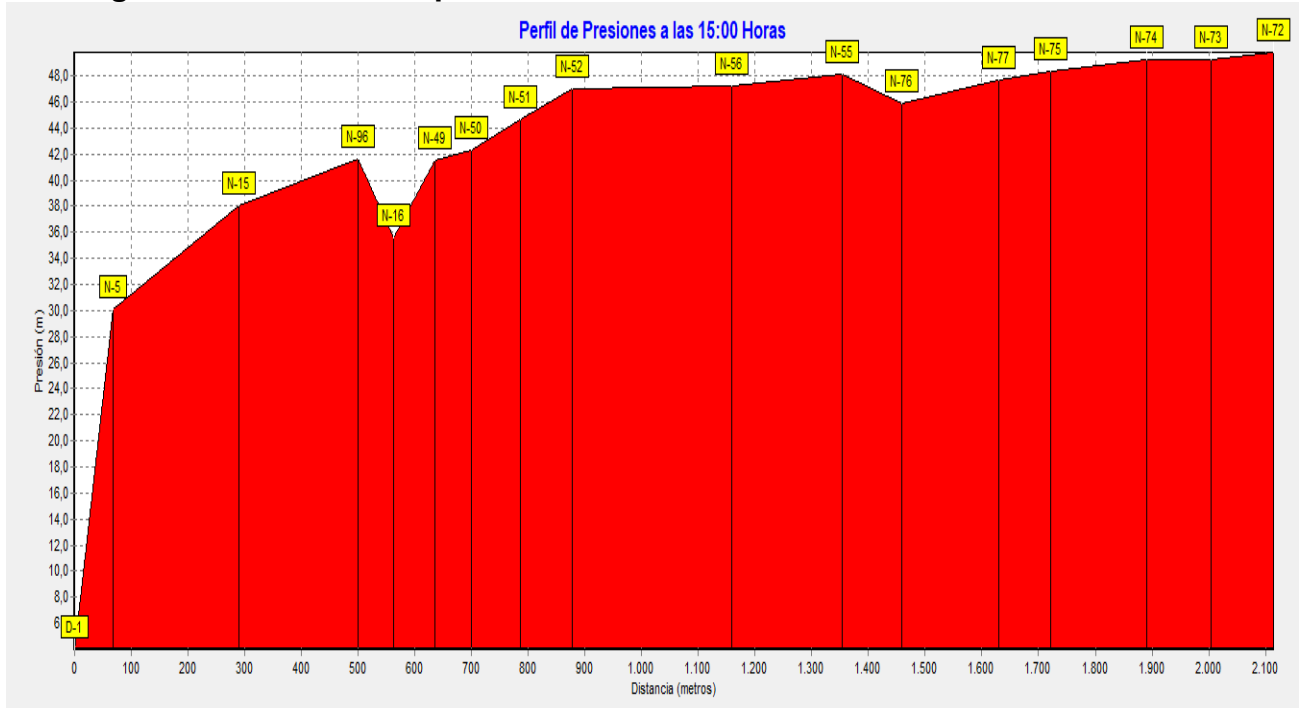
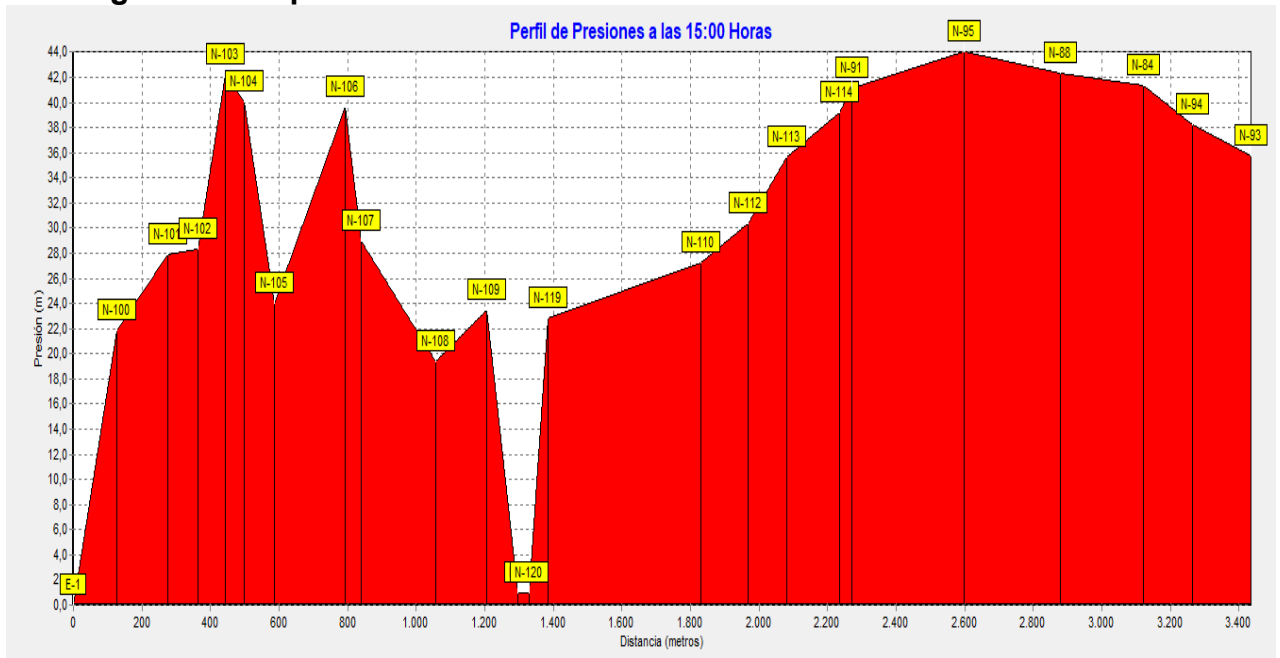


imagen35. presión a las 15:00 am en el Distrito Norte



Estado de las tuberías H.D en periodo extendido 7:00 am





**tabla31. Características de las diferentes tuberías de la Red de
Distribución en H.D.**

MUNICIPIO DE PAILITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
ESTADO DE LAS TUBERIAS DE LA RED DE DISTRIBUCION A LAS 7: 00 HORAS							
Analisis	Dinámico		Material	HD	Hora:	15: 00 pm.	
Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-1	89,35	83	0,0015	1,22	0,22	0,82	Abierta
Tubería T-2	340,42	83	0,0015	0,61	0,11	0,25	Abierta
Tubería T-3	253,18	83	0,2500	-0,10	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-4	277,62	83	0,0015	-0,98	0,18	0,56	Abierta
Tubería T-5	217,10	83	0,0015	2,97	0,55	3,94	Abierta
Tubería T-6	231,14	83	0,0015	2,68	0,49	3,29	Abierta
Tubería T-7	255,33	83	0,0015	2,59	0,48	3,10	Abierta
Tubería T-8	132,30	83	0,0015	0,81	0,15	0,41	Abierta
Tubería T-9	120,50	83	0,0015	0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería T-10	104,80	83	0,0015	-0,95	0,18	0,53	Abierta
Tubería T-11	117,28	83	0,0015	-1,29	0,24	0,91	Abierta
Tubería T-12	209,89	83	0,0015	-2,64	0,49	3,21	Abierta
Tubería T-13	125,35	83	0,0015	0,49	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-14	214,02	83	0,0015	4,35	0,80	7,80	Abierta
Tubería T-15	140,36	83	0,0015	3,74	0,69	5,94	Abierta
Tubería T-16	125,06	83	0,0015	-1,99	0,37	1,95	Abierta
Tubería T-17	75,63	83	0,0015	-1,07	0,20	0,65	Abierta
Tubería T-18	204,34	83	0,0015	-3,64	0,67	5,66	Abierta
Tubería T-19	291,97	83	0,0015	2,68	0,50	3,30	Abierta
Tubería T-20	259,50	83	0,0015	1,85	0,34	1,72	Abierta
Tubería T-21	181,44	83	0,0015	1,64	0,30	1,38	Abierta
Tubería T-22	110,30	83	0,0015	2,11	0,39	2,16	Abierta
Tubería T-23	191,18	83	0,0015	-2,19	0,40	2,30	Abierta
Tubería T-24	177,87	107	0,0015	3,07	0,34	1,25	Abierta
Tubería T-25	184,78	83	0,0015	-0,45	0,08	0,15	Abierta
Tubería T-26	178,78	107	0,0015	2,54	0,28	0,89	Abierta
Tubería T-27	158,10	83	0,0015	1,22	0,23	0,82	Abierta
Tubería T-28	146,40	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-29	106,83	83	0,0015	-0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-30	144,16	83	0,0015	-0,37	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-31	97,95	83	0,0015	0,39	0,07	0,11	Abierta
Tubería T-32	177,41	83	0,0015	0,65	0,12	0,28	Abierta
Tubería T-33	258,99	83	0,0015	-0,75	0,14	0,35	Abierta
Tubería T-34	205,31	83	0,0015	-1,47	0,27	1,15	Abierta
Tubería T-35	136,79	107	0,0015	6,85	0,76	5,20	Abierta
Tubería T-36	18,50	157	0,0015	46,71	2,41	26,35	Abierta
Tubería T-37	55,51	157	0,0015	29,76	1,54	11,61	Abierta
Tubería T-38	63,79	157	0,0015	29,10	1,50	11,14	Abierta
Tubería T-39	86,43	157	0,0015	23,85	1,23	7,77	Abierta
Tubería T-40	91,49	157	0,0015	22,75	1,18	7,14	Abierta
Tubería T-41	220,69	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-42	103,91	83	0,0015	3,09	0,57	4,24	Abierta
Tubería T-43	300,44	83	0,0015	2,51	0,46	2,94	Abierta
Tubería T-44	125,08	83	0,0015	1,42	0,26	1,08	Abierta
Tubería T-45	223,95	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta
Tubería T-46	127,77	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-47	194,96	156	0,0015	-14,26	0,75	3,17	Abierta
Tubería T-48	171,78	83	0,0015	-3,24	0,60	4,60	Abierta
Tubería T-49	167,01	83	0,0015	-5,65	1,04	12,44	Abierta
Tubería T-50	254,32	157	0,0015	16,40	0,85	3,95	Abierta
Tubería T-51	384,46	83	0,2500	3,09	0,57	5,84	Abierta
Tubería T-52	272,44	83	0,0015	3,87	0,72	6,34	Abierta
Tubería T-53	281,78	157	0,0015	17,03	0,88	4,23	Abierta
Tubería T-54	210,02	107	0,0015	7,63	0,85	6,30	Abierta
Tubería T-55	255,31	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-56	163,60	107	0,0015	4,95	0,55	2,91	Abierta
Tubería T-57	92,57	107	0,0015	5,13	0,57	3,10	Abierta
Tubería T-58	280,54	83	0,0015	3,48	0,64	5,24	Abierta
Tubería T-59	213,66	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-60	77,62	107	0,0015	6,82	0,76	5,16	Abierta
Tubería T-61	57,50	83	0,0015	0,76	0,14	0,37	Abierta
Tubería T-62	282,53	83	0,0015	1,82	0,34	1,67	Abierta
Tubería T-63	167,65	83	0,0015	1,60	0,30	1,32	Abierta
Tubería T-64	110,85	83	0,0015	0,99	0,18	0,57	Abierta
Tubería T-65	279,37	83	0,0015	-1,00	0,18	0,58	Abierta
Tubería T-66	308,76	83	0,0015	-0,71	0,13	0,32	Abierta
Tubería T-67	116,97	83	0,0015	-1,99	0,37	1,95	Abierta
Tubería T-68	168,81	83	0,0015	1,04	0,19	0,62	Abierta
Tubería T-69	180,16	83	0,0015	-1,77	0,33	1,58	Abierta
Tubería T-70	64,47	83	0,0015	-1,41	0,26	1,06	Abierta
Tubería T-71	209,72	83	0,0015	-0,80	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-72	81,22	83	0,0015	-3,17	0,59	4,45	Abierta
Tubería T-73	104,46	83	0,0015	0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-74	93,35	107	0,0015	2,60	0,29	0,93	Abierta
Tubería T-75	94,62	83	0,0015	-3,39	0,63	4,99	Abierta
Tubería T-76	91,91	83	0,0015	-2,90	0,54	3,80	Abierta
Tubería T-77	91,61	107	0,0015	-3,82	0,42	1,84	Abierta
Tubería T-78	105,37	107	0,0015	-7,75	0,86	6,49	Abierta
Tubería T-79	85,96	83	0,0015	2,44	0,45	2,80	Abierta
Tubería T-80	124,73	83	0,0015	1,13	0,21	0,72	Abierta
Tubería T-81	86,40	83	0,0015	1,23	0,23	0,84	Abierta
Tubería T-82	192,09	83	0,0015	0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería T-83	220,96	83	0,0015	-0,54	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-84	97,86	83	0,0015	-0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-85	63,64	83	0,0015	3,41	0,63	5,06	Abierta
Tubería T-86	112,97	83	0,0015	-0,94	0,17	0,52	Abierta
Tubería T-87	103,18	83	0,0015	-2,65	0,49	3,22	Abierta
Tubería T-88	178,03	83	0,0015	-4,27	0,79	7,55	Abierta
Tubería T-89	249,47	157	0,0015	2,55	0,13	0,14	Abierta
Tubería T-90	115,87	83	0,0015	-1,05	0,19	0,63	Abierta
Tubería T-91	78,69	83	0,0015	-3,05	0,56	4,14	Abierta
Tubería T-92	106,99	83	0,0015	-0,32	0,06	0,08	Abierta
Tubería T-93	256,47	83	0,0015	0,33	0,06	0,09	Abierta
Tubería T-94	270,28	83	0,0015	-0,37	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-95	293,06	83	0,0015	3,26	0,60	4,66	Abierta
Tubería T-96	225,83	83	0,0015	1,02	0,19	0,60	Abierta
Tubería T-97	215,71	83	0,25	2,38	0,44	3,55	Abierta
Tubería T-98	111,02	83	0,0015	1,19	0,22	0,79	Abierta
Tubería T-99	246,93	157	0,0015	1,53	0,08	0,06	Abierta
Tubería T-100	258,42	83	0,0015	0,02	0,00	0,00	Abierta
Tubería T-101	110,89	83	0,0015	-0,96	0,18	0,55	Abierta
Tubería T-102	44,92	83	0,0015	3,68	0,68	5,79	Abierta
Tubería T-103	96,11	83	0,0015	-1,59	0,29	1,31	Abierta
Tubería T-104	244,95	83	0,0015	0,60	0,11	0,24	Abierta
Tubería T-105	104,56	83	0,0015	-0,71	0,13	0,33	Abierta
Tubería T-106	50,76	83	0,0015	2,75	0,51	3,45	Abierta
Tubería T-107	84,04	83	0,0015	1,70	0,31	1,47	Abierta
Tubería T-108	261,87	83	0,0015	0,72	0,13	0,33	Abierta
Tubería T-109	278,47	83	0,0015	0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-110	124,49	83	0,0015	1,07	0,20	0,66	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-111	202,73	83	0,0015	-0,57	0,11	0,22	Abierta
Tubería T-112	193,91	83	0,2500	1,17	0,22	0,93	Abierta
Tubería T-113	243,13	83	0,0015	-0,97	0,18	0,55	Abierta
Tubería T-114	243,06	83	0,2500	-3,08	0,57	5,79	Abierta
Tubería T-115	95,24	83	0,2500	1,46	0,27	1,41	Abierta
Tubería T-116	227,53	83	0,0015	-1,57	0,29	1,28	Abierta
Tubería T-117	270,40	83	0,0015	-2,83	0,52	3,62	Abierta
Tubería T-118	226,13	83	0,2500	0,76	0,14	0,42	Abierta
Tubería T-119	170,33	83	0,0015	-0,88	0,16	0,47	Abierta
Tubería T-120	143,42	83	0,0015	-1,39	0,26	1,04	Abierta
Tubería T-121	279,12	83	0,2500	-0,87	0,16	0,53	Abierta
Tubería T-122	201,81	83	0,2500	-3,84	0,71	8,85	Abierta
Tubería T-123	465,08	83	0,0015	-5,89	1,09	13,39	Abierta
Tubería T-124	116,88	100	0,2500	11,87	1,51	30,39	Abierta
Tubería T-125	113,35	100	0,2500	9,57	1,22	19,91	Abierta
Tubería T-126	370,19	100	0,2500	-7,01	0,89	10,87	Abierta
Tubería T-127	327,55	100	0,2500	-6,88	0,88	10,49	Abierta
Tubería T-128	704,81	100	0,2500	-2,88	0,37	1,97	Abierta
Tubería T-129	391,17	100	0,2500	-4,80	0,61	5,24	Abierta
Tubería T-130	132,39	200	0,2500	21,11	0,67	2,61	Abierta
Tubería T-131	225,13	205	0,0015	40,87	1,24	5,71	Abierta
Tubería T-132	210,58	205	0,0015	39,88	1,21	5,46	Abierta
Tubería T-133	65,73	205	0,0015	40,41	1,22	5,59	Abierta
Tubería T-134	63,77	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-135	175,30	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-136	109,67	83	0,0015	11,38	2,10	43,89	Abierta
Tubería T-137	161,53	83	0,0015	0,77	0,14	0,37	Abierta
Tubería T-138	148,62	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-139	88,68	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-140	80,55	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-141	56,04	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-142	86,51	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-143	206,66	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-144	49,01	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-145	218,37	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-146	147,14	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-147	137,94	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-148	93,41	200	0,2500	22,76	0,72	3,02	Abierta
Tubería T-149	54,60	200	0,2500	60,03	1,91	20,05	Abierta
Tubería T-150	472,09	200	0,2500	38,92	1,24	8,57	Abierta
Tubería T-151	43,26	200	0,2500	38,92	1,24	8,57	Abierta
Tubería T-152	128,09	200	0,2500	38,92	1,24	8,57	Abierta
Tubería T-153	111,95	200	0,2500	38,92	1,24	8,57	Abierta
Tubería T-154	155,44	150	0,2500	25,49	1,44	16,56	Abierta
Tubería T-155	23,76	150	0,0015	25,49	1,44	10,92	Abierta
Tubería T-156	149,43	150	0,0015	-4,01	0,23	0,40	Abierta
Tubería T-157	91,01	150	0,2500	7,06	0,40	1,39	Abierta
Tubería T-158	260,05	150	0,2500	3,29	0,19	0,33	Abierta
Tubería T-159	16,97	200	0,0015	22,76	0,72	2,23	Abierta
Tubería T-162	60,01	150	0,2500	20,26	1,15	10,57	Abierta
Tubería T-163	276,97	150	0,2500	12,85	0,73	4,37	Abierta
Tubería T-164	117,15	150	0,2500	8,64	0,49	2,04	Abierta
Tubería T-165	11,20	107	0,0015	8,75	0,97	8,06	Abierta
Tubería T-166	52,86	107	0,0015	2,74	0,30	1,02	Abierta
Tubería T-167	13,23	107	0,0015	-0,52	0,06	0,06	Abierta
Tubería T-168	67,42	205	0,0015	73,07	2,21	16,42	Abierta
Tubería T-169	55,67	205	0,0015	163,37	4,95	71,85	Abierta
Válvula V-1	0,00	200	0,2500	60,03	1,91	0,00	Activa
Válvula V-2	0,00	200	0,2500	3,29	0,10	0,00	Activa
Válvula V-3	0,00	150	0,2500	3,77	0,21	0,00	Activa
Válvula V-4	0,00	150	0,2500	2,36	0,13	0,00	Activa
Válvula V-5	0,00	150	0,2500	25,49	1,44	0,00	Activa
Válvula V-6	0,00	150	0,2500	4,01	0,23	0,00	Activa
Válvula V-7	0,00	141	0,2500	8,64	0,55	0,01	Activa
Válvula V-8	0,00	141	0,2500	4,21	0,27	0,00	Activa
Válvula V-9	0,00	150	0,2500	7,41	0,42	0,00	Activa

Estados de los nodos H.D en periodo extendido en horario 7:00 AM





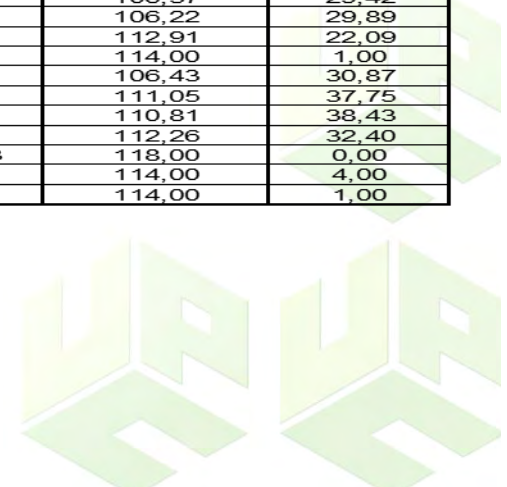
**tabla32. Características de las diferentes Nodos de la Red de
Distribución en H.D.**

MUNICIPIO DE PAILITAS					
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET					
ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCION					
Analisis	Dinámico		Hora:	15: 00 p.m.	
ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-1	83,06	0,37	0,55	112,84	29,78
Nudo N-2	82,82	0,41	0,61	112,77	29,95
Nudo N-3	85,58	0,48	0,71	112,68	27,10
Nudo N-4	84,49	0,59	0,87	112,68	28,19
Nudo N-5	83,53	0,45	0,67	112,80	29,27
Nudo N-6	82,58	0,52	0,77	111,97	29,39
Nudo N-7	76,53	0,53	0,78	111,11	34,58
Nudo N-8	69,31	0,56	0,83	109,56	40,25
Nudo N-9	70,64	0,45	0,67	109,51	38,87
Nudo N-10	70,71	0,74	1,10	109,51	38,80
Nudo N-11	70,87	0,93	1,38	110,35	39,48
Nudo N-12	71,25	0,56	0,83	110,46	39,21
Nudo N-13	75,19	0,82	1,21	111,13	35,94
Nudo N-14	83,53	0,30	0,44	112,89	29,36
Nudo N-15	75,19	0,67	0,99	111,61	36,42
Nudo N-16	77,19	0,37	0,55	110,09	32,90
Nudo N-17	72,38	0,48	0,71	110,80	38,42
Nudo N-18	73,30	0,74	1,10	111,05	37,75
Nudo N-19	82,48	0,63	0,93	111,10	28,62
Nudo N-20	79,86	0,74	1,10	112,25	32,39
Nudo N-21	83,10	0,56	0,83	111,29	28,19
Nudo N-22	76,72	0,93	1,38	110,85	34,13
Nudo N-23	75,87	1,60	2,37	110,61	34,74
Nudo N-24	65,65	0,67	0,99	110,58	44,93
Nudo N-25	65,23	0,45	0,67	110,42	45,19
Nudo N-26	72,09	0,93	1,38	110,37	38,28
Nudo N-27	72,52	0,22	0,33	110,29	37,77
Nudo N-28	69,65	0,37	0,55	110,27	40,62
Nudo N-29	73,67	0,22	0,33	110,27	36,60
Nudo N-30	73,82	0,52	0,77	110,28	36,46
Nudo N-31	71,25	0,37	0,55	106,30	35,05
Nudo N-32	71,10	0,52	0,77	106,29	35,19
Nudo N-33	71,94	0,78	1,15	106,33	34,39
Nudo N-34	66,86	1,22	1,81	106,01	39,15
Nudo N-35	66,08	0,93	1,38	106,07	39,99
Nudo N-36	66,08	0,85	1,26	106,40	40,32
Nudo N-37	89,23	2,60	3,85	107,75	18,52
Nudo N-38	82,21	1,30	1,92	106,38	24,17
Nudo N-39	76,95	1,63	2,41	106,37	29,42
Nudo N-40	67,65	1,40	2,07	105,97	38,32
Nudo N-41	68,85	1,56	2,31	106,05	37,20
Nudo N-42	69,89	1,11	1,64	105,96	36,07
Nudo N-43	70,25	1,67	2,47	106,05	35,80
Nudo N-44	80,16	0,93	1,38	106,25	26,09
Nudo N-45	78,73	0,89	1,32	106,19	27,46
Nudo N-46	72,93	0,74	1,10	106,05	33,12
Nudo N-47	71,13	0,76	1,12	105,92	34,79
Nudo N-48	71,10	0,37	0,55	109,60	38,50
Nudo N-49	70,94	0,45	0,67	108,96	38,02
Nudo N-50	69,91	0,93	1,38	108,25	38,34
Nudo N-51	67,36	0,74	1,10	107,58	40,22
Nudo N-52	64,81	1,22	1,81	106,92	42,11
Nudo N-53	62,55	0,56	0,83	105,50	42,95
Nudo N-54	63,21	0,96	1,42	105,06	41,85
Nudo N-55	63,12	1,67	2,47	105,11	41,99
Nudo N-56	64,18	1,71	2,53	105,73	41,55
Nudo N-57	65,24	1,60	2,37	106,52	41,28
Nudo N-58	66,08	1,00	1,48	108,60	42,52
Nudo N-59	65,23	1,11	1,64	106,46	41,23
Nudo N-60	64,59	1,04	1,54	105,14	40,55





ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-61	64,13	1,26	1,86	104,74	40,61
Nudo N-62	62,09	2,23	3,30	104,26	42,17
Nudo N-63	64,73	2,23	3,30	103,97	39,24
Nudo N-64	69,89	1,11	1,64	104,00	34,11
Nudo N-65	64,49	0,67	0,99	103,96	39,47
Nudo N-66	62,55	0,93	1,38	104,26	41,71
Nudo N-67	62,91	0,56	0,83	104,04	41,13
Nudo N-68	62,91	0,74	1,10	104,17	41,26
Nudo N-69	63,83	0,56	0,83	103,89	40,06
Nudo N-70	60,88	1,60	2,37	103,53	42,65
Nudo N-71	61,50	0,74	1,10	103,44	41,94
Nudo N-72	60,88	1,34	1,98	103,28	42,40
Nudo N-73	61,50	0,89	1,32	103,34	41,84
Nudo N-74	61,52	0,85	1,26	103,57	42,05
Nudo N-75	62,46	1,11	1,64	103,67	41,21
Nudo N-76	65,12	0,37	0,55	104,43	39,31
Nudo N-77	63,21	0,45	0,67	104,02	40,81
Nudo N-78	63,58	0,56	0,83	104,11	40,53
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	106,31	31,89
Nudo N-80	76,33	0,37	0,55	106,22	29,89
Nudo N-81	71,69	0,48	0,71	95,54	23,85
Nudo N-82	69,72	0,82	1,21	94,78	25,06
Nudo N-83	68,75	0,93	1,38	94,60	25,85
Nudo N-84	66,81	0,96	1,42	94,73	27,92
Nudo N-85	70,01	0,85	1,26	95,02	25,01
Nudo N-86	70,29	1,11	1,64	105,88	35,59
Nudo N-87	66,35	1,67	2,47	96,00	29,65
Nudo N-88	66,23	1,67	2,47	96,14	29,91
Nudo N-89	70,01	1,78	2,63	97,79	27,78
Nudo N-90	69,25	1,56	2,31	100,05	30,80
Nudo N-91	69,23	1,30	1,92	103,60	34,37
Nudo N-92	66,56	1,30	1,92	101,55	34,99
Nudo N-93	72,33	1,11	1,64	94,50	22,17
Nudo N-94	69,91	0,93	1,38	94,58	24,67
Nudo N-95	65,46	1,86	2,75	100,16	34,70
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	110,46	39,21
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	108,03	42,58
Nudo N-98	96,51	2,60	3,85	112,56	16,05
Nudo N-99	117,50	0,00	0,00	117,96	0,46
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,55	21,86
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,10	27,87
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,83	28,29
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,59	42,26
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,42	40,10
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,16	24,01
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,53	39,67
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,38	28,96
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,73	19,39
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,28	23,46
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	108,86	23,99
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	108,49	26,28
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	107,39	26,14
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	106,43	30,87
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	103,86	32,51
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	103,60	34,37
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	106,31	31,89
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	106,37	29,42
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	106,22	29,89
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	112,91	22,09
Nudo N-120	113,00	0,00	0,00	114,00	1,00
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	106,43	30,87
Nudo N-122	73,30	0,00	0,00	111,05	37,75
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	110,81	38,43
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	112,26	32,40
Embalse E-1	118,00	0,00	-186,13	118,00	0,00
Depósito D-1	110,00	0,00	90,30	114,00	4,00
Depósito D-2	113,00	0,00	-37,27	114,00	1,00





**tabla33. Características de los diferentes tramos de la Red de
Distribución en PVC**

MUNICIPIO DE PAILITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
ESTADO DE LAS TUBERIAS DE LA RED DE DISTRIBUCION A LAS 7: 00 HORAS							
Analisis	Dinámico		Material	PVC	Hora:	15: 00 pm.	
Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (Ips)	Velocidad (m/s)	Perd Unltar (m/km)	Estado
Tubería T-1	89,35	83	0,0015	1,22	0,22	0,82	Abierta
Tubería T-2	340,42	83	0,0015	0,61	0,11	0,25	Abierta
Tubería T-3	253,18	83	0,0015	-0,10	0,02	0,01	Abierta
Tubería T-4	277,62	83	0,0015	-0,98	0,18	0,56	Abierta
Tubería T-5	217,10	83	0,0015	2,87	0,53	3,71	Abierta
Tubería T-6	231,14	83	0,0015	2,58	0,48	3,08	Abierta
Tubería T-7	255,33	83	0,0015	2,59	0,48	3,10	Abierta
Tubería T-8	132,30	83	0,0015	0,81	0,15	0,41	Abierta
Tubería T-9	120,50	83	0,0015	0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería T-10	104,80	83	0,0015	-0,95	0,18	0,53	Abierta
Tubería T-11	117,28	83	0,0015	-1,38	0,26	1,03	Abierta
Tubería T-12	209,89	83	0,0015	-2,51	0,46	2,93	Abierta
Tubería T-13	125,35	83	0,0015	0,50	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-14	214,02	83	0,0015	4,22	0,78	7,38	Abierta
Tubería T-15	140,36	83	0,0015	3,64	0,67	5,67	Abierta
Tubería T-16	125,06	83	0,0015	-1,88	0,35	1,76	Abierta
Tubería T-17	75,63	83	0,0015	-0,61	0,11	0,25	Abierta
Tubería T-18	204,34	83	0,0015	-3,21	0,59	4,55	Abierta
Tubería T-19	291,97	83	0,0015	2,47	0,46	2,85	Abierta
Tubería T-20	259,50	83	0,0015	1,64	0,30	1,38	Abierta
Tubería T-21	181,44	83	0,0015	1,67	0,31	1,44	Abierta
Tubería T-22	110,30	83	0,0015	1,94	0,36	1,86	Abierta
Tubería T-23	191,18	83	0,0015	-2,21	0,41	2,34	Abierta
Tubería T-24	177,87	107	0,0015	3,23	0,36	1,36	Abierta
Tubería T-25	184,78	83	0,0015	-0,32	0,06	0,08	Abierta
Tubería T-26	178,78	107	0,0015	2,56	0,28	0,91	Abierta
Tubería T-27	158,10	83	0,0015	1,22	0,23	0,83	Abierta
Tubería T-28	146,40	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-29	106,83	83	0,0015	-0,04	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-30	144,16	83	0,0015	-0,37	0,07	0,10	Abierta
Tubería T-31	97,95	83	0,0015	0,39	0,07	0,12	Abierta
Tubería T-32	177,41	83	0,0015	0,67	0,12	0,29	Abierta
Tubería T-33	258,99	83	0,0015	-0,74	0,14	0,35	Abierta
Tubería T-34	205,31	83	0,0015	-1,45	0,27	1,12	Abierta
Tubería T-35	136,79	107	0,0015	8,51	0,95	7,67	Abierta
Tubería T-36	18,50	157	0,0015	46,71	2,41	26,35	Abierta
Tubería T-37	55,51	157	0,0015	29,76	1,54	11,61	Abierta
Tubería T-38	63,79	157	0,0015	29,10	1,50	11,14	Abierta
Tubería T-39	86,43	157	0,0015	23,85	1,23	7,77	Abierta
Tubería T-40	91,49	157	0,0015	22,75	1,18	7,14	Abierta
Tubería T-41	220,69	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-42	103,91	83	0,0015	3,09	0,57	4,24	Abierta
Tubería T-43	300,44	83	0,0015	2,51	0,46	2,94	Abierta
Tubería T-44	125,08	83	0,0015	1,42	0,26	1,08	Abierta
Tubería T-45	223,95	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta
Tubería T-46	127,77	83	0,0015	-0,85	0,16	0,44	Abierta
Tubería T-47	194,96	156	0,0015	-14,26	0,75	3,17	Abierta
Tubería T-48	171,78	83	0,0015	-3,24	0,60	4,60	Abierta
Tubería T-49	167,01	83	0,0015	-5,65	1,04	12,44	Abierta
Tubería T-50	254,32	157	0,0015	16,40	0,85	3,95	Abierta
Tubería T-51	384,46	83	0,0015	3,12	0,58	4,32	Abierta
Tubería T-52	272,44	83	0,0015	3,87	0,72	6,34	Abierta
Tubería T-53	281,78	157	0,0015	17,03	0,88	4,23	Abierta
Tubería T-54	210,02	107	0,0015	7,63	0,85	6,30	Abierta
Tubería T-55	255,31	83	0,0015	3,19	0,59	4,48	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-56	163,60	107	0,0015	4,95	0,55	2,91	Abierta
Tubería T-57	92,57	107	0,0015	5,13	0,57	3,10	Abierta
Tubería T-58	280,54	83	0,0015	3,48	0,64	5,23	Abierta
Tubería T-59	213,66	83	0,0015	3,92	0,72	6,47	Abierta
Tubería T-60	77,62	107	0,0015	6,82	0,76	5,16	Abierta
Tubería T-61	57,50	83	0,0015	0,76	0,14	0,37	Abierta
Tubería T-62	282,53	83	0,0015	1,82	0,34	1,67	Abierta
Tubería T-63	167,65	83	0,0015	1,60	0,30	1,32	Abierta
Tubería T-64	110,85	83	0,0015	0,99	0,18	0,57	Abierta
Tubería T-65	279,37	83	0,0015	-1,00	0,18	0,58	Abierta
Tubería T-66	308,76	83	0,0015	-0,71	0,13	0,32	Abierta
Tubería T-67	116,97	83	0,0015	-1,99	0,37	1,95	Abierta
Tubería T-68	168,81	83	0,0015	1,04	0,19	0,62	Abierta
Tubería T-69	180,16	83	0,0015	-1,77	0,33	1,58	Abierta
Tubería T-70	64,47	83	0,0015	-1,41	0,26	1,06	Abierta
Tubería T-71	209,72	83	0,0015	-0,80	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-72	81,22	83	0,0015	-3,17	0,59	4,45	Abierta
Tubería T-73	104,46	83	0,0015	0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-74	93,35	107	0,0015	2,60	0,29	0,93	Abierta
Tubería T-75	94,62	83	0,0015	-3,39	0,63	4,99	Abierta
Tubería T-76	91,91	83	0,0015	-2,90	0,54	3,80	Abierta
Tubería T-77	91,61	107	0,0015	-3,82	0,42	1,84	Abierta
Tubería T-78	105,37	107	0,0015	-7,75	0,86	6,49	Abierta
Tubería T-79	85,96	83	0,0015	2,44	0,45	2,80	Abierta
Tubería T-80	124,73	83	0,0015	1,13	0,21	0,72	Abierta
Tubería T-81	86,40	83	0,0015	1,23	0,23	0,84	Abierta
Tubería T-82	192,09	83	0,0015	0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería T-83	220,96	83	0,0015	-0,54	0,10	0,20	Abierta
Tubería T-84	97,86	83	0,0015	-0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-85	63,64	83	0,0015	2,50	0,46	2,92	Abierta
Tubería T-86	112,97	83	0,0015	-1,15	0,21	0,74	Abierta
Tubería T-87	103,18	83	0,0015	-2,55	0,47	3,02	Abierta
Tubería T-88	178,03	83	0,0015	-3,32	0,61	4,81	Abierta
Tubería T-89	249,47	157	0,0015	1,85	0,10	0,08	Abierta
Tubería T-90	115,87	83	0,0015	-1,28	0,24	0,89	Abierta
Tubería T-91	78,69	83	0,0015	-3,22	0,60	4,57	Abierta
Tubería T-92	106,99	83	0,0015	0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería T-93	256,47	83	0,0015	0,03	0,01	0,00	Abierta
Tubería T-94	270,28	83	0,0015	0,49	0,09	0,17	Abierta
Tubería T-95	293,06	83	0,0015	2,44	0,45	2,79	Abierta
Tubería T-96	225,83	83	0,0015	0,80	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-97	215,71	83	0,0015	2,41	0,45	2,73	Abierta
Tubería T-98	111,02	83	0,0015	1,52	0,28	1,21	Abierta
Tubería T-99	246,93	157	0,0015	1,05	0,05	0,03	Abierta
Tubería T-100	258,42	83	0,0015	-0,33	0,06	0,09	Abierta
Tubería T-101	110,89	83	0,0015	-1,09	0,20	0,67	Abierta
Tubería T-102	44,92	83	0,0015	4,09	0,76	7,00	Abierta
Tubería T-103	96,11	83	0,0015	-1,44	0,27	1,10	Abierta
Tubería T-104	244,95	83	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería T-105	104,56	83	0,0015	-0,81	0,15	0,40	Abierta
Tubería T-106	50,76	83	0,0015	3,17	0,59	4,43	Abierta
Tubería T-107	84,04	83	0,0015	1,84	0,34	1,70	Abierta
Tubería T-108	261,87	83	0,0015	0,68	0,13	0,30	Abierta
Tubería T-109	278,47	83	0,0015	-0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería T-110	124,49	83	0,0015	0,93	0,17	0,51	Abierta





Tramo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Perd Unitar (m/km)	Estado
Tubería T-111	202,73	83	0,0015	-0,72	0,13	0,33	Abierta
Tubería T-112	193,91	83	0,0015	1,20	0,22	0,80	Abierta
Tubería T-113	243,13	83	0,0015	-0,95	0,18	0,54	Abierta
Tubería T-114	243,06	83	0,0015	-3,28	0,61	4,72	Abierta
Tubería T-115	95,24	83	0,0015	1,30	0,24	0,92	Abierta
Tubería T-116	227,53	83	0,0015	-1,33	0,25	0,97	Abierta
Tubería T-117	270,40	83	0,0015	-2,59	0,48	3,11	Abierta
Tubería T-118	226,13	83	0,0015	0,78	0,14	0,38	Abierta
Tubería T-119	170,33	83	0,0015	-0,87	0,16	0,45	Abierta
Tubería T-120	143,42	83	0,0015	-1,33	0,25	0,96	Abierta
Tubería T-121	279,12	83	0,0015	-0,91	0,17	0,50	Abierta
Tubería T-122	201,81	83	0,0015	-3,76	0,70	6,02	Abierta
Tubería T-123	465,08	83	0,0015	-4,98	0,92	9,91	Abierta
Tubería T-124	116,88	107	0,0015	11,83	1,32	13,86	Abierta
Tubería T-125	113,35	107	0,0015	9,52	1,06	9,38	Abierta
Tubería T-126	370,19	107	0,0015	-7,06	0,78	5,48	Abierta
Tubería T-127	327,55	107	0,0015	-7,03	0,78	5,44	Abierta
Tubería T-128	704,81	107	0,0015	-2,78	0,31	1,05	Abierta
Tubería T-129	391,17	107	0,0015	-4,71	0,52	2,66	Abierta
Tubería T-130	132,39	205	0,0015	18,43	0,56	1,36	Abierta
Tubería T-131	225,13	205	0,0015	39,45	1,20	5,35	Abierta
Tubería T-132	210,58	205	0,0015	38,45	1,17	5,11	Abierta
Tubería T-133	65,73	205	0,0015	38,75	1,17	5,18	Abierta
Tubería T-134	63,77	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-135	175,30	107	0,0015	9,27	1,03	8,94	Abierta
Tubería T-136	109,67	83	0,0015	9,60	1,78	32,32	Abierta
Tubería T-137	161,53	83	0,0015	0,93	0,17	0,52	Abierta
Tubería T-138	148,62	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-139	88,68	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-140	80,55	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-141	56,04	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-142	86,51	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-143	206,66	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-144	49,01	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-145	218,37	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-146	147,14	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-147	137,94	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-148	93,41	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-149	54,60	205	0,0015	60,03	1,82	11,47	Abierta
Tubería T-150	472,09	205	0,0015	41,60	1,26	5,89	Abierta
Tubería T-151	43,26	205	0,0015	41,60	1,26	5,89	Abierta
Tubería T-152	128,09	205	0,0015	41,60	1,26	5,89	Abierta
Tubería T-153	111,95	205	0,0015	41,60	1,26	5,89	Abierta
Tubería T-154	155,44	157	0,0015	25,49	1,32	8,77	Abierta
Tubería T-155	23,76	157	0,0015	25,49	1,32	8,77	Abierta
Tubería T-156	149,43	157	0,0015	-5,48	0,28	0,56	Abierta
Tubería T-157	91,01	157	0,0015	8,27	0,43	1,16	Abierta
Tubería T-158	260,05	157	0,0015	3,84	0,20	0,30	Abierta
Tubería T-159	16,97	205	0,0015	28,50	0,86	2,97	Abierta
Tubería T-162	60,01	157	0,0015	21,92	1,13	6,67	Abierta
Tubería T-163	276,97	157	0,0015	15,14	0,78	3,43	Abierta
Tubería T-164	117,15	157	0,0015	10,57	0,55	1,80	Abierta
Tubería T-165	11,20	107	0,0015	8,52	0,95	7,69	Abierta
Tubería T-166	52,86	107	0,0015	2,74	0,30	1,02	Abierta
Tubería T-167	13,23	107	0,0015	-0,29	0,03	0,02	Abierta
Tubería T-168	67,42	205	0,0015	73,07	2,21	16,42	Abierta
Tubería T-169	55,67	205	0,0015	163,37	4,95	71,85	Abierta
Válvula V-1	0,00	200	0,25	60,03	1,91	0,00	Activa
Válvula V-2	0,00	200	0,25	3,84	0,12	0,00	Activa
Válvula V-3	0,00	150	0,25	4,42	0,25	0,00	Activa
Válvula V-4	0,00	150	0,25	2,37	0,13	0,00	Activa
Válvula V-5	0,00	150	0,25	25,49	1,44	0,00	Activa
Válvula V-6	0,00	150	0,25	5,48	0,31	0,00	Activa
Válvula V-7	0,00	141	0,25	10,57	0,68	0,01	Activa
Válvula V-8	0,00	141	0,25	4,57	0,29	0,00	Activa
Válvula V-9	0,00	150	0,25	6,78	0,38	0,00	Activa

Estado de los nodos PVC en periodo extendido horario 7:00Tabla No. 38:





**tabla34. Características de los diferentes Nodos de la Red de
Distribución en PVC**

MUNICIPIO DE PAILITAS					
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET					
ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCION					
Analisis	Dinámico		Hora:	07: 00 a.m.	
ID Nodo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-1	83,06	0,37	0,55	112,84	29,78
Nudo N-2	82,82	0,41	0,61	112,77	29,95
Nudo N-3	85,58	0,48	0,71	112,68	27,10
Nudo N-4	84,49	0,59	0,87	112,68	28,19
Nudo N-5	83,53	0,45	0,67	112,81	29,28
Nudo N-6	82,58	0,52	0,77	112,01	29,43
Nudo N-7	76,53	0,53	0,78	111,21	34,68
Nudo N-8	69,31	0,56	0,83	109,70	40,39
Nudo N-9	70,64	0,45	0,67	109,65	39,01
Nudo N-10	70,71	0,74	1,10	109,64	38,93
Nudo N-11	70,87	0,93	1,38	110,49	39,62
Nudo N-12	71,25	0,56	0,83	110,61	39,36
Nudo N-13	75,19	0,82	1,21	111,23	36,04
Nudo N-14	83,53	0,30	0,44	112,89	29,36
Nudo N-15	75,19	0,67	0,99	111,69	36,50
Nudo N-16	77,19	0,37	0,55	110,27	33,08
Nudo N-17	72,38	0,48	0,71	111,32	38,94
Nudo N-18	73,30	0,74	1,10	111,54	38,24
Nudo N-19	82,48	0,63	0,93	111,56	29,08
Nudo N-20	79,86	0,74	1,10	112,49	32,63
Nudo N-21	83,10	0,56	0,83	111,66	28,56
Nudo N-22	76,72	0,93	1,38	111,30	34,58
Nudo N-23	75,87	1,60	2,37	111,09	35,22
Nudo N-24	65,65	0,67	0,99	111,08	45,43
Nudo N-25	65,23	0,45	0,67	110,92	45,69
Nudo N-26	72,09	0,93	1,38	110,87	38,78
Nudo N-27	72,52	0,22	0,33	110,79	38,27
Nudo N-28	69,65	0,37	0,55	110,76	41,11
Nudo N-29	73,67	0,22	0,33	110,76	37,09
Nudo N-30	73,82	0,52	0,77	110,77	36,95
Nudo N-31	71,25	0,37	0,55	108,59	37,34
Nudo N-32	71,10	0,52	0,77	108,58	37,48
Nudo N-33	71,94	0,78	1,15	108,63	36,69
Nudo N-34	66,86	1,22	1,81	108,44	41,58
Nudo N-35	66,08	0,93	1,38	108,53	42,45
Nudo N-36	66,08	0,85	1,26	108,84	42,76
Nudo N-37	89,23	2,60	3,85	109,70	20,47
Nudo N-38	82,21	1,30	1,92	108,88	26,67
Nudo N-39	76,95	1,63	2,41	108,89	31,94
Nudo N-40	67,65	1,40	2,07	108,42	40,77
Nudo N-41	68,85	1,56	2,31	108,53	39,68
Nudo N-42	69,89	1,11	1,64	108,42	38,53
Nudo N-43	70,25	1,67	2,47	108,55	38,30
Nudo N-44	80,16	0,93	1,38	108,79	28,63
Nudo N-45	78,73	0,89	1,32	108,74	30,01
Nudo N-46	72,93	0,74	1,10	108,56	35,63
Nudo N-47	71,13	0,76	1,12	108,42	37,29
Nudo N-48	71,10	0,37	0,55	109,78	38,68
Nudo N-49	70,94	0,45	0,67	109,14	38,20
Nudo N-50	69,91	0,93	1,38	108,43	38,52
Nudo N-51	67,36	0,74	1,10	107,76	40,40
Nudo N-52	64,81	1,22	1,81	107,10	42,29
Nudo N-53	62,55	0,56	0,83	105,68	43,13
Nudo N-54	63,21	0,96	1,42	105,24	42,03
Nudo N-55	63,12	1,67	2,47	105,29	42,17
Nudo N-56	64,18	1,71	2,53	105,91	41,73
Nudo N-57	65,24	1,60	2,37	106,70	41,46
Nudo N-58	66,08	1,00	1,48	108,78	42,70
Nudo N-59	65,23	1,11	1,64	106,64	41,41
Nudo N-60	64,59	1,04	1,54	105,32	40,73





ID Nudo	Cota	Dem. Base	Demanda	Cota Terreno	Presion
Nudo N-61	64,13	1,26	1,86	104,92	40,79
Nudo N-62	62,09	2,23	3,30	104,44	42,35
Nudo N-63	64,73	2,23	3,30	104,16	39,43
Nudo N-64	69,89	1,11	1,64	104,18	34,29
Nudo N-65	64,49	0,67	0,99	104,14	39,65
Nudo N-66	62,55	0,93	1,38	104,44	41,89
Nudo N-67	62,91	0,56	0,83	104,22	41,31
Nudo N-68	62,91	0,74	1,10	104,35	41,44
Nudo N-69	63,83	0,56	0,83	104,07	40,24
Nudo N-70	60,88	1,60	2,37	103,71	42,83
Nudo N-71	61,50	0,74	1,10	103,62	42,12
Nudo N-72	60,88	1,34	1,98	103,46	42,58
Nudo N-73	61,50	0,89	1,32	103,53	42,03
Nudo N-74	61,52	0,85	1,26	103,75	42,23
Nudo N-75	62,46	1,11	1,64	103,85	41,39
Nudo N-76	65,12	0,37	0,55	104,61	39,49
Nudo N-77	63,21	0,45	0,67	104,20	40,99
Nudo N-78	63,58	0,56	0,83	104,29	40,71
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	108,86	34,44
Nudo N-80	76,33	0,37	0,55	108,79	32,46
Nudo N-81	71,69	0,48	0,71	103,05	31,36
Nudo N-82	69,72	0,82	1,21	102,46	32,74
Nudo N-83	68,75	0,93	1,38	102,31	33,56
Nudo N-84	66,81	0,96	1,42	102,44	35,63
Nudo N-85	70,01	0,85	1,26	102,66	32,65
Nudo N-86	70,29	1,11	1,64	108,35	38,06
Nudo N-87	66,35	1,67	2,47	103,50	37,15
Nudo N-88	66,23	1,67	2,47	103,59	37,36
Nudo N-89	70,01	1,78	2,63	104,71	34,70
Nudo N-90	69,25	1,56	2,31	105,78	36,53
Nudo N-91	69,23	1,30	1,92	107,40	38,17
Nudo N-92	66,56	1,30	1,92	106,36	39,80
Nudo N-93	72,33	1,11	1,64	102,22	29,89
Nudo N-94	69,91	0,93	1,38	102,30	32,39
Nudo N-95	65,46	1,86	2,75	105,62	40,16
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	110,61	39,36
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	108,21	42,76
Nudo N-98	96,51	2,60	3,85	113,24	16,73
Nudo N-99	117,50	0,00	0,00	117,95	0,45
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,54	21,85
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,10	27,87
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,83	28,29
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,59	42,26
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,43	40,11
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,17	24,02
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,56	39,70
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,41	28,99
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,76	19,42
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,32	23,50
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	110,64	25,77
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	110,38	28,17
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	109,63	28,38
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	108,97	33,41
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	107,61	36,26
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	107,40	38,17
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	108,86	34,44
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	108,89	31,94
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	108,79	32,46
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	113,42	22,60
Nudo N-120	113,00	0,00	0,00	114,05	1,05
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	108,97	33,41
Nudo N-122	73,30	0,00	0,00	111,54	38,24
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	111,33	38,95
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	112,49	32,63
Embalse E-1	118,00	0,00	-191,87	118,00	0,00
Depósito D-1	110,00	0,00	90,30	114,00	4,00
Depósito D-2	113,00	0,00	-31,53	114,05	1,05

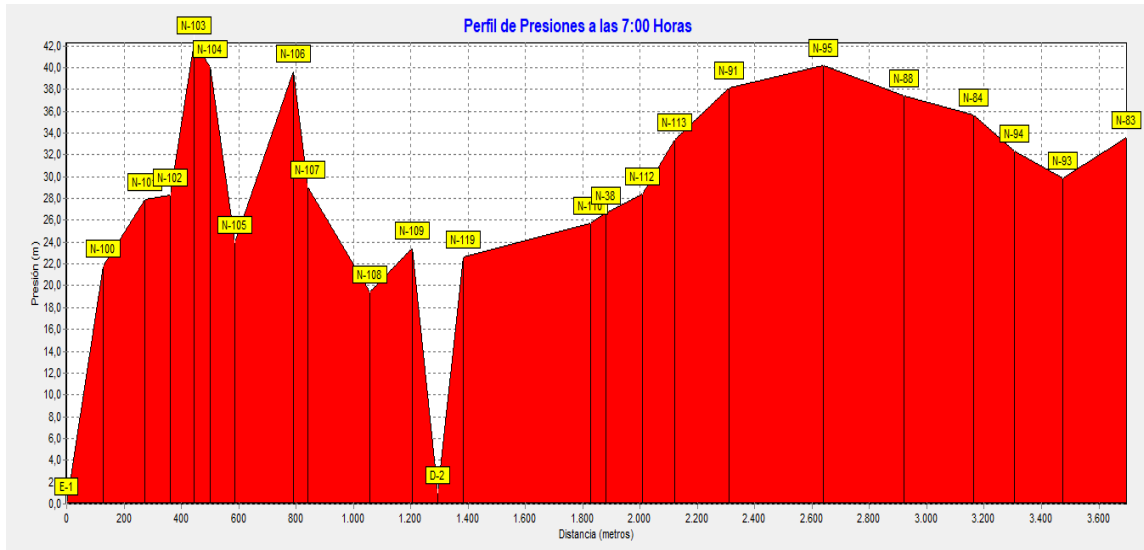




imagen38. Presión en nodos y caudal en los tramos de PVC a las 07:00 am en los Distrito Norte y Sur



imagen39. Presión a las 07:00 am con tubería de PVC en el Distrito Norte





**tabla35. Resumen de los resultados de presión con la simulación
hidráulica de la Red de Distribución**

MUNICIPIO DE PAILITAS							
SIMULACION HIDRAULICA MEDIANTE EL EPANET							
RESUMEN DEL ESTADO DE LOS NODOS DE LA RED CON DIFERENTES MATERIALES							
Analisis	Dinámico			Hora: 07: 00 a.m.			
ID Nodo	Cota	Demanda Base	Demanda	Cota Piezomet	Presion		
					Tuberia PE	Tuberia H.D.	Tuberia PVC
Nudo N-1	83,06	0,37	0,55	112,84	29,78	29,78	29,78
Nudo N-2	82,82	0,41	0,61	112,77	29,95	29,95	29,95
Nudo N-3	85,58	0,48	0,71	112,68	27,10	27,10	27,10
Nudo N-4	84,49	0,59	0,87	112,68	28,19	28,19	28,19
Nudo N-5	83,53	0,45	0,67	112,81	29,27	29,27	29,28
Nudo N-6	82,58	0,52	0,77	112,01	29,39	29,39	29,43
Nudo N-7	76,53	0,53	0,78	111,21	34,59	34,58	34,68
Nudo N-8	69,31	0,56	0,83	109,70	40,26	40,25	40,39
Nudo N-9	70,64	0,45	0,67	109,65	38,87	38,87	39,01
Nudo N-10	70,71	0,74	1,10	109,64	38,80	38,80	38,93
Nudo N-11	70,87	0,93	1,38	110,49	39,49	39,48	39,62
Nudo N-12	71,25	0,56	0,83	110,61	39,22	39,21	39,36
Nudo N-13	75,19	0,82	1,21	111,23	35,95	35,94	36,04
Nudo N-14	83,53	0,30	0,44	112,89	29,36	29,36	29,36
Nudo N-15	75,19	0,67	0,99	111,69	36,42	36,42	36,50
Nudo N-16	77,19	0,37	0,55	110,27	32,91	32,90	33,08
Nudo N-17	72,38	0,48	0,71	111,32	38,45	38,42	38,94
Nudo N-18	73,30	0,74	1,10	111,54	37,78	37,75	38,24
Nudo N-19	82,48	0,63	0,93	111,56	28,65	28,62	29,08
Nudo N-20	79,86	0,74	1,10	112,49	32,43	32,39	32,63
Nudo N-21	83,10	0,56	0,83	111,66	28,23	28,19	28,56
Nudo N-22	76,72	0,93	1,38	111,30	34,16	34,13	34,58
Nudo N-23	75,87	1,60	2,37	111,09	34,77	34,74	35,22
Nudo N-24	65,65	0,67	0,99	111,08	44,96	44,93	45,43
Nudo N-25	65,23	0,45	0,67	110,92	45,22	45,19	45,69
Nudo N-26	72,09	0,93	1,38	110,87	38,31	38,28	38,78
Nudo N-27	72,52	0,22	0,33	110,79	37,80	37,77	38,27
Nudo N-28	69,65	0,37	0,55	110,76	40,64	40,62	41,11
Nudo N-29	73,67	0,22	0,33	110,76	36,62	36,60	37,09
Nudo N-30	73,82	0,52	0,77	110,77	36,49	36,46	36,95
Nudo N-31	71,25	0,37	0,55	108,59	33,69	35,05	37,34
Nudo N-32	71,10	0,52	0,77	108,58	33,84	35,19	37,48
Nudo N-33	71,94	0,78	1,15	108,63	33,04	34,39	36,69
Nudo N-34	66,86	1,22	1,81	108,44	37,69	39,15	41,58
Nudo N-35	66,08	0,93	1,38	108,53	38,52	39,99	42,45
Nudo N-36	66,08	0,85	1,26	108,84	38,88	40,32	42,76
Nudo N-37	89,23	2,60	3,85	109,70	17,43	18,52	20,47
Nudo N-38	82,21	1,30	1,92	108,88	22,67	24,17	26,67
Nudo N-39	76,95	1,63	2,41	108,89	27,89	29,42	31,94
Nudo N-40	67,65	1,40	2,07	108,42	36,85	38,32	40,77
Nudo N-41	68,85	1,56	2,31	108,53	35,71	37,20	39,68
Nudo N-42	69,89	1,11	1,64	108,42	34,59	36,07	38,53
Nudo N-43	70,25	1,67	2,47	108,55	34,30	35,80	38,30
Nudo N-44	80,16	0,93	1,38	108,79	24,56	26,09	28,63
Nudo N-45	78,73	0,89	1,32	108,74	25,93	27,46	30,01
Nudo N-46	72,93	0,74	1,10	108,56	31,61	33,12	35,63
Nudo N-47	71,13	0,76	1,12	108,42	33,30	34,79	37,29
Nudo N-48	71,10	0,37	0,55	109,78	38,51	38,50	38,68
Nudo N-49	70,94	0,45	0,67	109,14	38,03	38,02	38,20
Nudo N-50	69,91	0,93	1,38	108,43	38,35	38,34	38,52
Nudo N-51	67,36	0,74	1,10	107,76	40,23	40,22	40,40
Nudo N-52	64,81	1,22	1,81	107,10	42,12	42,11	42,29
Nudo N-53	62,55	0,56	0,83	105,68	42,96	42,95	43,13
Nudo N-54	63,21	0,96	1,42	105,24	41,86	41,85	42,03
Nudo N-55	63,12	1,67	2,47	105,29	42,00	41,99	42,17
Nudo N-56	64,18	1,71	2,53	105,91	41,56	41,55	41,73
Nudo N-57	65,24	1,60	2,37	106,70	41,29	41,28	41,46
Nudo N-58	66,08	1,00	1,48	108,78	42,53	42,52	42,70
Nudo N-59	65,23	1,11	1,64	106,64	41,24	41,23	41,41
Nudo N-60	64,59	1,04	1,54	105,32	40,56	40,55	40,73





ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Cota Piezomet	Presion		
					Tubería PE	Tubería H.D.	Tubería PVC
Nudo N-62	62,09	2,23	3,30	104,44	42,18	42,17	42,35
Nudo N-63	64,73	2,23	3,30	104,16	39,25	39,24	39,43
Nudo N-64	69,89	1,11	1,64	104,18	34,12	34,11	34,29
Nudo N-65	64,49	0,67	0,99	104,14	39,48	39,47	39,65
Nudo N-66	62,55	0,93	1,38	104,44	41,72	41,71	41,89
Nudo N-67	62,91	0,56	0,83	104,22	41,14	41,13	41,31
Nudo N-68	62,91	0,74	1,10	104,35	41,27	41,26	41,44
Nudo N-69	63,83	0,56	0,83	104,07	40,07	40,06	40,24
Nudo N-70	60,88	1,60	2,37	103,71	42,66	42,65	42,83
Nudo N-71	61,50	0,74	1,10	103,62	41,95	41,94	42,12
Nudo N-72	60,88	1,34	1,98	103,46	42,41	42,40	42,58
Nudo N-73	61,50	0,89	1,32	103,53	41,85	41,84	42,03
Nudo N-74	61,52	0,85	1,26	103,75	42,06	42,05	42,23
Nudo N-75	62,46	1,11	1,64	103,85	41,22	41,21	41,39
Nudo N-76	65,12	0,37	0,55	104,61	39,32	39,31	39,49
Nudo N-77	63,21	0,45	0,67	104,20	40,82	40,81	40,99
Nudo N-78	63,58	0,56	0,83	104,29	40,54	40,53	40,71
Nudo N-79	74,42	0,00	0,00	108,86	30,36	31,89	34,44
Nudo N-80	76,33	0,37	0,55	108,79	28,36	29,89	32,46
Nudo N-81	71,69	0,48	0,71	103,05	23,92	23,85	31,36
Nudo N-82	69,72	0,82	1,21	102,46	25,27	25,06	32,74
Nudo N-83	68,75	0,93	1,38	102,31	26,07	25,85	33,56
Nudo N-84	66,81	0,96	1,42	102,44	28,13	27,92	35,63
Nudo N-85	70,01	0,85	1,26	102,66	25,15	25,01	32,65
Nudo N-86	70,29	1,11	1,64	108,35	34,10	35,59	38,06
Nudo N-87	66,35	1,67	2,47	103,50	29,65	29,65	37,15
Nudo N-88	66,23	1,67	2,47	103,59	29,83	29,91	37,36
Nudo N-89	70,01	1,78	2,63	104,71	27,34	27,78	34,70
Nudo N-90	69,25	1,56	2,31	105,78	30,03	30,80	36,53
Nudo N-91	69,23	1,30	1,92	107,40	32,97	34,37	38,17
Nudo N-92	66,56	1,30	1,92	106,36	33,92	34,99	39,80
Nudo N-93	72,33	1,11	1,64	102,22	22,40	22,17	29,89
Nudo N-94	69,91	0,93	1,38	102,30	24,89	24,67	32,39
Nudo N-95	65,46	1,86	2,75	105,62	33,84	34,70	40,16
Nudo N-96	71,25	0,00	0,00	110,61	39,22	39,21	39,36
Nudo N-97	65,45	0,00	0,00	108,21	42,59	42,58	42,76
Nudo N-98	96,51	2,60	3,85	113,24	15,84	16,05	16,73
Nudo N-99	117,50	0,00	0,00	117,95	0,45	0,46	0,45
Nudo N-100	95,69	0,00	0,00	117,54	21,84	21,86	21,85
Nudo N-101	89,23	0,00	0,00	117,10	27,86	27,87	27,87
Nudo N-102	88,54	0,00	0,00	116,83	28,28	28,29	28,29
Nudo N-103	74,33	0,00	0,00	116,59	42,25	42,26	42,26
Nudo N-104	76,32	0,00	0,00	116,43	40,09	40,10	40,11
Nudo N-105	92,15	0,00	0,00	116,17	24,00	24,01	24,02
Nudo N-106	75,86	0,00	0,00	115,56	39,67	39,67	39,70
Nudo N-107	86,42	0,00	0,00	115,41	28,96	28,96	28,99
Nudo N-108	95,34	0,00	0,00	114,76	19,38	19,39	19,42
Nudo N-109	90,82	0,00	0,00	114,32	23,46	23,46	23,50
Nudo N-110	84,87	0,00	0,00	110,64	22,93	23,99	25,77
Nudo N-111	82,21	0,00	0,00	110,38	25,15	26,28	28,17
Nudo N-112	81,25	0,00	0,00	109,63	24,79	26,14	28,38
Nudo N-113	75,56	0,00	0,00	108,97	29,33	30,87	33,41
Nudo N-114	71,35	0,00	0,00	107,61	31,20	32,51	36,26
Nudo N-115	69,23	0,00	0,00	107,40	32,97	34,37	38,17
Nudo N-116	74,42	0,00	0,00	108,86	30,36	31,89	34,44
Nudo N-117	76,95	0,00	0,00	108,89	27,89	29,42	31,94
Nudo N-118	76,33	0,00	0,00	108,79	28,36	29,89	32,46
Nudo N-119	90,82	0,00	0,00	113,42	21,83	22,09	22,60
Nudo N-120	113,00	0,00	0,00	114,05	1,00	1,00	1,05
Nudo N-121	75,56	0,00	0,00	108,97	29,33	30,87	33,41
Nudo N-122	73,30	0,00	0,00	111,54	37,78	37,75	38,24
Nudo N-123	72,38	0,00	0,00	111,33	38,45	38,43	38,95
Nudo N-124	79,86	0,00	0,00	112,49	32,43	32,40	32,63
Embalse E-1	118,00	0,00	-191,87	118,00	0,00	0,00	0,00
Depósito D-1	110,00	0,00	90,30	114,00	4,00	4,00	4,00
Depósito D-2	113,00	0,00	-31,53	114,05	1,00	1,00	1,05

Los caudales establecidos por nudo las longitudes de los tramos, las cotas en los distintos puntos o nodos y los diámetros asumidos constituyen el conjunto de parámetros y datos de entrada que pide el programa EPANET para la simulación





de las tuberías matrices, para finalmente dar los resultados del diseño. La simulación hidráulica fue realizada mediante un análisis dinámico, es decir, considerando que siempre estura variando la cantidad de agua, hasta obtener el consumo horario con base en la curva de variación de consumo horario.

Como puede apreciarse en la Tabla No. 16, se presenta además de la identificación de cada nodo, con sus respectivas, demanda base y su correspondiente consumo a la hora de la simulación, la cual se consideró la hora de mayor demanda, o sean, las 7:00 am; el resumen de las presiones obtenidas en la simulación hidráulica para los diferentes tipos de material empleados en la simulación y utilizando en ella la curva de variación de consumo horario, con la cual se han venido ejecutando los proyectos para el Cesar. Estos materiales son: PE, HD y PVC.

Los resultados de las presiones obtenidas están dentro de los rangos establecidos en los Artículos 61 y 62 de la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017 o RAS-2017: por lo tanto, prácticamente presentan los mismos resultados para las condiciones planteadas de diámetro y caudal; lo que obliga a decidir por las condiciones económicas.

En razón de que el sistema de acueducto ya presenta la red de distribución, por lo que se plantea con este proyecto es la distribución homogénea del caudal en función de la distribución de la población. A partir de estas están construidas las acometidas domiciliarias para cada una de las viviendas se construirán en tuberías de PF+UAD de $\varnothing 1/2$ ".





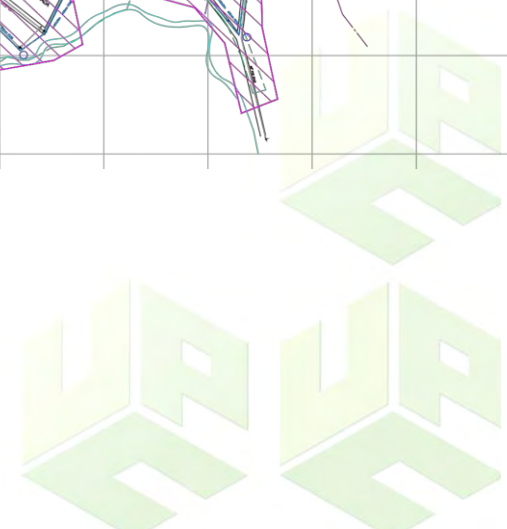
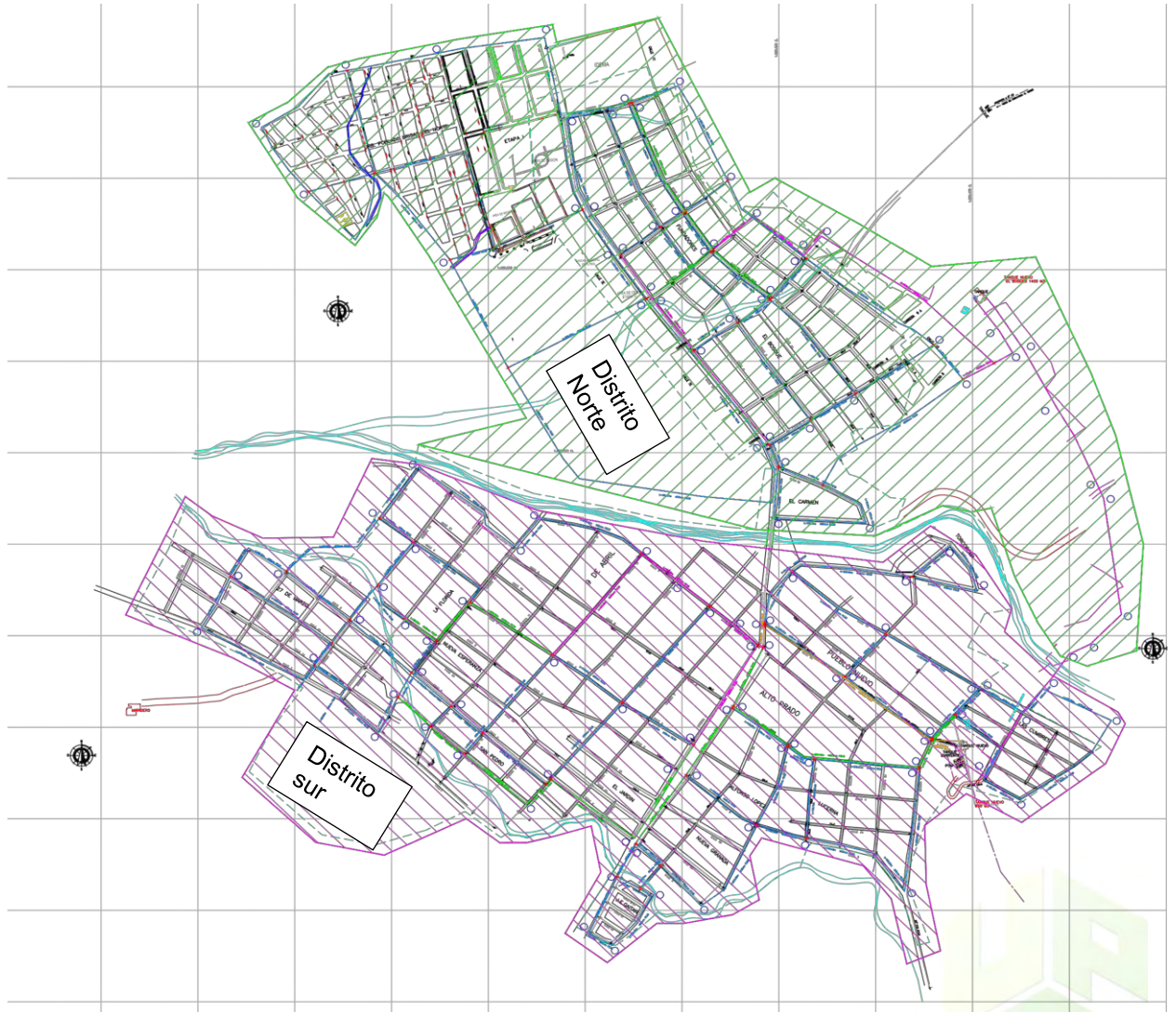
**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



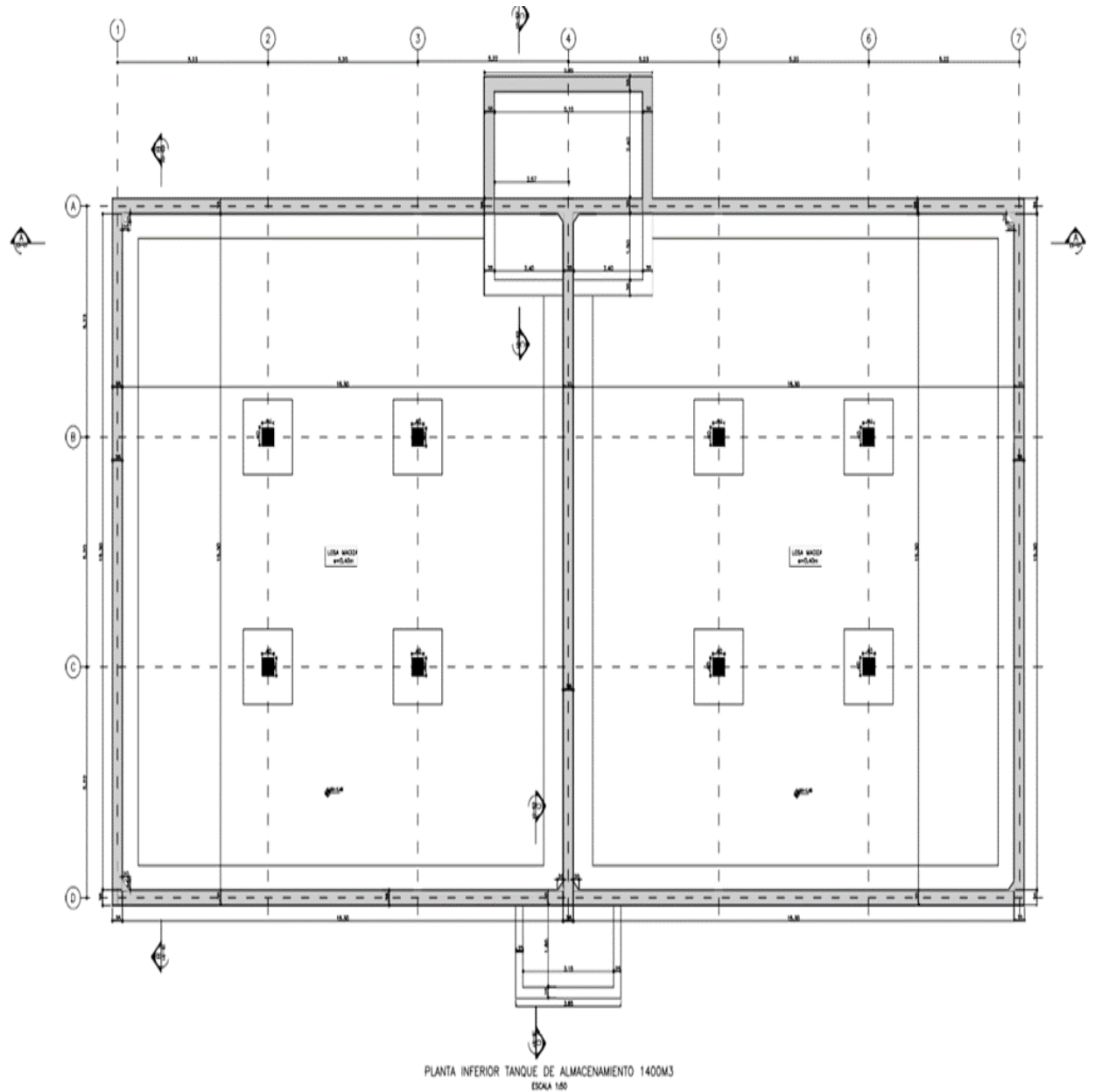
**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

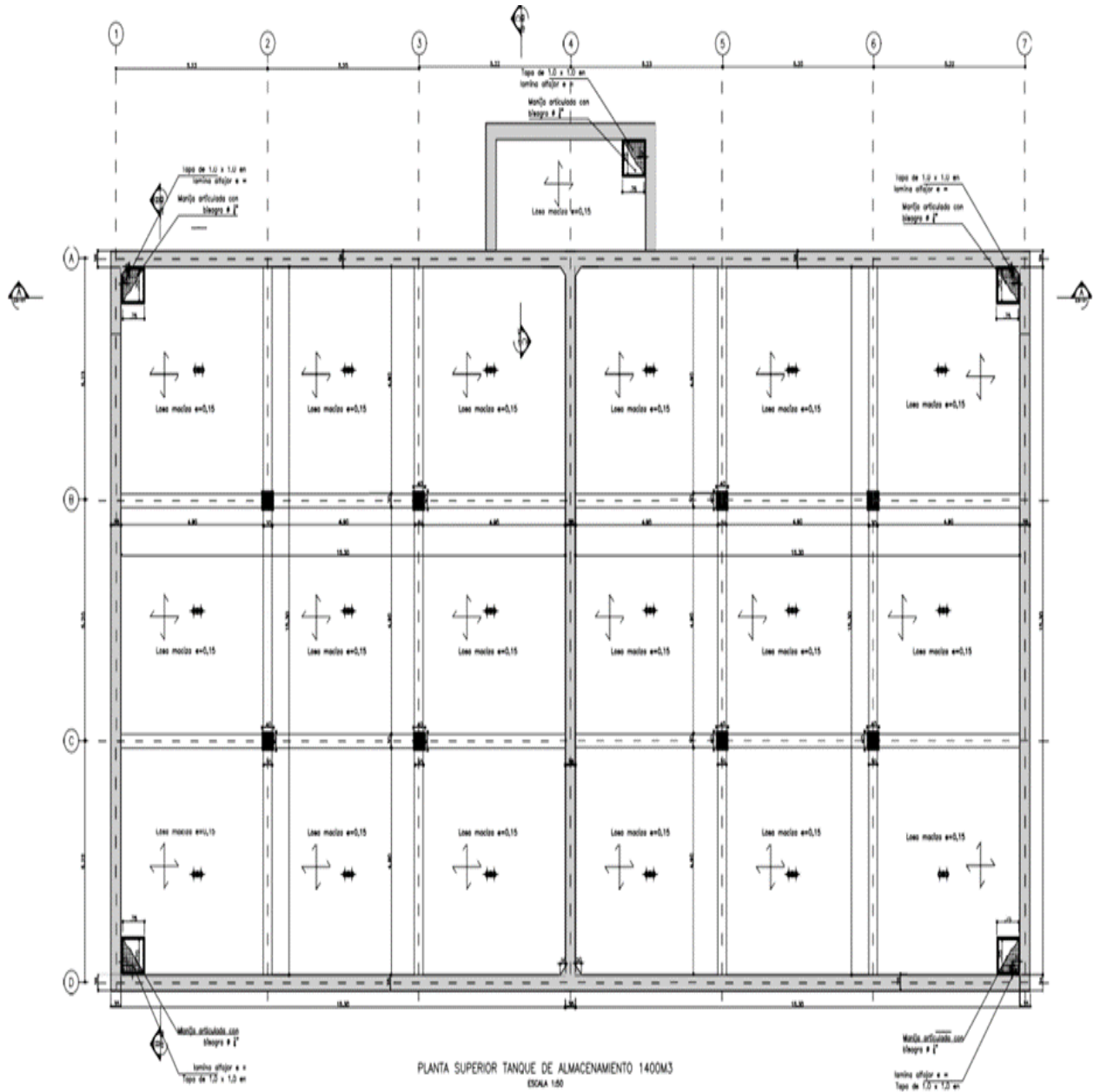
ANEXO IV PLANOS DEL PROYECTO

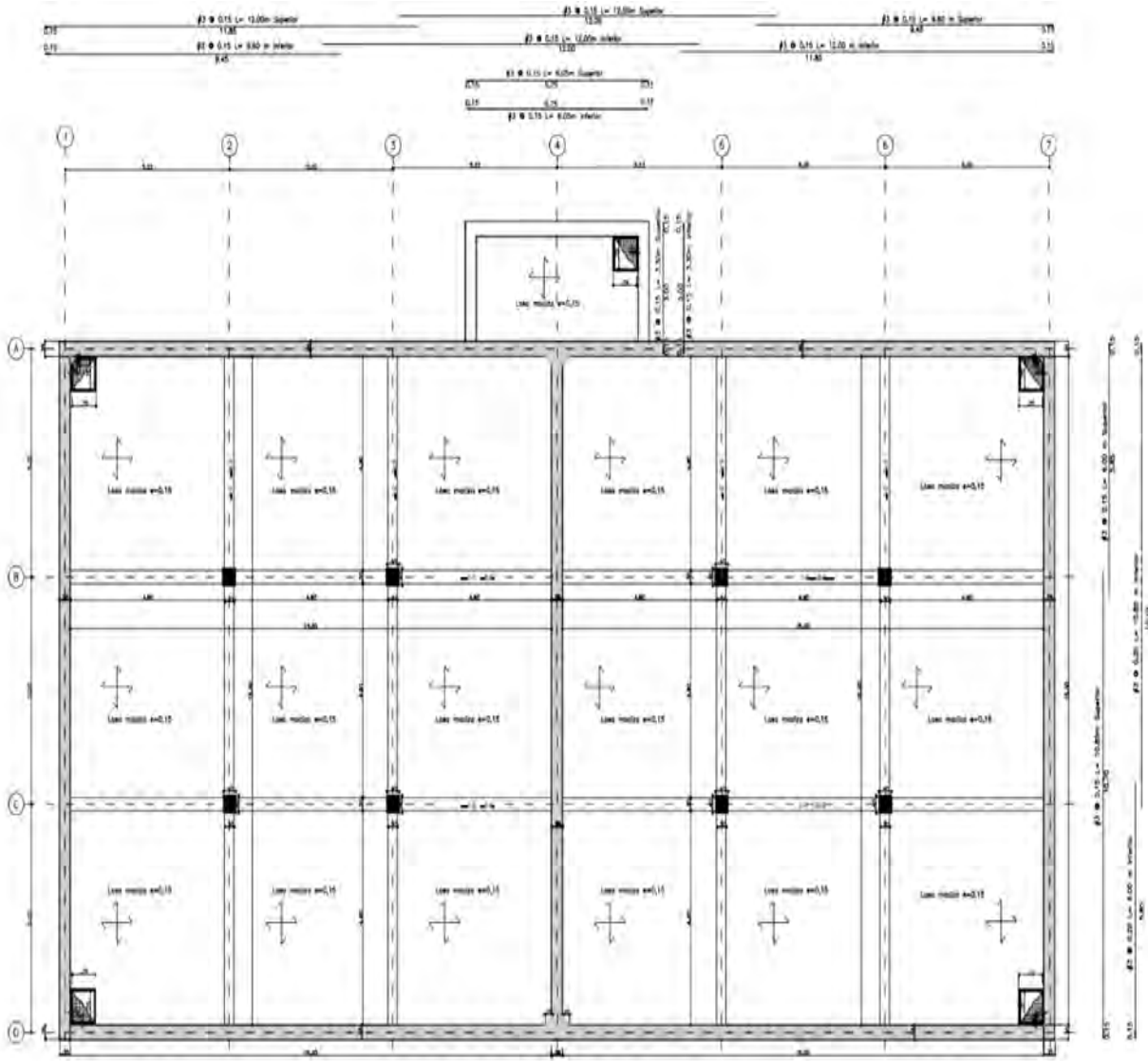


CO-SC-CER518726

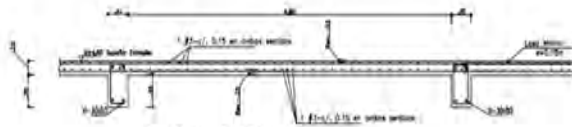
www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia







PLANTA REFUERZO LOSA TAPA TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1400M³ (ESCALA 1:25)



DETALLE TIPO REFUERZO LOSA TAPA TANQUE (ESCALA 1:25)





MATERIALES TANQUE

El tanque se fabrica en acero al carbono, tipo A36, con un espesor de 1/2" (12.7 mm) en las paredes y 3/4" (19.0 mm) en el fondo. El tipo de acero debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

Se debe utilizar un tipo de pintura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de pintura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

Se debe utilizar un tipo de soldadura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de soldadura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

Se debe utilizar un tipo de soldadura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de soldadura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

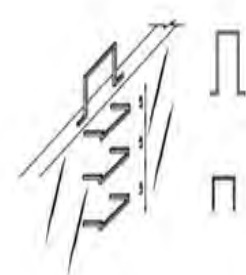
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El tanque se fabrica en acero al carbono, tipo A36, con un espesor de 1/2" (12.7 mm) en las paredes y 3/4" (19.0 mm) en el fondo. El tipo de acero debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

Se debe utilizar un tipo de pintura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de pintura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

Se debe utilizar un tipo de soldadura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de soldadura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.

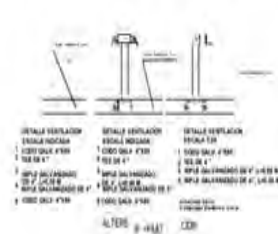
Se debe utilizar un tipo de soldadura que sea resistente a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ambiente en el que se va a utilizar el tanque. El tipo de soldadura debe ser el especificado en el código de construcción para el tipo de estructura.



ISOMETRIA DE ESCALERA TIPO TANQUE SEMENTERRADO



DETALLE DE REFUERZO ESQUINERO



DETALLE VENTILACION



DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION

Exposición de Datos Básicos

1.1	Nombre del Proyecto	...
1.2	Fecha de Emisión de los planos	...
1.3	Proyecto	...
1.4	Ubicación del Proyecto	...
1.5	Nombre del Cliente	...
1.6	Nombre del Diseñador	...
1.7	Nombre del Revisor	...
1.8	Nombre del Supervisor	...
1.9	Nombre del Ejecutor	...
1.10	Nombre del Cliente	...

Particulars Generales

2.1	Capacidad Admisora (Litros/24 hrs)	...
2.2	Velocidad de Rotación (RPM)	...
2.3	Condiciones de Operación (Temperatura, Humedad)	...
2.4	Condiciones de Instalación	...



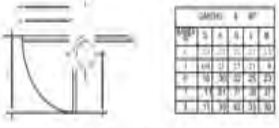
DETALLE REFUERZO ESQUINERO DE CORTANTES ESQUINEROS VERTICALES Y HORIZONTALES



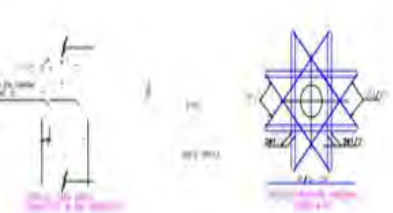
DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION

Tabla de Datos Básicos

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	Acero A36	100	kg	100
2	Acero A36	200	kg	200
3	Acero A36	300	kg	300
4	Acero A36	400	kg	400
5	Acero A36	500	kg	500
6	Acero A36	600	kg	600
7	Acero A36	700	kg	700
8	Acero A36	800	kg	800
9	Acero A36	900	kg	900
10	Acero A36	1000	kg	1000



DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CER518726

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

14 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2012: sección II título B. Sistemas de Acueducto, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá. Agosto 2011.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P, Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM, Medellín. Colombia 2009.
- Universidad Politécnica De Valencia, EPANET® 2.0 versión español, Valencia, (Comunidad Valenciana), España, 2012
- BALAIRON PÉREZ, Luis. Gestión de recursos hídricos. Recuperado el 02 de junio de 2009.
- BALLESTEROS CHAPARRO, V. Diseño de pozos profundos, Recuperado el 01 de junio de 2009.
- COLOMBIA, Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo. Territorial, OPS, Servicio Nacional de aprendizaje SENA.
- CEPIS/OPS. Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales. Recuperado el 28 de abril de 2009.
- Jorge Arturo Pérez Parra: Facultad de Minas UNAL – Medellín (2002): Acueductos y Alcantarillados
- Ricardo Alfredo López Cualla: Elementos de Diseño para acueductos y alcantarillados
- Hernán Materón: Obras Hidráulicas Rurales
- Corcho Romero Fredy Hernán y Duque S. José Ignacio (1993): Acueductos, Teoría y Diseño. Universidad de Medellín. Centro de Investigaciones.
- Rivas, M.G. Abastecimiento de Agua y Alcantarillados. Ediciones Vega. Caracas 1978.
- Silva Garavito Luis Felipe. (1985) Diseño de Acueductos y Alcantarillados.
- Sotelo Ávila Gilberto. (1982) Hidráulica General. Volumen I, Editorial Limusa, 1982.
- Saldarriaga Juan Guillermo. (2001) Hidráulica de Tuberías. Universidad de los Andes.



- MINPROTECCION SOCIAL. Decreto 1575 y Resolución 2115 de 2007. Calidad de agua para consumo humano
- VIVCIMINISTERIO DE AGUA: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y saneamiento Básico, RAS – 2017 y Guías No. 01, 02, 03, 06, al 11.

