

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0295>

MODELACIÓN Y REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES GUESBOL, CHADE, ANONAS Y NARANJADA, CANTÓN JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABÍ

MODELING AND HYDRAULIC REDESIGN OF THE DRINKING WATER SYSTEM IN THE GUESBOL, CHADE, ANONAS, AND NARANJADA SECTORS, JIPIJAPA CANTON, MANABÍ PROVINCE

Ceballos-Cantos Luis Vicente ¹; Plua-Ponce Angelica Marena ²;
Loor-Sierra Digna Elizabeth ³; Murillo-Baque Dante Stalin ⁴

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: luis.ceballos@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-4530-4649>

² Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: angelica.plua@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3101-7285>

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: digna.loor@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4322-9852>

⁴ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: dante.murillo@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-8315-4122>

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Manta, en las inmediaciones de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), y tuvo como propósito el diseño y ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Chade, Guesbol, Anonas y Naranjada, del cantón Jipijapa. Dichos sectores presentan limitaciones en la cobertura y calidad del servicio, situación que afecta directamente a su bienestar y desarrollo. La propuesta constituye una alternativa técnica integral orientada a garantizar el acceso al recurso hídrico y a optimizar la infraestructura existente, bajo criterios de eficiencia y sostenibilidad. La metodología aplicada incluyó levantamientos topográficos para identificar las condiciones del terreno, así como mediciones de presión en los puntos más altos y bajos de la red, con el fin de diagnosticar el comportamiento hidráulico del sistema actual. Adicionalmente, se efectuaron encuestas comunitarias para determinar la población servida, sus características socioeconómicas y las proyecciones de crecimiento demográfico, insumos fundamentales para el dimensionamiento del sistema. Con esta información se realizó un prediseño en Excel, seguido de la modelación y rediseño del sistema en WaterCAD, software especializado que permitió simular escenarios, validar presiones y caudales, y garantizar la confiabilidad del suministro. Paralelamente, se efectuó un análisis químico-bacteriológico del agua para comprobar su aptitud para el consumo humano. Los resultados evidencian que el rediseño planteado permitirá ampliar la cobertura, mejorar la calidad del servicio y asegurar una distribución equitativa y eficiente del recurso hídrico en las comunidades beneficiarias.

Palabras clave: Agua potable, Rediseño hidráulico, Modelación hidráulica, WaterCAD, Abastecimiento de agua, Cantón Jipijapa.

Abstract

This project was carried out in the city of Manta, in the vicinity of the Laica Eloy Alfaro University of Manabí (ULEAM), and its purpose was to design and expand the drinking water system for the communities of Chade, Guesbol, Anonas, and Naranjada, in the canton of Jipijapa. These areas have limitations in terms of service coverage and quality, a situation that directly affects their well-being and development. The proposal constitutes a comprehensive technical alternative aimed at guaranteeing access to water resources and optimizing the existing infrastructure, based on

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 09 de junio de 2025.

Fecha de aceptación: 30 de agosto de 2025.

Fecha de publicación: 29 de septiembre de 2025.



criteria of efficiency and sustainability. The methodology applied included topographic surveys to identify the conditions of the terrain, as well as pressure measurements at the highest and lowest points of the network, in order to diagnose the hydraulic behavior of the current system. In addition, community surveys were conducted to determine the population served, its socioeconomic characteristics, and population growth projections, which are essential inputs for sizing the system. With this information, a preliminary design was created in Excel, followed by modeling and redesign of the system in WaterCAD, specialized software that allowed for the simulation of scenarios, validation of pressures and flows, and assurance of supply reliability. At the same time, a chemical-bacteriological analysis of the water was carried out to verify its suitability for human consumption. The results show that the proposed redesign will expand coverage, improve service quality, and ensure equitable and efficient distribution of water resources in the beneficiary communities.

Keywords: Drinking water, Hydraulic redesign, Hydraulic modeling, WaterCAD, Water supply, Jipijapa Canton.

1. Introducción

La distribución de agua potable constituye un eje fundamental para el desarrollo de las regiones y el bienestar de las poblaciones. Un sistema correctamente diseñado e implementado genera impactos positivos en la salud pública, en la productividad y en la calidad de vida de los habitantes que acceden a este servicio básico. Para ello, resulta indispensable que la captación, conducción y distribución del recurso hídrico se realicen bajo criterios técnicos adecuados y en cumplimiento con las normativas vigentes que garantizan la potabilidad del agua, reduciendo así los riesgos de enfermedades de origen hídrico (González, 2013).

En este contexto, las comunidades rurales de Chade, Guesbol, Anonas y Naranjada, pertenecientes al cantón Jipijapa de la provincia de Manabí, enfrentan un déficit histórico en el acceso a agua potable. Chade, ubicada a escasos minutos de la cabecera cantonal, se caracteriza por su producción agrícola, principalmente maíz criollo, base de la gastronomía tradicional manabita. No obstante, al igual que los otros sectores mencionados, la comunidad presenta dificultades en el abastecimiento de agua, situación que limita tanto las actividades domésticas como el desarrollo económico local.

De acuerdo con información de la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Jipijapa, en la zona se registra una pérdida de agua no

contabilizada cercana al 20% en la conducción Cazalagarto – Planta San Manuel, infraestructura que abastece a la ciudad de Jipijapa (Ceballos, 2021). Este déficit, sumado al crecimiento poblacional y a la cercanía de la red de conducción a los sectores rurales, evidencia la necesidad de una intervención técnica orientada al rediseño y ampliación del sistema de agua potable.

En este sentido, el presente estudio plantea una propuesta integral de modelación y rediseño hidráulico que permita optimizar la red existente, mejorar la eficiencia en la distribución y garantizar el acceso al recurso hídrico de manera equitativa y sostenible para las comunidades beneficiarias.

2. Materiales y métodos

La metodología utilizada fue de tipo descriptiva-exploratoria con enfoque cuantitativo y técnico-aplicado. Se combinaron levantamientos topográficos, mediciones hidráulicas, encuestas socioeconómicas y análisis de calidad del agua, junto con la modelación hidráulica en WaterCAD,

para diagnosticar y rediseñar el sistema de agua potable de manera integral.

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo en las comunidades rurales de Chade, Guesbol, Anonas y Naranjada, pertenecientes al cantón Jipijapa, provincia de Manabí. Para el análisis y rediseño del sistema de agua potable se emplearon tanto recursos materiales como técnicas metodológicas que permitieron obtener información técnica, social y ambiental relevante.

Materiales utilizados

Instrumentos topográficos: nivel de ingeniero, estación total y GPS, empleados para el levantamiento de la topografía del terreno y la determinación de cotas en los puntos más representativos de la red.

Equipos de medición hidráulica: manómetros y caudalímetros, utilizados para registrar las presiones y caudales en distintos puntos de la red existente.

Software especializado: Microsoft Excel, para el prediseño de caudales y demandas, y WaterCAD, para la

modelación hidráulica y simulación del comportamiento del sistema.

Equipos de laboratorio: para el análisis químico-bacteriológico del agua, con el fin de verificar su calidad en relación con las normativas nacionales de consumo humano. Para la verificación de la calidad del agua se aplicaron los límites permisibles establecidos en las normas CPE INEN 5 (1992), incluyendo parámetros físico-químicos como sólidos totales (máximo 1500 mg/l), metales pesados (hierro, manganeso, cobre, zinc), compuestos tóxicos (arsénico, cadmio, plomo) y parámetros bacteriológicos. La clasificación bacteriológica establece que aguas con menos de 50 NMP/100ml de coliformes requieren solo desinfección, mientras que

concentraciones superiores exigen tratamientos convencionales o especializados según la normativa vigente.

Encuestas comunitarias: cuestionarios aplicados a los habitantes de los sectores intervenidos, orientados a obtener información sobre población, consumo promedio, características socioeconómicas y percepción del servicio.

Métodos aplicados

Levantamiento topográfico: permitió conocer la configuración del terreno y ubicar con precisión la infraestructura hidráulica existente. Los puntos de control topográfico y sus coordenadas georreferenciadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Topografía del proyecto

Abcisa	Referencia	punto	Cota	E	N
0+000	Planta Nueva	P1	490	550186	9851964
		P2	474	550721	9852085
		P3	463	550749	9852212
		P4	432	550910	9852315
0+720	Tanque rompepresion	P5	420	550989	9852607
		P6	382	551127	9852607
		P7	368	551252	9852789
		P8	365	551362	9852908
1+570	Valvula	P9	363	551490	9852952
2+000		P10	358	551927	9853050
2+220		P11	345	552105	9853140
2+280		P12	344	552097	9853098
2+500		P13	350	551907	9852980

2+780		P14	351	551700	9852824
3+000		P15	338	552519	9853364
3+200		P16	333	552265	9853545
		P17	331	552392	9853681
3+510		P18	329	552455	9853742
3+600		P19	325	552534	9853813
3+800		P20	324	552690	9853957
3+990	Valvula de sección	P21	318	552819	9854053
4+210		P22	315	553043	9853986
4+620		P23	310	553402	9853994
4+840		P24	307	553575	9854111
5+090		P25	306	553815	9854189
5+420		P26	301	554135	9854183
5+720		P27	295	554417	9854123
6+040		P28	288	554731	9854124
6+500		P29	282	550007	9854408
6+850		P30	276	555288	9854555
7+050		P31	266	555690	9855376
7+450		P32	260	555655	9854979
7+900		P33	255	555690	9855376
8+200		P34	251	555908	9855538
8+450		P35	242	556089	9855677
		P36	236	556353	9855779
		P37	230	556382	9855937
9+380		P38	225	556906	9856021
		P39	215	557519	9856232
10+450		P40	207	557791	9856521
10+980	ANONAS IGLESIA	P41	205	558173	9856879
CAMBIO DESDE CRUCE DESDE PUNTO FINAL CAMINO DE TIERRA ENTRADA CHADE HASTA ULTIMO PUNTO DE CHADE					
0+240		P42	324	552572	9854137
0+520		P43	327	552303	9854141
0+860		P44	335	551977	9854051
1+070		P45	337	551775	9854061
1+470		P46	346	551384	9854098
1+880		P47	357	550994	9854072
2+310		P48	366	550595	9854130
2+640		P49	375	550266	9854153

Medición de presiones y caudales: se realizaron pruebas en los puntos altos y bajos de la red para evaluar pérdidas y deficiencias.

Análisis poblacional y socioeconómico: con base en encuestas y proyecciones de crecimiento, se determinó la

demanda actual y futura de agua potable.

Modelación hidráulica: mediante WaterCAD se simulaban escenarios de rediseño, verificando presiones, caudales y eficiencia del sistema.

Análisis de calidad del agua: pruebas químicas y bacteriológicas garantizaron que el recurso cumpla con los estándares para consumo humano.

Fundamentos teóricos

El diseño del sistema consideró las vidas útiles normativas establecidas en CPE INEN 5 (1992): obras de captación entre 25-50 años, sistemas de conducción de 20-30 años, plantas de almacenamiento de 20-30 años, y tanques de almacenamiento de 30-40 años,

garantizando la sostenibilidad a largo plazo de la infraestructura propuesta.

Según las proyecciones del INEC basadas en los censos de 2010 y 2022, el cantón Jipijapa experimentó un crecimiento poblacional del 0.84% anual, pasando de 49,426 habitantes en 2010 a 54,639 en 2022. Esta tasa fue adoptada para las proyecciones del presente estudio. La dotación de agua se estipuló en base a la población actual del proyecto y considerando el tipo de clima que presenta el cantón, en este caso cálido. Para poblaciones menores a 5000 habitantes en clima cálido se estableció una dotación de 170 litros por habitante por día, conforme se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Dotación de agua

Población Futura (Habitantes)	Clima	Dotación media futura (L/hab. Día)
Hasta 5000	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 -50000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frio	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

La dotación de agua establecida para el proyecto es de 170 litros por

habitante por día, según la proyección poblacional del cantón Jipijapa zona urbana perteneciente a

poblaciones menores a 5000 habitantes.

La estimación de la población futura se realizó utilizando métodos estadísticos, los cuales permitieron proyectar la población actual a un horizonte de 30 años. Los métodos de proyección aplicados fueron los siguientes:

El método aritmético, donde la fórmula básica está compuesta por: $P_f = P_i(1 + r \cdot t)$, donde P_f es la población futura, P_i es la población inicial, r es la tasa de crecimiento y t es el tiempo.

El método geométrico utiliza la ecuación $P_f = P_i(1 + r)^t$, donde este método asume que la población crece a una tasa constante, multiplicándose por un factor calculado a partir de las poblaciones de dos censos consecutivos.

El método exponencial emplea la ecuación $P_f = P_i e^{(r \cdot t)}$, utilizada para modelar fenómenos de crecimiento o decrecimiento exponencial.

Análisis de Población Futura

El análisis de población futura se realizó mediante datos del INEC,

adoptando el porcentaje de crecimiento de la ciudad de Jipijapa del 0.84% anual. Se utilizaron tanto el método lineal como el método exponencial, expresados en las siguientes fórmulas:

Modelo lineal: $Q_{i+n} = Q_i[1 + n \cdot a/100]$

Modelo exponencial: $Q_{i+n} = Q_i[1 + a/100]^n$

Fórmulas de pérdidas de carga

En un flujo permanente y uniforme de un fluido incompresible, la pérdida de carga unitaria j expresada en metros de columna de agua por metro de tubería está influenciada por parámetros geométricos, cinemáticos y por las propiedades físicas del fluido. La ecuación fundamental de Darcy-Weisbach se expresa como:

$$h_f = f \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g)$$

Donde: h_f es la pérdida de carga del tramo (m), f es el factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional), D es el diámetro de la tubería (m), L es la longitud de la tubería (m), v es la velocidad del flujo (m/s), y g es la aceleración de la gravedad (m/s²).

La ecuación de Colebrook-White combina las expresiones para conductos lisos y rugosos, constituyendo una herramienta práctica para determinar el factor de fricción bajo cualquier condición de turbulencia.

Las pérdidas de energía localizadas se producen en puntos específicos donde se generan turbulencias, asociadas a variaciones en la sección de la tubería o accesorios como válvulas y codos, expresadas como: $h_l = k \cdot (v^2/2g)$.

En el análisis de la red de distribución, esta se concibe topológicamente como un conjunto de nodos y líneas. Los nodos

representan puntos de aportación o consumo de caudal, enlazados mediante líneas que identifican tramos de tubería y elementos singulares. La ecuación de continuidad relaciona estas variables: $Q = A \cdot v$, donde Q es el caudal, A es el área de la sección transversal y v es la velocidad del flujo.

3. Resultados y discusión

Se realizó el análisis químico-bacteriológico del agua para verificar su aptitud para consumo humano, cuyos resultados se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Análisis del agua potable

AGUAS		RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA (CONTROL DE LA CALIDAD)		Código: CA-RG-11 Vigente desde: 31/07/2020 Versión: 01	
CLIENTE: Sr. Luis Ceballos Cantos					
DIRECCIÓN: San Miguel de Chade, Cantón Jipijapa					
FECHA DE RECEPCIÓN: febrero 24, 2022			FECHA DE REPORTE FINAL: marzo 02, 2022		
CÓDIGO DE MUESTRA: 445			TIPO DE MUESTRA: Agua Potable		
*Nota: La fecha de reporte final dependerá del tipo de análisis solicitado					
Norma de Referencia:		NTE INEN-1108, AGUA POTABLE CONSUMO HUMANO, REQUISITOS			
RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	METODO	OBSERVACIONES
Color	Unitad	No Objetable	No Objetable	Sensométrico	-
Sabor	Unitad	No Objetable	No Objetable	Sensométrico	-
pH		7.48	6.5 a 8.5	APIA 4500 B	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	288	N/A	APIA 2510 B	-
Conductividad Eléctrica	µS/cm	0.14	N/A	APIA 2510 B	-
Suspenso	mg/L	4	15	APIA 2130 C	-
Color Real	PCU	0.38	5	APIA 2130 C	-
Unidad	mg/L	80	N/A	APIA 2540 C	-
Dureza Total	mg/L	14.18	N/A	APIA 4500 B	-
Cloruro	mg/L	22.8	N/A	APIA 2550 B	-
Temperatura	mg/L	22.8	50	APIA 4500 B	-
Sulfato	mg/L	1.1	50.0	APIA 4500 B	-
Manganeso	mg/L	0.006	N/A	APIA 3500 B	-
Nitrato	mg/L	0.013	0.3	APIA 4500 B	-
Cobre	mg/L	24.8	N/A	APIA 2550 C-B	-
Magnesio	mg/L	7.6	N/A	APIA 2540 B	-
Acidez Total	mg/L	104	N/A	APIA 2530 B	-
Cloro libre residual	mg/L	0	0.3 - 1.5	APIA 4500 C-G	-
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	METODO	OBSERVACIONES
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1.0	1000 NMP/100 ml	APIA 9223 B	-
Nota: Los resultados reportados corresponden únicamente a la muestra recibida en el laboratorio, la identificación de la muestra es responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio. *Nota: Los campos no utilizados serán completados con guillemes (—) y en el caso que no aplique, se notificará (N/A)					
Observaciones Generales:					
ELABORADO POR: Nombre: <i>Shirley Velez</i> Cargo: Profesional 1 de Control de Calidad APROBADO POR: Nombre: Dr. John Farián Urbán Cargo: Jefe del Departamento de Gestión de la Calidad y Laboratorio					

Caracterización poblacional

El censo poblacional realizado en las cuatro comunidades determinó las siguientes poblaciones actuales: Chade con 595 habitantes distribuidos en 119 viviendas, Anonas y Naranjada con 175 habitantes cada una (35 viviendas cada sector), y Guesbol con 50 habitantes en 10 viviendas, manteniendo un promedio de 5 personas por casa en todos los sectores.

Aplicando el método de proyección exponencial con la tasa de crecimiento del 0.84% del cantón Jipijapa, se determinó la población futura al año 2040: Chade alcanzará 602 habitantes, Anonas y Naranjada tendrán 185 habitantes cada una, y Guesbol llegará a 53 habitantes, para un total proyectado de 1,025 habitantes en las cuatro comunidades.

Se escogió el método exponencial debido a que la cantidad poblacional corresponde a este método y proporciona un factor alto de seguridad acorde a lo indicado en la literatura especializada.

Cálculos hidráulicos

Con base en la población proyectada y la dotación establecida de 170 l/hab/día para clima cálido y poblaciones menores a 5,000 habitantes, se calcularon los caudales de diseño. El consumo medio anual resultó en 2.02 l/s, aplicando el factor de variación diaria de 1.3 se obtuvo un caudal máximo diario de 2.62 l/s, y con el factor horario de 2.3 se determinó un caudal máximo horario de 4.64 l/s. Adicionalmente, se incorporó el 10% normativo para emergencias contra incendios, estableciendo un caudal de diseño final de 2.88 l/s.

El dimensionamiento hidráulico determinó el uso de tuberías comerciales de 75 mm de diámetro, con velocidades de operación de 0.65 m/s y un volumen de almacenamiento requerido de 52.27 m³, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Determinación de Diámetros y Velocidad de funcionamiento

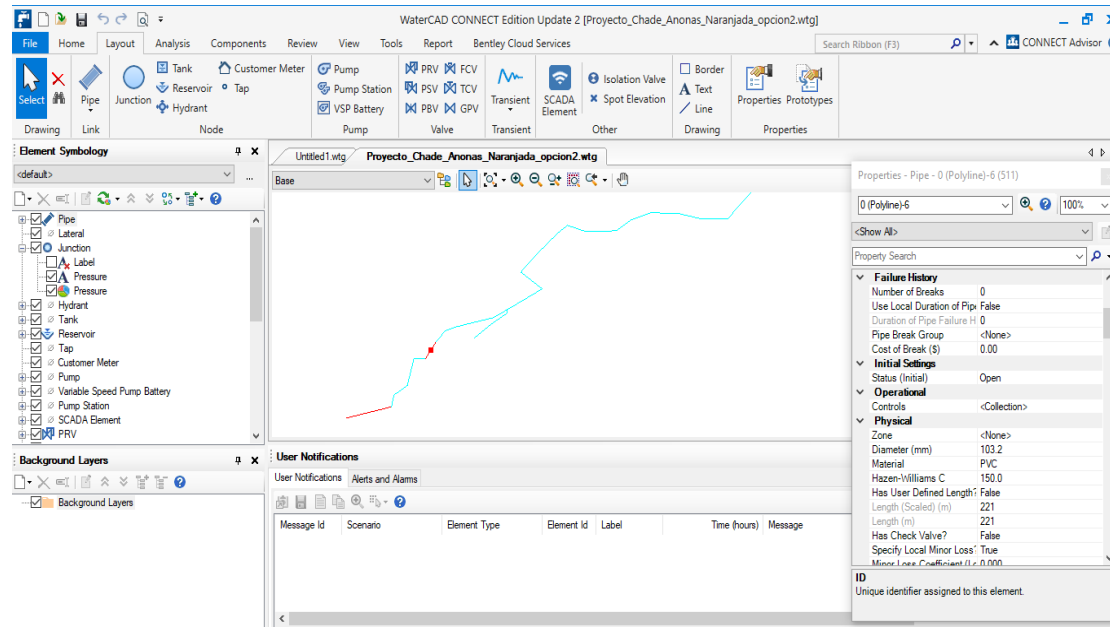
V	1.5	M/S
A	0.00192267	M2
D	0.04947741	M

D (COMERCIAL)	75	MM
A (COMERCIAL)	0.00441786	M2
V	0.6528038	M/S
Volumen de almacenamiento		
V	52.275	m3

La modelación del sistema se realizó mediante el software WaterCAD, permitiendo simular diferentes escenarios operativos y validar el

comportamiento hidráulico de la red propuesta. Los resultados del cálculo hidráulico se presentan en la Figura 2.

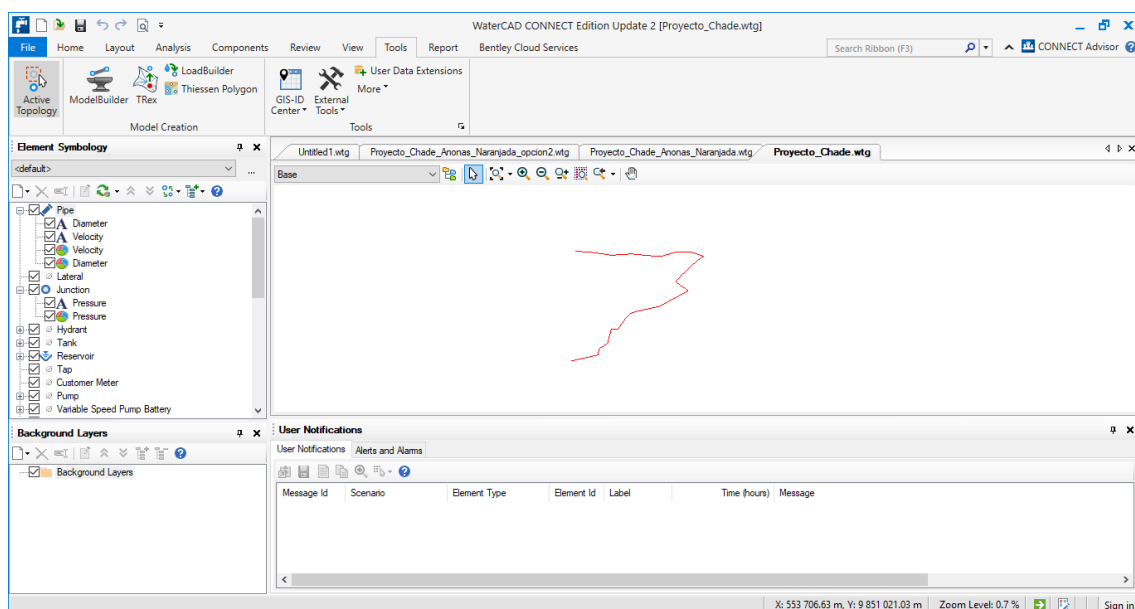
Figura 2. Cálculo hidráulico mediante watercad



La modelación hidráulica del sector Chade con la tubería existente se muestra en la Figura 3, donde se

evidencian las condiciones actuales del sistema.

Figura 3. Modelación Hidráulica Sector Chade tubería existente



Los resultados de presiones obtenidos en la red calculada se presentan en la Tabla 4, donde se observa que las presiones varían entre 5 y 107 mca, cumpliendo con los requerimientos normativos.

Tabla 4. Red Calculada Resultados Velocidad

Label	Diameter (mm)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Material	Velocity (m/s)
0 (Polyline)-1	84.4	False	0	PVC	1.12
0 (Polyline)-10	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-11	85.6	False	0	PVC	0.59
0 (Polyline)-12	85.6	False	0	PVC	0.59
0 (Polyline)-13	85.6	False	0	PVC	0.59
0 (Polyline)-14	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-15	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-16	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-17	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-18	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-19	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-2	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-20	85.6	False	0	PVC	0.5
0 (Polyline)-21	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-22	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-23	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-24	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-25	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-26	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-27	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-28	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-29	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-3	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-30	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-31	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-32	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-33	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-34	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-35	83	False	0	PVC	0.53
0 (Polyline)-4	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-5	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-6	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-7	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-8	103.2	False	0	PVC	0.75
0 (Polyline)-9	103.2	False	0	PVC	0.75
P-2	83	False	0	PVC	0.53

P-3	83	False	0	PVC	0.53
P-6	83	False	0	PVC	0.53
P-7	83	False	0	PVC	0.53

Los resultados de velocidades en las tuberías del sistema rediseñado se muestran en la Tabla 5, donde se

verifica que las velocidades se mantienen dentro de los rangos aceptables de 0.5 a 1.12 m/s.

Tabla 5. Valores máximos de velocidad y presión

Requerimiento	Mínimo	Intermedio	Máximo
Velocidad (m/s)	0,5	1,5	2
Presión (mca)	10	20	70

Para realizar una simulación hidráulica confiable, se definieron los requerimientos del sistema mostrados en la Tabla 25, estableciendo presiones mínimas de 10 mca y máximas de 70 mca, con velocidades entre 0.5 y 2.0 m/s.

En la modelación se identificaron los puntos críticos del sistema, destacando en color rojo el nodo 234, correspondiente al punto con la presión más baja. Esta identificación permite evaluar la capacidad del sistema para enfrentar situaciones de alta demanda.

La red de distribución del caso de estudio opera principalmente por gravedad, aprovechando las diferencias de cota para garantizar el desplazamiento del agua hacia los

distintos sectores. La topología permite segmentar el suministro mediante un esquema de operación alternada: un sector recibe abastecimiento durante 12 horas, mientras que el otro sector se alimenta en el siguiente período de 12 horas.

A partir de los resultados obtenidos en las modelaciones hidráulicas, se determina que es factible realizar la ampliación de la tubería en los sectores Guesbol, Naranjada y Anonas, partiendo desde el punto donde finaliza la línea de conducción y comienza el ramal hacia Chade. La tubería propuesta para la ampliación tendrá un diámetro de 90 mm y su extensión cubrirá todo el tramo considerado.

Además, se incorpora un tanque rompedor de presión ubicado en las coordenadas 554731 N, 9854124 E, con cota de 288 m, con el objetivo de reducir las presiones en la red de distribución y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente. En términos operativos, esta configuración permitirá implementar un esquema de distribución alternada: un día se abastecerá al sector Chade y al siguiente, a los sectores Guesbol, Naranjada y Anonas, optimizando así la presión y el caudal disponibles en toda la red.

Los resultados de la modelación hidráulica muestran que el sistema propuesto cumple con los requerimientos normativos de presión, manteniéndose entre los límites establecidos de 10 a 70 mca. Las velocidades calculadas se encuentran dentro del rango aceptable de 0.5 a 2.0 m/s, evitando problemas de sedimentación por velocidades muy bajas o daños por erosión debido a velocidades excesivas.

La implementación del sistema de operación alternada representa una solución práctica y económica para optimizar el recurso hídrico

disponible, considerando las limitaciones de caudal en la fuente de abastecimiento. Esta estrategia operativa ha demostrado ser efectiva en sistemas similares, permitiendo mantener presiones adecuadas y garantizar la cobertura del servicio a todas las comunidades beneficiarias.

El volumen de almacenamiento calculado de 52.27 m³ proporciona la autonomía necesaria para el funcionamiento del sistema durante períodos de interrupción del suministro, cumpliendo con las recomendaciones normativas para sistemas rurales de abastecimiento de agua potable.

4. Conclusiones

El análisis realizado para el sistema de bombeo Cazalagarto – San Manuel demuestra que el estudio realizado en las comunidades rurales de Chade, Guesbol, Anonas y Naranjada, cantón Jipijapa, permitió identificar con precisión la situación actual y proyectada de la demanda de agua potable, así como definir soluciones técnicas viables y sostenibles.

El censo poblacional determinó un total de 1,025 habitantes

proyectados al año 2040, adoptándose el método exponencial de proyección por ofrecer mayor seguridad en el dimensionamiento futuro del sistema. A partir de estos datos se calcularon los caudales de diseño, obteniéndose un consumo medio de 2,016 l/s, un caudal máximo diario de 2,622 l/s y un caudal máximo horario de 4,639 l/s; al incorporar el 10% adicional normado para emergencias contra incendios, se definió un caudal de diseño de 2,884 l/s.

Con estos valores, el dimensionamiento hidráulico estableció el uso de tuberías comerciales de 75 mm, con velocidades de operación dentro de los rangos normativos y adecuadas condiciones de presión, mientras que el volumen de almacenamiento se fijó en 52,27 m³, garantizando autonomía en el suministro.

La modelación en WaterCAD permitió validar estos resultados y evidenció la necesidad de ampliar el ramal principal con tuberías de 90 mm para abastecer a Guesbol, Naranjada y Anonas, así como implementar un tanque rompe presión en la cota 288, con el fin de

estabilizar presiones y cumplir con los requisitos normativos.

Finalmente, se determinó que la alternativa operativa más adecuada es la distribución alternada del servicio, abasteciendo un día a Chade y al siguiente a las otras comunidades, optimizando así el recurso disponible y garantizando una gestión más eficiente y equitativa del agua potable.

El diseño propuesto cumple con todas las normativas técnicas vigentes, garantiza la sostenibilidad del sistema a largo plazo y representa una solución integral para mejorar significativamente las condiciones de abastecimiento de agua potable en estas comunidades rurales, contribuyendo directamente al desarrollo socioeconómico y al bienestar de sus habitantes.

Bibliografía

- ABC, D. (01 de 03 de 2013). Definicion ABC. Obtenido de Definicion ABC: <https://www.definicionabc.com/general/caudal.php>
- AGUA, S. D. (1992). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES PARA

- POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. QUITO. general. La Habana: Editorial Universitaria, La Habana.
- AMIBLU. (2021). AMIBLU. Obtenido de AMIBLU. INEC. (2010). <http://www.inec.gob.ec>. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>
- Ceballos, I. P. (10 de 12 de 2021). Analisis conducción Cazalagarto. (L. Ceballos, Entrevistador) INEC. (05 de 10 de 2012). La Nueva Cara SocioDemografica del Ecuador. Analitka Ecuador, 52. Obtenido de Nuevas Cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Economia/Nuevacarademograficadeecuador.pdf>
- CPE INEN 5. (1992). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. Quito, Ecuador: CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO. Recuperado el 15 de Enero de 2018 JURADO, B. P. (2016). DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA AUGUSTO VALENCIA, CANTON VINCEZ, PROVINCIA DE LOS RIOS. En B. P. JURADO. QUITO.
- EATHISA. (2018). EATHISA. Obtenido de EATHISA. Lidefer. (2021). Lidefer. Obtenido de lidefer: <https://www.lifeder.com/teorema-bernoulli/>
- Ecuador en Cifras. (2001). Obtenido de Ecuador en Cifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censosales/Fasc_Cantonales/Manabi/Fasciculo_Jipijapa.pdf MAQUIDRAZ. (2019). MAQUIDRAZ. Obtenido de MAQUIDRAZ.
- Fluidos, I. d. (2016). Ingeniería de Fluidos. Obtenido de Ingenieria de Fluidos. Monterrey, T. (2014). Tubos Monterrey. Obtenido de Tubos Monterrey.
- Galan, A. (2018). Alvaro Galan. Obtenido de Alvaro Galan. Morales, M. C. (2012). Evaluacion de proyectos socioeconomicos Yucatan. yucatan, Mexico.
- Hechavarría, J. (2009). Mecánica de los fluidos e hidráulica

- Moscoso, A. M. (2019). regulación del Abastecimiento del agua en Ecuador. Researchgate, 26.
- NORMALIZACIÒN, I. E. (1992). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÒN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 10000 HABITANTES. En I. E. NORMALIZACIÒN, NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÒN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 10000 HABITANTES (pág. 291). QUITO.
- Organización de Estados Americanos. (1989). Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí. Portoviejo.
- Plastigama. (2018). Plastigama. Obtenido de Plastigama.
- Senagua. (2013). Biofin. Obtenido de Biofin:
https://www.biofin.org/sites/default/files/content/knowledge_products/MANUAL%20DE%20OPERATIVIZACI%C3%93N%20DEL%20MARCO%20LEGAL%20VIGENTE%20DE%20LA%20TARIFA%20DE%20AGUA%20CRUDA.pdf
- Termotran. (2021). Termotran. Obtenido de Termotran.
- Trinfunovic, N. (2006). Urban Water Distribution. Londres: Taylor and Francis e-library.
- UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI. (2010). Proyecto de Cooperación Internacional: LA UNIVERSIDAD COMO SUJETO DINAMIZADOR DEL DESARROLLO. Puerto Lopez.