



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**ANÁLISIS FÍSICO, HIDRÁULICO Y ENERGÉTICO DE LA RED
EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA
UNIVERSITARIA “REINALDO ESPINOSA” DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

AUTOR:

Jhon Paúl Ulloa Zhanay

DIRECTOR:

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2022

CERTIFICACIÓN.

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo Mg.Sc

DIRECTOR DE TESIS.

CERTIFICO

Haber dirigido, en todas sus partes el desarrollo de tesis titulado “**ANÁLISIS FÍSICO, HIDRÁULICO Y ENERGÉTICO DE LA RED EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA “REINALDO ESPINOSA” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**” de autoría del postulante **Jhon Paul Ulloa Zhanay**, el informe del trabajo ejecutado tanto en su forma como en su contenido está conformado con los requisitos exigidos por los reglamentos de la Universidad Nacional de Loja, con los procedimientos técnicos de la elaboración del tema propuesto y con las normas de investigación científica. Por lo tanto, luego de haber revisado en forma prolija autorizo, su presentación, sustentación y ante el correspondiente tribunal de grado.

Loja, marzo de 2021



Firmado electrónicamente por:
**MARCO VINICIO
ROJAS MONCAYO**

Ing. Marco Rojas Moncayo Mg.sc

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA.

Yo, **Jhon Paul Ulloa Zhanay** egresado de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, declaro por medio de la presente que el proyecto con el tema: **“ANÁLISIS FÍSICO, HIDRÁULICO Y ENERGÉTICO DE LA RED EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA “REINALDO ESPINOSA” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**, como requerimiento previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico es de mi completa autoría a excepción de la citas, cuadros y gráficos de origen bibliográficos.

Adicionalmente, declaro y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio institucional - biblioteca virtual.

Autor: Jhon Paul Ulloa Zhanay

Firma: _____



Cédula de Identidad: 1104697865

Fecha: Loja 25 de enero de 2022

AUTORIZACIÓN.

CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA DE REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **Jhon Paul Ulloa Zhanay**, declaro se autor de la tesis titulada “**ANÁLISIS FÍSICO, HIDRÁULICO Y ENERGÉTICO DE LA RED EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA “REINALDO ESPINOSA” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**”, como requisito para optar el Grado de **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza del plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticinco días del mes de enero del dos mil veinte y dos.

Firma:



Autor: Jhon Paul Ulloa Zhanay.

Cédula: 1104697865

Correo electrónico: jpulloaz@unl.edu.ec

Teléfono: 0986662863

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo Mg.sc

Tribunal de grado:

- Ing. Milton Amable León Tapia, Mg.Sc
- Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta, Mg.Sc
- Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Mg

DEDICATORIA.

A Dios, por darme la fortaleza de seguir adelante en el camino de la vida y la oportunidad de tener a mis padres brindándome su apoyo incondicional, así como también las facilidades para desarrollarme en mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO.

A la Universidad Nacional de Loja a su Departamento de Desarrollo Físico por otorgarme los permisos necesarios para la toma y levantamiento de datos en la presente tesis, y a sus encargados por dar a conocer la información necesaria y requerida en el transcurso de la investigación. A mi tutor de tesis por guiarme con su conocimiento en la correcta ejecución de la presente, finalmente a mi familia por apoyarme siempre.

Jhon Ulloa.

CONTENIDO.

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XVII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XVIII
SIMBOLOGÍA.....	XX
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....	6
4.1.1. DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD.....	6
4.1.2. DISTRIBUCIÓN POR MEDIO DE BOMBAS.....	6
4.1.3. EMPLEO DE BOMBAS SIN ALMACENAMIENTO.....	7
4.1.4 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	7
4.1.4.1 RED DE TRANSPORTE.....	7
4.1.4.2 RED ARTERIAL.....	7
4.1.4.3 RED SECUNDARIA.....	8
4.1.4.3 ACOMETIDAS.....	8

4.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	8
4.2.1 FUGAS EN REDES DE AGUA POTABLE.....	9
4.2.2 PÉRDIDAS FÍSICAS.....	9
4.2.3 REDISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	10
4.2.4 ESTUDIO POBLACIONAL.....	10
4.2.4.1 ÍNDICE O TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	10
4.2.4.2 POBLACIÓN FLOTANTE.....	10
4.2.4.3 ESTIMACIÓN POBLACIONAL.....	10
4.2.4.4 MÉTODO GEOMÉTRICO.....	11
4.2.4.5 MÉTODO EXPONENCIAL.....	11
4.2.4.6 DENSIDAD POBLACIONAL.....	12
4.2.5 ESTUDIO DEL CAUDAL.....	12
4.2.5.1 CAUDAL MEDIO DIARIO.....	12
4.2.5.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO.....	12
4.2.5.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO.....	13
4.2.6 VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO.....	13
4.2.6.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN.....	13
4.2.6.2 VOLUMEN CONTRA INCENDIOS.....	14
4.2.6.3 VOLUMEN DE EMERGENCIA.....	14
4.2.6.4 VOLUMEN TOTAL.....	15
4.2.7 EFICIENCIA DE LA RED.....	15
4.2.7.1 EFICIENCIA FÍSICA.....	15
4.2.7.2 EFICIENCIA HIDRÁULICA.....	16
4.2.7.2.1 DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA HIDRÁULICA.....	16
4.2.7.2.2 CONSUMO UNITARIO DE LOS USUARIOS (L/HAB/DÍA).....	16

4.2.7.2.3	DOTACIÓN.....	16
4.2.7.2.4	CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE AGUA (HORAS/DÍA).....	16
4.2.7.2.5	PRESIÓN MEDIA DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN (KG/CM ²).....	16
4.2.8	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	17
4.2.8.1	DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	17
4.2.8.2	ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	18
4.2.8.3	ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA Y ECUACIÓN DE DARCY.....	19
4.2.8.4	NÚMERO DE REYNOLDS.....	20
4.2.8.5	PÉRDIDA DE ENERGÍA EN FLUJO LAMINAR.....	21
4.2.8.6	PÉRDIDA DE ENERGÍA EN FLUJO TURBULENTO.....	21
4.3	BOMBAS.....	22
4.3.1	CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA.....	22
4.3.2	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	23
4.3.3	CURVA ALTURA MANOMÉTRICA-CAUDAL. CURVA H-Q.....	23
4.3.4	LEYES DE AFINIDAD PARA BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	23
4.3.4.1	CUANDO LA VELOCIDAD VARÍA.....	24
4.3.4.2	CUANDO EL DIÁMETRO DEL IMPULSOR VARÍA.....	24
4.3.3	POTENCIA DE ACCIONAMIENTO.....	24
4.3.3.1	PUNTO DE OPERACIÓN DE UNA BOMBA.....	25
4.3.3.2	CURVA DE RESISTENCIA DEL SISTEMA.....	25
4.3.3.3	CURVA DE LA BOMBA.....	25
4.3.3.4	SELECCIÓN DE BOMBA.....	26
4.4	NORMATIVA DE ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE EN ECUADOR.....	26
4.4.1	NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11.....	26
4.4.2	NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA.....	26

4.4.2.1	SUMINISTRO DE AGUA EN EDIFICACIONES.....	26
4.4.2.2	COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD.....	27
4.4.2.3	CAUDAL MÁXIMO PROBABLE (NEC-11).....	27
4.4.2.4	LÍNEA HIDRÁULICA.....	27
4.5	SIMULACIONES EN SOFTWARE EPANET.....	27
4.5.1	SOFTWARE EPANET.....	27
4.5.1.1	CAPACIDADES PARA LA CONFECCIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS.....	28
4.5.1.2	ANÁLISIS EN PERIODO PERMANENTE.....	28
4.5.1.3	ANÁLISIS EN PERIODO EXTENDIDO.....	29
4.5.1.4	CURVAS DE MODULACIÓN.....	29
4.5.1.5	COMPONENTES FÍSICOS.....	31
4.5.1.6	VISOR DE DATOS.....	31
4.5.1.7	EDITOR DE PROPIEDADES.....	32
4.5.1.8	LEYENDAS DEL ESQUEMA.....	32
4.5.1.9	EDITOR DE LEYENDAS.....	33
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
5.1	MATERIALES.....	34
5.2	MÉTODOS.....	34
6.	RESULTADOS.....	37
6.1	DETERMINAR LA EFICIENCIA FÍSICA DE LA RED EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA “REINALDO ESPINOSA” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.....	37
6.1.1	INFORMACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.....	37
6.1.1.1	UBICACIÓN.....	37
6.1.1.2	TOPOGRAFÍA.....	38
6.1.1.3	DATOS DE POBLACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.....	39

6.1.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE.....	40
6.1.2.1 SUMINISTRO Y COBERTURA DE AGUA POTABLE.....	41
6.1.2.2 CAPTACIÓN DE QUEBRADA QUILLOLLACU.....	41
6.1.2.3 ABASTECIMIENTO DESDE LA PLANTA DE CARIGÁN (PMAP).....	42
6.1.2.4 TANQUE DE RESERVA (200 m³).....	43
6.1.2.5 VÁLVULA DE CONTROL RED PÚBLICA.....	44
6.1.2.6 MACROMEDIDOR (PMAP - LOJA).....	44
6.1.2.7 CAJA DE VÁLVULAS.....	45
6.1.2.8 SISTEMA DE CLORACIÓN.....	45
6.2.2.9 SISTEMA DE BOMBEO.....	46
6.1.2.10 TANQUE DE RESERVA (50 m³).....	46
6.1.3 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	47
6.1.3.1 RED DE TRANSPORTE.....	47
6.1.3.2 RED ARTERIAL.....	48
6.1.3.3 RED SECUNDARIA.....	48
6.1.4 MEDIDORES TEMPORALES EXTERNOS A LA REDAP-UNL.....	48
6.1.4.1 MEDIDOR EX -CATER (A14N904821)	49
6.1.4.2 MEDIDOR DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL (A14N911294).....	50
6.1.4.3 MEDIDOR CARRERA DE MÚSICA (0030000025).....	51
6.1.4.4 MEDIDOR EDIFICIO MODALIDAD ESTUDIOS A DISTANCIA(MED-0012009027)..	51
6.1.4.5 MEDIDOR ADMINISTRACIÓN FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (0012009269).....	52
6.1.5 EFICIENCIA FÍSICA DE LA REDAP DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA.....	53

6.1.5.1	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DEL CAUDAL GENERAL.....	53
6.1.5.2	TOMA DE DATOS DE CAUDAL GENERAL EN LA UNL.....	54
6.1.5.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DATA DE CAUDAL.....	54
6.1.5.4	EFICIENCIA FÍSICA DE LA REDAP-UNL.....	61
6.2	REALIZAR EL DISEÑO ÓPTIMO DE LA RED DE AGUA POTABLE, ATENDIENDO A CRITERIOS DE EFICIENCIA HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA.....	61
6.2.1	INFORMACIÓN BASE PARA REDISEÑAR EL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	61
6.2.1.1	PERÍODO DE REDISEÑO.....	62
6.2.1.2	PARÁMETROS DE PRESIÓN Y VELOCIDAD DE ACUERDO CON NORMATIVA NACIONAL.....	62
6.2.2	ESTUDIO POBLACIONAL.....	62
6.2.2.1	ÍNDICE O TASA DE CRECIMIENTO.....	62
6.2.2.2	POBLACIÓN FLOTANTE.....	62
6.2.2.3	POBLACIÓN ACTUAL.....	63
6.2.2.4	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA.....	63
6.2.2.4	IDENTIFICACIÓN DE ÁREA DE SERVICIO.....	65
6.2.2.5	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	66
6.2.3	VOLUMEN DE RESERVA TOTAL.....	67
6.2.3.1	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.....	67
6.2.3.2	VOLUMEN DE REGULACIÓN DE RESERVA.....	69
6.2.3.3	VOLUMEN DE RESERVA TOTAL.....	70
6.2.4	ESTIMACIÓN DE CAUDALES EN EDIFICIOS SEGÚN NÚMERO DE APARATOS SANITARIOS.....	71
6.2.5	EVALUACIÓN EFICIENCIA HIDRÁULICA MEDIANTE EPANET.....	79

6.2.5.1	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN HIDRÁULICA.....	102
6.2.5.2	PRESIÓN DINÁMICA DE ACOMETIDA EN LOS EDIFICIOS DE UNL.....	103
6.2.6	EVALUACIÓN ENERGÉTICA.....	109
6.2.6.1	PENDIENTE HIDRÁULICA O PÉRDIDA UNITARIA EN TUBERIAS DE LA RED... 	110
6.2.6.2	PERFILES LONGITUDINALES DE COTA, PRESIÓN Y ALTURA.....	119
6.2.6.2.1	PERFIL LONGITUDINAL DE COTA (CARGA DE ELEVACIÓN).....	119
6.2.6.2.2	PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIÓN DINÁMICA (CARGA DE PRESIÓN).....	121
6.2.6.2.3	PERFIL LONGITUDINAL DE ALTURA.....	123
6.3	ELABORAR UNA PROPUESTA QUE PERMITA UTILIZAR LA RED EXTERNA DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA COMO ESCENARIO PARA PRÁCTICAS DE MÉCANICA DE FLUIDOS.....	124
7.	DISCUSIÓN	125
8.	CONCLUSIONES.....	128
9.	RECOMENDACIONES.....	130
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	131
11.	ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de fugas en sistemas de abastecimiento de agua potable	9
Tabla 2. Índice de crecimiento poblacional.....	10
Tabla 3. Rango de valores simulados en Epanet según color.....	33
Tabla 4. Población actual estudiantil.....	39
Tabla 5. Población administrativa actual	40
Tabla 6. Población total	40
Tabla 7. Consumo y costo de agua potable en medidor A14N904821.....	49
Tabla 8. Consumo y costo de agua potable en medidor A14N911294.....	50
Tabla 9. Consumo y costo de agua potable en medidor 0030000025.....	51
Tabla 10. Consumo y costo de agua potable en medidor 0012009027.....	52
Tabla 11. Consumo de agua potable en medidor 0012009269.....	52
Tabla 12. Datos registrados en tanque de reserva mediante caudalímetro	54
Tabla 13. Cantidad de estudiantes por facultad actual	63
Tabla 14. Población de administrativos, docentes y trabajadores actual	63
Tabla 15. Proyección de población futura mediante método geométrico	64
Tabla 16. Proyección de población futura mediante método exponencial.....	65
Tabla 17. Área de zonas de servicio de agua potable UNL.....	65
Tabla 18. Dotaciones recomendadas por la norma nec-11.....	66
Tabla 19. Resultados de proyección de demanda calculados.....	66
Tabla 20. Demanda actual y futura según número de habitantes.....	67
Tabla 21. Volúmenes de almacenamiento proyectados y calculados según la norma..	68
Tabla 22. Volumen de regulación para el tanque de reserva calculado.....	69
Tabla 23. Caudal máximo probable-QMP, en edificios de la UNL, de acuerdo a metodología NEC-11.....	71

Tabla 24. Tabla modelo para cálculo del caudal máximo probable.....	79
Tabla 25. Datos ingresados para condición actual de la red.....	80
Tabla 26. Datos obtenidos en Epanet de la condición actual de la red	84
Tabla 27. Datos de empresa consultora GICA ingresados en Epanet.....	88
Tabla 28. Resultados de nodos presentados por empresa consultora GICA	90
Tabla 29. Resultados de líneas presentados por empresa consultora GICA	92
Tabla 30. Datos ingresados en Epanet de longitud y diámetro de tuberías de la REDAP- UNL- Propuesta.....	96
Tabla 31. Presiones dinámicas de acometida en edificios de UNL- Propuesta.....	105
Tabla 32. Datos obtenidos de la red de agua potable-Propuesta.....	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	11
Ecuación 2	11
Ecuación 3	12
Ecuación 4	12
Ecuación 5	12
Ecuación 6	13
Ecuación 7	15
Ecuación 8	18
Ecuación 9	19
Ecuación 10	20
Ecuación 11	21
Ecuación 12	22
Ecuación 13	24
Ecuación 14	24
Ecuación 15	24
Ecuación 16	24
Ecuación 17	24
Ecuación 18	24
Ecuación 19	25
Ecuación 20	27
Ecuación 21	27
Ecuación 22	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de un sistema típico de suministro y consumo energético en sistemas de agua potable y saneamiento.....	18
Ilustración 2. Diagrama para explicación de ecuación de Bernoulli.....	19
Ilustración 3. Representación de la curva característica de un sistema de bombeo.....	25
Ilustración 4. Opciones de tiempo de Epanet.....	29
Ilustración 5. Curva de modulación	30
Ilustración 6. Componentes físicos de un sistema de distribución de agua.....	31
Ilustración 7. Visor de datos de Epanet.....	32
Ilustración 8. Editor de propiedades de Epanet.....	32
Ilustración 9. Área de intervención de proyecto.....	37
Ilustración 10. Campus universitario Guillermo Falconí Espinosa.....	38
Ilustración 11. Área de cobertura de la red de agua potable.....	39
Ilustración 12. Captación de quebrada Quillollacu.....	42
Ilustración 13. Tanque de reserva y abastecimiento de UNL (200 m ³).....	44
Ilustración 14. Antiguo medidor colocado por (PMAP) no funcional.....	45
Ilustración 15. Tanque con filtro para el proceso de cloración.....	46
Ilustración 16. Medidor Edificio Ex-Cater.....	49
Ilustración 17. Medidor ultrasónico o caudalímetro	54
Ilustración 18. Curva de demanda de usuario de la UNL en días diferentes.....	59
Ilustración 19. Curva de demanda tipo	59
Ilustración 20. Explicación de la curva de demanda tipo	60
Ilustración 21. Curva tipo de acuerdo con el patrón de consumo.....	60
Ilustración 22. Análisis estadístico de presión actual de acometidas.....	86
Ilustración 23. Análisis estadístico de velocidad actual en tuberías	87

Ilustración 24. Análisis estadístico de pérdidas unitarias actuales en tuberías	88
Ilustración 25. Presiones de acometida según GICA	91
Ilustración 26. Velocidad de tuberías según GICA	94
Ilustración 27. Pérdidas unitarias en tuberías según GICA	94
Ilustración 28. Análisis de presiones estadísticamente según rediseño	107
Ilustración 29. Comparación de presiones de acometida - rediseño	108
Ilustración 30. Rango de velocidad según rediseño	108
Ilustración 31. Distribución de velocidad en la REDAP-UNL	109
Ilustración 32. Comparación de velocidad de acometida - rediseño.....	109
Ilustración 33. Pérdida unitaria en red de rediseño	110
Ilustración 34. Distribución de pérdidas unitarias en la red	111
Ilustración 35. Comparación de pérdidas unitarias en tuberías	118
Ilustración 36. Perfil longitudinal de cota	120
Ilustración 37. Perfil longitudinal de presión	122
Ilustración 38. Perfil longitudinal de altura total	123

SIMBOLOGÍA.

r = Índice o tasa de crecimiento poblacional (%)

Pf = Población futura o proyectada (Hab)

Pa = Población actual(hab.)

n = Período de proyección (años)

DP = Densidad poblacional, en Hab/Ha

Qmd = Caudal medio diario, en l/s.

DF = Dotación futura, en l/Hab/día

Qmax_dia= Caudal máximo diario, en l/s.

K₁ = Coeficiente de variación del consumo máximo diario

Qmáx_h = Caudal máximo horario.

η física = Eficiencia física de la red

h_f = Pérdida de energía debido a la fricción en las tuberías

h_L = Pérdida de energía, compuesta por las pérdidas por fricción y pérdidas menores.

L = Longitud del tramo de tubería [m].

D = Diámetro del conducto [m]

V = Velocidad promedio del flujo[m/s]

g = Gravedad [m/s²]

f = Factor de fricción [adimensional]

Q = Caudal que circula por la tubería [m³/s]

γ = Peso específico del fluido que circula por la tubería [m³/s]

h = Altura dinámica de la bomba [m]

η = Rendimiento de la bomba

na = Número total de aparatos servidos

ks = Coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.0

F = Factor que se toma de acuerdo con el tipo de edificios

QMP = Caudal máximo probable

1. TÍTULO.

**ANÁLISIS FÍSICO, HIDRÁULICO Y ENERGÉTICO DE LA RED EXTERNA
DE AGUA POTABLE DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA “REINALDO
ESPINOSA” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

2.RESUMEN

La presente tesis de investigación está orientada a “Determinar los parámetros de operación de la red externa del agua potable de la ciudadela universitaria Reinaldo Espinosa, que permitan optimizar su eficiencia hidráulica y energética”. Como línea de base se parte de los planos AutoCAD de la red externa de agua potable-REDAP, proporcionado por la Unidad de Desarrollo Físico de la UNL, mismos que fueron agrupados y ajustados por parte del tesista para su simulación mediante EPANET. Además, de acuerdo a lo que estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2011), las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes y al Reglamento local de construcciones del cantón Loja, se realizó un estudio de campo del consumo de agua en la red principal de la REDAP de la Universidad Nacional de Loja, así como el levantamiento de los aparatos sanitarios de las edificaciones, considerando información procedente de la Unidad de Desarrollo Físico de la UNL. Finalmente, los resultados de la tesis se sistematizan para elaborar dos guías de prácticas de campo, mismas que utilizan a la REDAP como escenario. Se concluye que la actual red de agua potable de la UNL es ineficiente porque genera pérdidas superiores al 30%, por ello se realizó un estudio al diseño de la red externa de agua potable REDAP de la UNL, disponible en la Unidad de Desarrollo Físico, la misma que cumple con criterios técnicos y presta todas las condiciones para realizar prácticas de campo por los estudiantes de la carrera de electromecánica.

PALABRAS CLAVE:

Red agua potable, Eficiencia física, Eficiencia hidráulica, Eficiencia energética, Prácticas REDAP-UNL

SUMMARY.

This research thesis is aimed at “Determining the operating parameters of the external drinking water network of the Reinaldo Espinosa university citadel, which allow optimizing its hydraulic and energy efficiency”. The baseline is based on the AutoCAD plans of the external drinking water network-REDAP, provided by the Physical Development Unit of the UNL, which were grouped and adjusted by the thesis student for simulation using EPANET. In addition, according to what is stipulated by the Ecuadorian Construction Norm (NEC-2011), the Norms for study and design of drinking water systems and wastewater disposal for populations greater than 1000 inhabitants and the local Construction Regulations of the canton Loja, a field study of water consumption in the main network of the REDAP of the National University of Loja was carried out, as well as the lifting of the sanitary devices of the buildings, considering information from the Physical Development Unit of the UNL . Finally, the results of the thesis are systematized to develop two field practice guides, which use REDAP as a setting. It is concluded that the current UNL drinking water network is inefficient because it generates losses of more than 30%, for this reason a study was carried out on the design of the UNL's REDAP external drinking water network, available at the Physical Development Unit, The same one that meets technical criteria and provides all the conditions to carry out field practices by students of the electromechanical career.

3.INTRODUCCIÓN

Las redes de distribución de agua potable son sistemas de gran importancia para cualquier sector o población determinada. Las condiciones de caudal y presión en las que se encuentren son primordiales para garantizar la calidad y cantidad de agua.

De acuerdo con (Agua C. N., Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, 2012), la eficiencia de un sistema de abastecimiento de agua potable a ciudades se asocia con el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, con un servicio de calidad total.

La Universidad Nacional de Loja actualmente controla el suministro del sistema de agua potable a través de la unidad de mantenimiento de la institución; sin embargo, en ocasiones se presenta falta del líquido vital en diversas dependencias; además, son frecuentes los daños en tuberías, mismos que son atendidos por el personal de mantenimiento de la UNL. Por ello, surge la necesidad de investigar los inconvenientes en la red externa de agua potable.

El presente trabajo analiza la red externa de agua potable desde el punto de vista físico, hidráulico y energético con el fin de determinar las falencias. También, mediante simulación de datos en EPANET, se estudia el comportamiento de las principales variables hidráulicas de la REDAP, con el fin de proponer alternativas de rediseño que aporten a una mejor optimización y uso del agua potable. Mediante el estudio de la red externa de agua potable se busca generar un espacio de práctica de laboratorio en los estudiantes de Mecánica de Fluidos de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

La presente tesis tiene los siguientes objetivos tanto general y específicos:

Objetivo General:

Determinar los parámetros de operación de la red externa del agua potable de la ciudadela universitaria “Reinaldo Espinosa” que permitan optimizar su eficiencia física, hidráulica y energética.

Objetivos Específicos:

- Determinar la eficiencia física de la red externa de agua potable de la ciudadela universitaria “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja.
- Realizar el diseño óptimo de la red de agua potable, atendiendo a criterios de eficiencia hidráulica y energética.
- Elaborar una propuesta que permita utilizar la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja como escenario para prácticas de Mecánica de fluidos

4. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1. Sistemas de agua potable.

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial, entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. (Terán, 2004)

La distribución del agua a los consumidores se realiza por distintos métodos que dependen de las condiciones locales o de otras consideraciones. Estos métodos son:

4.1.1. Distribución por gravedad.

Este sistema es posible cuando la fuente de suministro está situada en algún punto elevado respecto a la ciudad, de manera que pueda mantenerse una presión suficiente en las tuberías principales, tanto para los servicios domésticos como para los de extinción de incendios. Es el método más aconsejable si la conducción que une la fuente con la ciudad es de tamaño adecuado y está bien protegida contra roturas accidentales.

4.1.2. Distribución por medio de bombas,

En general, cuando se emplea este método, el exceso de agua elevada durante los períodos de bajo consumo se almacena en depósitos. Durante los períodos de alto consumo el agua almacenada se utiliza para aumentar la suministrada por las bombas.

Este sistema permite obtener un rendimiento uniforme de las bombas y, por lo tanto, es económico, ya que se las puede hacer trabajar en condiciones óptimas. Por otra parte, como el agua almacenada proporciona una reserva que pueda utilizarse en los casos de averías en las bombas o tuberías, por lo que este método de operación proporciona una amplia seguridad.

4.1.3. Empleo de bombas sin almacenamiento.

En este caso, las bombas introducen el agua directamente en las tuberías sin otra salida que la del agua realmente consumida. Es el sistema menos deseable, ya que una avería en la fuente de energía ocasionará una interrupción completa en el suministro del agua.

4.1.4 Red de distribución de agua potable.

Una red de distribución (que en lo sucesivo se denominara red) es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios. La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada. (Agua C. N., Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de redes de distribución de agua potable, 2016).

De una manera meramente orientativa y dependiendo de su rango, podemos clasificar a las distintas conducciones que forman parte de la Red de Distribución de la forma siguiente:

4.1.4.1 Red de Transporte. - Generalmente está constituida por las conducciones de mayor diámetro y es la que transporta el agua desde la planta de tratamiento, depósitos de regulación o estaciones de bombeo, alimentando a la red arterial. No se permite que, desde la misma, se realicen tomas directas a los usuarios.

4.1.4.2 Red Arterial. - Es la constituida por el conjunto de tuberías y elementos de la red de distribución que enlazan diferentes sectores de la zona abastecida. Al igual que en la Red de Transporte, tampoco se permite realizar acometidas desde la Red Arterial.

4.1.4.3 Red Secundaria. - Está formada por el conjunto de tuberías y elementos que se conectan a la Red Arterial y de las que se derivan, en su caso, las acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.

4.1.4.4 Acometidas. - Son las tuberías y otros elementos que unen la Red Secundaria con la instalación interior del inmueble que se pretende abastecer.

4.2 Componentes de un sistema de agua potable.

Tubería. - Se entenderá por tubería la sucesión de elementos convenientemente unidos, con la intercalación de todas aquellas unidades que permitan una económica y fácil explotación del sistema, formando un conducto cerrado convenientemente aislado del exterior que conserva las cualidades esenciales del agua para el suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

Tubo. - Elemento de sección transversal interior uniforme en forma de sección circular y que, en sentido longitudinal, generalmente es recto.

Unión. - Dispositivo que permite enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería.

Pieza especial. - Componente que, intercalado entre los tubos, permite realizar cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes etc.

Válvulas. – Son elementos que, instalados entre los tubos, permiten cortar o regular el caudal y la presión.

Elemento complementario de la tubería. - Es cualquier estructura, fundamentalmente arquetas, cámaras de válvulas, macizos de anclaje, etc., que intercalada en la tubería permite y facilita su explotación.

Accesorios. - Elementos distintos a los tubos, piezas especiales, válvulas, uniones o elementos complementarios de la red, pero que forman parte también de la tubería (tornillos, contra bridas, collarines de toma, etc.)

4.2.1 Fugas en redes de agua potable.

Una fuga es un escape físico de agua en cualquier punto del sistema de abastecimiento. Puede ocurrir en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias y dentro de las casas de los usuarios.

De acuerdo con la norma INEN, el Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el sector rural se tiene un factor de fugas del 20 %.

Tabla 1. Porcentaje de fugas en sistemas de abastecimiento de agua potable.

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas
Ia y Ib	10 %
IIa y IIb	20 %

Fuente: (INEN, 2010)

4.2.2 Pérdidas físicas.

El agua que se pierde por diversos motivos en las líneas de conducción, tanques, red de distribución y tomas domiciliarias se conoce con el nombre genérico de fugas; son las pérdidas físicas y se pueden determinar mediante aforos, inspecciones, distritos hidrométricos, etc. Estas pérdidas dependen de factores como: calidad y edad de las tuberías y accesorios, proceso constructivo, presión del agua, mantenimiento y operación del sistema, etc. (Terán, 2004)

Las pérdidas o fugas de una red de distribución es un parámetro importante debido principalmente a la falta de hermeticidad en los diferentes componentes de un sistema de distribución, así como también se debe tener en cuenta el cumplimiento de la vida útil de las tuberías de distribución como de la que alimenta a los usuarios.

4.2.3 Rediseño de sistema de agua potable.

4.2.4 Estudio poblacional.

4.2.4.1 Índice o tasa de crecimiento poblacional.

Es un indicador importante para conocer la evolución de la población, permite medir el aumento (crecimiento) o disminución (decrecimiento) de la población de un territorio para un periodo determinado, el cual indica los cambios que experimenta la población a causa de tres fenómenos demográficos fundamentales: migración, mortalidad y fecundidad.

Tabla 2. Índice de crecimiento poblacional.

Región geográfica	Índice de crecimiento r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: (INEC, 2010)

4.2.4.2 Población flotante.

Es el contingente demográfico compuesto por aquellas personas que, aun estando oficialmente inscritas en el caso de población de una comunidad, residen temporalmente en un ámbito geográfico comunitario.

4.2.4.3 Estimación poblacional.

Se refiere al volumen de personas que tiene o tuvo una población en un momento dado del tiempo, que no puede ser medido directamente, sino estimado de alguna información, por ejemplo, estimaciones a partir de informaciones censales. Una proyección puede definirse como el cálculo de los cambios futuros en el número de personas, sujeto a ciertas hipótesis acerca de las tendencias futuras en las tasas de fecundidad, mortalidad y migración simplemente en base a una hipótesis sobre tasas futuras de crecimiento poblacional.

4.2.4.4 Método Geométrico.

Supone que la tasa de incremento es proporcional a la población. Es decir que el crecimiento por unidad de tiempo es proporcional en cada lapso. Para el cálculo de la población futura se tiene la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Pf = Población futura o proyectada(Hab)

Pa = Población actual(hab.)

r = Tasa decrecimiento

n = Período de proyección (años)

4.2.4.5 Método exponencial.

Representa un crecimiento muy rápido y continuo de la población. Es un tipo de crecimiento muy razonable cuando se hace su aplicación a corto plazo ya que corre el riesgo de en el futuro lejano la población se dispare, lo que podría arrojar un resultado ilógico, fuera de lo normal. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Pf = Pa * e^{r*t} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Pf = Población futura.

Pa = Población actual.

e = Base de los logaritmos neperianos

r = Índice de crecimiento.

t = Período de diseño.

4.2.4.6 Densidad poblacional.

Es el número medio de habitantes de un territorio que viven o habitan sobre una superficie o territorio. Para determinar su valor se aplica la siguiente fórmula:

$$DP = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

DP = Densidad poblacional, en Hab/Ha

P = Población actual, en hab.

A = Área considerada, en ha.

4.2.5 Estudio del caudal.

4.2.5.1 Caudal medio diario.

Es el consumo que se espera realice la población de diseño durante un período de un día.

$$Q_{md} = \frac{DF * PF}{86400} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Qmd = Caudal medio diario, en [Lt/s].

DF = Dotación futura, en Lt/Hab/día. (**Según norma NEC-11 - tipo de edificación - Ver Anexo 5**)

PF = Población futura, en hab.

4.2.5.2 Caudal máximo diario.

Es el máximo consumo que se espera realice la población en un día y se calcula como un factor de ampliación k del Q_{md} , dicho factor lo establece la norma para estudios y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

$$Q_{máx_{dia}} = k_1 * Q_{md} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

k1: Coeficiente de variación del consumo máximo diario cuyo valor recomendado es entre 1,3 y 1,5 (Para nuestro caso tomamos el valor medio 1,4)

Q_{max_día} = Caudal máximo diario, [Lt/s].

Q_{md} = Caudal medio diario, en [Lt/s].

4.2.5.3 Caudal máximo horario.

Es el máximo gasto que será requerido en una determinada hora del día, se calcula como un valor ampliado del caudal medio diario (Q_{md}), que multiplica por un coeficiente de variación de consumo máximo horario que lo establece la norma para estudios y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

$$Q_{m\acute{a}x_{hor}} = k * Q_{md} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Q_{m\acute{a}x_{hor}} = 2,3 * Q_{md}$$

Donde:

K = Coeficiente de variación del consumo máximo horario, recomendado de 2 a 2,3. En nuestro caso escogemos el máximo.

Q_{máx_h}=Caudal máximo horario, en [Lt/s].

Q_{máx_día}=Caudal máximo diario, en [Lt/s].

4.2.6 Volúmenes de almacenamiento.

4.2.6.1 Volumen de regulación.

Es el volumen de agua que se suministra en las horas de demanda máxima cuyo fin es también hacerlo con presiones adecuadas en toda la red de distribución.

La norma NEC-11 señala que cuando existe datos sobre las variaciones horarias del consumo, se determinará el volumen necesario para la regulación en base al respectivo análisis. En caso contrario, se debe tomar los siguientes valores:

- a) Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.
- b) Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

4.2.6.2 Volumen contra incendios.

Es el volumen considerado dentro del almacenamiento de un sistema de agua potable para contrarrestar a una emergencia como incendio que se presente de forma imprevista. De acuerdo con la norma NEC-11 se utilizarán los siguientes valores:

- a) Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la Costa y 5 000 en la Sierra, no se considera almacenamiento para incendios.
- b) Para poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 50 \sqrt{p}$, en m^3
- c) Para poblaciones de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 100 \sqrt{p}$, en m^3 . En estas fórmulas:

p = Población en miles de habitantes.

V_i= Volumen para protección contra incendios, en m^3 .

4.2.6.3 Volumen de emergencia.

Este volumen señala la norma NEC-11 que: “Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia. Para comunidades con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias.

4.2.6.4 Volumen total.

De acuerdo con la Norma NEC-11 el volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento.

4.2.7 Eficiencia de la red.

4.2.7.1 Eficiencia física.

La eficiencia física ($\eta_{física}$) se refiere a la conservación del agua en el sistema de abastecimiento y se calcula en porcentaje, como mediante la ecuación 7:

$$\eta_{física} = \frac{Vol_{consumido}}{Vol_{suministrado}} * 100 \% \quad \text{Ecuación 7}$$

El volumen consumido ($Vol_{consumido}$) es la cantidad de agua medida o no (cuota fija), que reciben los usuarios en su toma. Estén o no registradas por el Organismo Operador.

El volumen suministrado ($Vol_{suministrado}$) es la cantidad de agua producida o extraída de las fuentes de abastecimiento.

El volumen consumido ($Vol_{consumido}$) corresponde al volumen facturado que se reporta comúnmente en los datos en el sistema comercial en los Organismos Operadores.

La eficiencia física que determina la **ecuación 7** refleja en buena medida la capacidad que tiene un sistema de abastecimiento para entregar el agua inyectada a la red hasta los usuarios y la magnitud del volumen de las fugas existentes. Sin embargo, el valor de la eficiencia física no manifiesta de manera exacta el nivel de deterioro de las tuberías, toma domiciliaria y otros elementos del sistema. (Agua C. N., Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, 2012)

4.2.7.2 Eficiencia hidráulica.

4.2.7.2.1 Diagnóstico de eficiencia hidráulica.

La eficiencia hidráulica se define como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. No hay un indicador específico para determinar el valor de la eficiencia hidráulica; sin embargo, la manera más práctica de valorarla es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios. Algunos de estos parámetros son:

4.2.7.2.2 Consumo unitario de los usuarios (Lt/Hab/día).

Esto nos indica la cantidad de agua que utiliza un habitante común en un día típico promedio en una población.

4.2.7.2.3 Dotación.

Es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas en la red en un día medio anual; sus unidades están dadas en Lt/Hab/día.

4.2.7.2.4 Continuidad del servicio de agua (horas/día).

Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (+_ %)

4.2.7.2.5 Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²).

Es la presión que se obtiene al simular en Epanet de acuerdo con los caudales mínimo probable lo cuales permiten determinar la presión de acometida en la entrada de cada edificio.

4.2.8 Eficiencia energética.

4.2.8.1 Diagnóstico de eficiencia energética.

El Diagnóstico de Eficiencia Energética (DEE) es la aplicación de un conjunto de técnicas para determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía en un sistema de agua potable, además de especificar cuanta de esa energía es desperdiciada. La parte concluyente del DEE es la identificación y cuantificación de medidas de bajo costo o con inversiones rentables para el ahorro de energía en las instalaciones de bombeo del sistema de agua potable, incluyendo todos los elementos consumidores de energía y sus respectivas pérdidas en la transformación energética. Los principales elementos para el suministro y transformación energética, necesarios para la producción, suministro y tratamiento de agua, se muestran esquemáticamente en la **Ilustración 1**, en la cual podemos ver la cadena de equipos desde el medidor de consumo del suministrador de energía, pasando por el transformador, el centro de control del motor y sus elementos correspondientes, el motor eléctrico, la bomba y la disposición final del agua potable y residual. (Agua C. N., Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, 2012)

La **Ilustración 1** muestra esquemáticamente la cadena de equipos desde el medidor de consumo de suministrador de energía, pasando por el transformador, el centro de control del motor y sus elementos correspondientes, el motor eléctrico, la bomba y la disposición final de agua potable y residual.

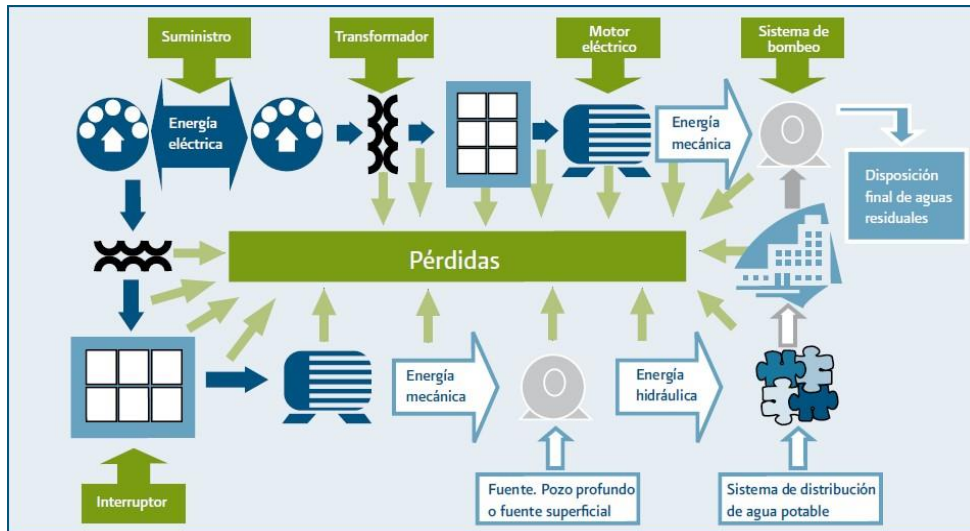


Ilustración 1. Esquema de un sistema típico de suministro y consumo energético en sistemas de agua potable y saneamiento

Fuente: CONAGUA, 1993, "Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS)

4.2.8.2 Ecuación de Bernoulli.

La ecuación de Bernoulli es esencialmente una manera matemática de expresar el principio de Bernoulli de forma más general, tomando en cuenta cambios en la energía potencial debida a la gravedad.

La **ecuación 8** de Bernoulli relaciona la presión, la velocidad y la altura de dos puntos cualesquiera (1 y 2) en un fluido con flujo laminar constante de densidad ρ . Usualmente escribimos la ecuación de Bernoulli de la siguiente manera:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad \text{Ecuación 8}$$

Las variables P_1 , v_1 y h_1 se refieren a la presión, la velocidad y la altura del fluido en el punto 1, respectivamente, mientras que las variables P_2 , v_2 y h_2 , se refieren a la presión, la velocidad y la altura del punto 2, como se muestra en la **Ilustración 2**. En este podemos ver una elección particular de los dos puntos (1 y 2) en el fluido, pero la ecuación de Bernoulli es válida para cualesquiera dos puntos en el fluido.

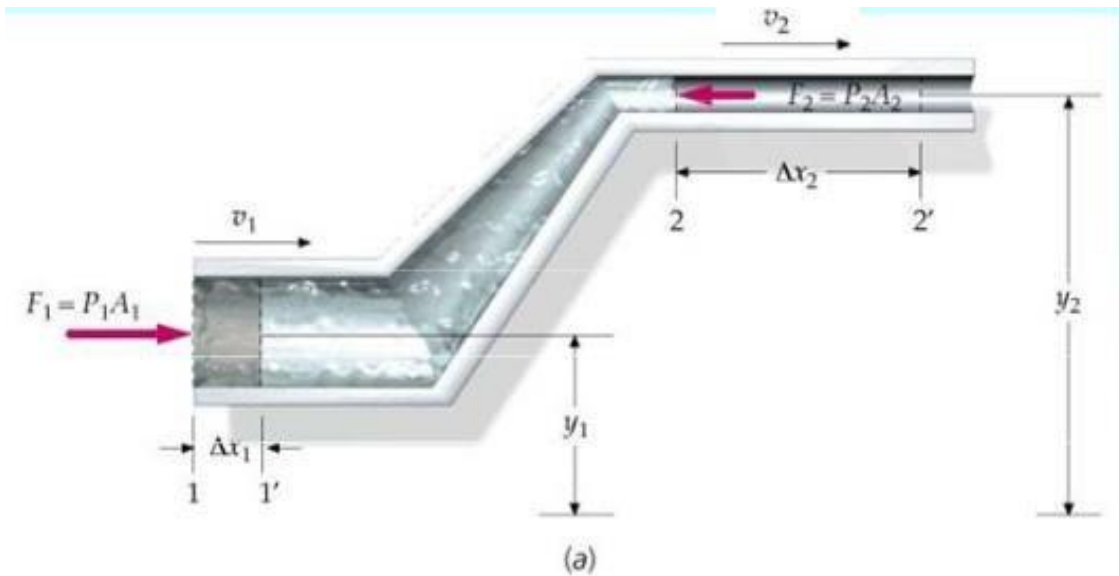


Ilustración 2. Diagrama para explicación de Ecuación de Bernoulli

Fuente: (Esteban, 2010)

4.2.8.3 Ecuación general de la energía y ecuación de Darcy.

Tomando en consideración dos puntos de una corriente de fluido se plantea la ecuación de energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + ha - hr - hl = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 9}$$

De donde:

V1 y V2 = Velocidades promedios en las secciones 1 y 2 respectivamente

α1 y α2 = Factores de corrección de energía cinética en tuberías circulares, con flujo laminar con perfil parabólico de velocidades $\alpha=2$ y en flujo turbulento el perfil es casi uniforme $\alpha \approx 1,05$.

ha = Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico, como puede ser una bomba.

hr = Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico, como podría ser una turbina.

hL = Pérdida de energía la cual se compone en general de las pérdidas por fricción y pérdidas menores:

$$\mathbf{hL = hf + hm}$$

hf: Pérdida de energía debido a la fricción en las tuberías

hm: Pérdida local de energía debido a la válvula y conectores.

Para determinar las pérdidas de energía debido a la fricción en tubería o conductos es útil la expresión:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 10}$$

De donde:

L: Longitud del tramo de tubería [m].

D: Diámetro del conducto [m]

V: Velocidad promedio del flujo [m/s]

g: Gravedad [m/s²]

f: Factor de fricción [adimensional]

4.2.8.4 Número de Reynolds.

Es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. Depende de la velocidad del fluido, del diámetro de tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica.

Si es una tubería circular se considera:

Re < 2300 El flujo sigue un comportamiento laminar.

2300 < Re < 4000 Zona de transición de laminar a turbulento.

Re > 4000 El fluido es turbulento.

4.2.8.5 Pérdida de energía en flujo laminar.

La pérdida de energía en este tipo de flujo se puede calcular a partir de la ecuación de Hagen – Poiseuille:

$$hf = \frac{32 \mu LV}{\gamma D^2}$$

La ecuación de Darcy - Weisbach es aplicable a flujo laminar por lo que al igualar estas dos ecuaciones se tiene:

$$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{32 \mu LV}{\gamma D^2}$$

Al despejar el factor de fricción f se tiene:

$$f = \frac{64 \mu g}{VD\gamma}$$

Finalmente definiendo la ecuación del número de Reynolds como: $Nr = \frac{\rho VD}{\mu}$

Reemplazando se tiene la expresión de Hagen-Poiseuille o de Darcy- Weisbach para encontrar las pérdidas de energía en flujo laminar:

$$f = \frac{64}{Nr} \quad \text{Ecuación 11}$$

4.2.8.6 Pérdida de energía en flujo turbulento.

Según la experiencia de Nikuradse, se determinó que en los flujos turbulentos para conocer el factor de fricción depende del diámetro de la tubería, así como de la rugosidad relativa del conducto. Entendiéndose por rugosidad relativa la relación entre el diámetro D del conducto y la rugosidad promedio ϵ del conducto o tubería.

Colebrook y White comprobaron los resultados de Nikuradse y presentaron una ecuación empírica para $Nr > 4000$ que es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,71 D} + \frac{2,51}{Nr \sqrt{f}} \right)$$

Esta ecuación requiere un proceso de tanteo y error con el método de iteración de punto fijo llamado aproximación sucesiva para su solución, por esta razón en 1976 P.K. Swamee y A. K. Jain propusieron la siguiente expresión explícita para el factor de fricción.

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{1}{3,7 \frac{D}{\varepsilon}} + \frac{5,74}{Nr^{0,9}} \right) \right)^2}$$

Ecuación 12

Esta ecuación se aplica en los siguientes casos donde se tiene lo rangos:

$$100 < D/\varepsilon < 1 \cdot 10^6$$

$$4000r < 3 \cdot 10^8$$

4.3 Bombas.

Según (Mataix, 2006), una bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que le atraviesa energía hidráulica.

Una bomba hidráulica generalmente es utilizada para incrementar la presión de un fluido añadiendo mayor energía al sistema hidráulico con el fin de traspasar el fluido de una zona de presión más baja a otra de presión alta.

4.3.1 Característica de la bomba centrífuga.

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

- a) **Una tubería de aspiración**, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- b) **El impulsor o rodete**, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular.
- c) **Una tubería de impulsión**.- La finalidad del difusor es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba.

4.3.2.- Curvas características de bombas centrífugas.

El comportamiento hidráulico de una bomba viene especificado en sus curvas características que representan una relación entre los distintos valores del caudal proporcionado por la misma con otros parámetros como la altura manométrica, el rendimiento hidráulico, la potencia requerida y la altura de aspiración, que están en función del tamaño, diseño y construcción de la bomba. Estas curvas, obtenidas experimentalmente en un banco de pruebas, son proporcionadas por los fabricantes a una velocidad de rotación determinada (N). Se representan gráficamente, colocando en el eje de abscisas los caudales y en el eje de ordenadas las alturas, rendimientos, potencias y alturas de aspiración.

4.3.3 Curva altura manométrica-caudal. Curva H-Q.

En el caso de una bomba centrífuga, la altura manométrica disminuye a medida que aumenta el caudal. Se obtiene en el banco de pruebas mediante sucesivos estrangulamientos en la tubería de impulsión y posterior representación de caudales y alturas en un sistema de coordenadas. Normalmente se representan varias de estas curvas para distintos diámetros de impulsor, lo que posibilita que la bomba tenga un rango de utilización mayor.

4.3.4 Leyes de afinidad para bombas centrífugas.

La mayoría de las bombas centrífugas se operan a velocidades distintas para obtener capacidades variables, además una carcasa de bomba de tamaño dado es susceptible de dar acomodo a impulsores de diámetros diferentes. Para ello se debe entender la manera en que varían la capacidad, las cargas y la potencia, cuando se modifica la velocidad o diámetro de impulsor.

4.3.4.1 Cuando la velocidad varía.

a) La capacidad varía en forma directa de la velocidad.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{Ecuación 13}$$

b) La capacidad de la carga total varía con el cuadrado de la velocidad.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \text{Ecuación 14}$$

c) La potencia que requiere la bomba varía al cubo con de la velocidad.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad \text{Ecuación 15}$$

4.3.4.2 Cuando el diámetro del impulsor varía.

a) La capacidad varía en forma directa con el diámetro del impulsor.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \text{Ecuación 16}$$

b) La carga total varía con el cuadrado del diámetro del impulsor.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad \text{Ecuación 17}$$

c) La potencia que requiere la bomba varía con el cubo del diámetro del impulsor.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad \text{Ecuación 18}$$

4.3.3 Potencia de accionamiento.

Es la potencia en el eje de la bomba o la potencia mecánica que absorbe la bomba. Para conocer la expresión de la potencia hidráulica de un fluido que recorre a una cierta presión una tubería, con un determinado caudal, considerando que el caudal es el volumen que circula por una sección de la tubería durante la unidad de tiempo. Para el cálculo de la potencia requerida o de accionamiento para una bomba se utiliza la expresión:

$$P = \frac{Q * \gamma * h}{\eta}$$

Ecuación 19

De donde:

Q = Caudal que circula por la tubería [m³/s]

γ = Peso específico del fluido que circula por la tubería [m³/s]

h = Altura dinámica de la bomba [m]

η = Rendimiento de la bomba

4.3.3.1 Punto de operación de una bomba. El punto de operación de la bomba centrífuga gráficamente es la intersección entre las curvas del sistema y de la bomba H-Q. El punto de operación se lo determina para tener una mayor eficiencia en el funcionamiento de esta, un ahorro de energía y prolongar la vida útil de la bomba.

4.3.3.2 Curva de resistencia del sistema. - Es una representación de los puntos de altura de elevación total o altura geométrica más pérdidas que se presentan en el sistema a diferentes caudales que varían de cero hasta un valor máximo esperado.

4.3.3.3 Curva de la bomba. Describe el funcionamiento de la bomba durante su operación. La altura total entregada disminuye a medida que el caudal aumenta, esta curva de caudal contra la altura total y eficiencia son suministradas por los fabricantes de las bombas.



Ilustración 3. Representación de la curva característica de un sistema de bombeo

Fuente: (I. Martin, 2011)

4.3.3.4 Selección de bomba.- Para determinar una bomba se requiere de catálogos de una fabricante de bombas donde permita en base a ciertos parámetros determinar la más adecuada:

Para seleccionar una bomba debemos conocer los siguientes datos:

- 1.Caudal
- 2.Altura manométrica a vencer por la bomba o pérdida de presión del circuito.
- 3.Valor de NPSHd

4.4 Normativa de estudio y diseño de sistemas de agua potable en Ecuador.

4.4.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11.

4.4.2 Norma Hidrosanitaria NHE Agua.

Es una norma necesaria y conveniente para el diseño y ejecución de instalaciones hidrosanitarias en edificios al ser referidos a una norma nacional que garantice su funcionalidad, con las características físicas y topológicas apropiadas, para su operación y mantenimiento. Toda nueva instalación hidrosanitaria al interior de edificaciones bien sea por construcción nueva, por rehabilitación o por ampliación de instalaciones previamente existentes, deberán referirse a esta norma técnica. (MIDUVI, 2011)

4.4.2.1 Suministro de agua en edificaciones.

Mediante esta norma se estable parámetros mínimos exigibles y recomendaciones técnicas del diseño y ejecución de proyecto de suministro de agua en edificaciones o proyectos de instalaciones prediales de agua fría, buscando garantizar el buen desempeño de las instalaciones interiores de agua potable del predio o edificación, con la implícita seguridad que las instalaciones presten un servicio adecuado en cantidad y calidad.

4.4.2.2 Coeficiente de simultaneidad.

De acuerdo con la norma NEC-11, cuando se requiere calcular el coeficiente de simultaneidad de una vivienda o edificio se aplica la **ecuación 11**:

$$ks = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0,04 + 0,04 * \log(\log(n)))$$

Ecuación 20

Donde:

n = número total de aparatos servidos

ks = coeficiente de simultaneidad, entre 0,2 y 1,0

F = factor que se toma de acuerdo con el tipo de edificios (**Ver anexo 4**)

4.4.2.3 Caudal máximo probable (NEC-11).

De acuerdo con la norma NEC-11 para una sola edificación o vivienda el caudal máximo probable se calcula con la **ecuación 10**:

$$QMP = ks * \sum qi$$

Ecuación 21

Donde:

Ks: Coeficiente de simultaneidad.

$\sum qi$: Sumatoria de caudales mínimos de aparatos suministrados.

4.4.2.4 Línea hidráulica.

Es el conjunto de tuberías, accesorios y válvulas que constituyen un tramo de la red de distribución y que se instalan de forma adecuada para permitir la circulación del fluido.

4.5 Simulaciones en software Epanet.

4.5.1 Software Epanet.

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en períodos prolongados del comportamiento hidráulico y 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.

4.5.1.1 Capacidades para la confección de Modelos Hidráulicos.

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:


- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable • determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel) permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (por ejemplo: rociadores) admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

4.5.1.2 Análisis en Periodo Permanente.

Una simulación en periodo permanente en el software Epanet se realiza con las demandas base de cada nodo de consumo, en donde se considera que el sistema de agua potable está funcionando de forma continua en su máxima capacidad.

4.5.1.3 Análisis en Periodo Extendido.

Para convertir un modelo en un caso más realista y llevar a cabo una simulación en período extendido se debe crear una Curva de Modulación para hacer que las demandas en los nudos varíen de forma periódica a lo largo del día.

Para fijar el intervalo de tiempo se seleccionada Opciones – Tiempos en la página de Datos del Visor, pulsamos a continuación el botón Editar  del propio Visor (o hacemos una doble pulsación sobre la selección) para abrir el Editor de Propiedades (si aún no es visible), e introducimos el valor de la duración para la simulación, como se muestra en la **ilustración 4**, de igual forma en el editor de Opciones de Tiempo, podemos imponer a continuación la duración total de la simulación, donde pondremos 24 horas para simular el comportamiento durante un día normal de consumo y suministro de agua potable.

Propiedad	Hrs:Min
Duración Total	24
Intervalo Cálculo Hidráulico	1:00
Intervalo Cálculo Calidad	0:05
Intervalo Patrones	1:00
Tiempo Inicio Patrón	0:00
Intervalo Informe	1:00
Tiempo Inicio Informe	0:00
Tiempo Inicio Reloj	12 am
Estadística	Ninguno


Ilustración 4. Opciones de tiempo de Epanet

Fuente: Autor

4.5.1.4 Curvas de modulación.

Las Curvas de Modulación (o Patrones), son una secuencia de factores multiplicativos que, aplicados sobre un valor base, hacen que éste varíe con el tiempo. Las Curvas de Modulación se asocian a las demandas en los nudos, a las alturas de los embalses, a la

velocidad de giro de las bombas, a las inyecciones de contaminantes en la red, y al precio de la energía. El intervalo de tiempo para todos los patrones es un mismo valor, el cual se establece en las Opciones de Tiempo del proyecto.

Para crear ahora la curva de modulación, seleccionamos la categoría Curvas Modulación sobre el Visor y pulsamos el botón Añadir  (o utilizar la tecla Insert). Se creará una nueva curva con el identificativo 1, y se abrirá el Editor de Curvas de Modulación (**Ver Ilustración 5**).

Por ejemplo, si se considera un periodo de 24 horas dividido en 4 módulos o periodos de 6 horas, cuyos patrones o multiplicadores se ajustan a lo señalado en la ilustración 4, se debe introducir los multiplicadores, mismos que determinan la variación de consumo de agua potable por los usuarios, reflejando la curva de comportamiento por cada intervalo de tiempo que se quiera determinar o simular en una red.

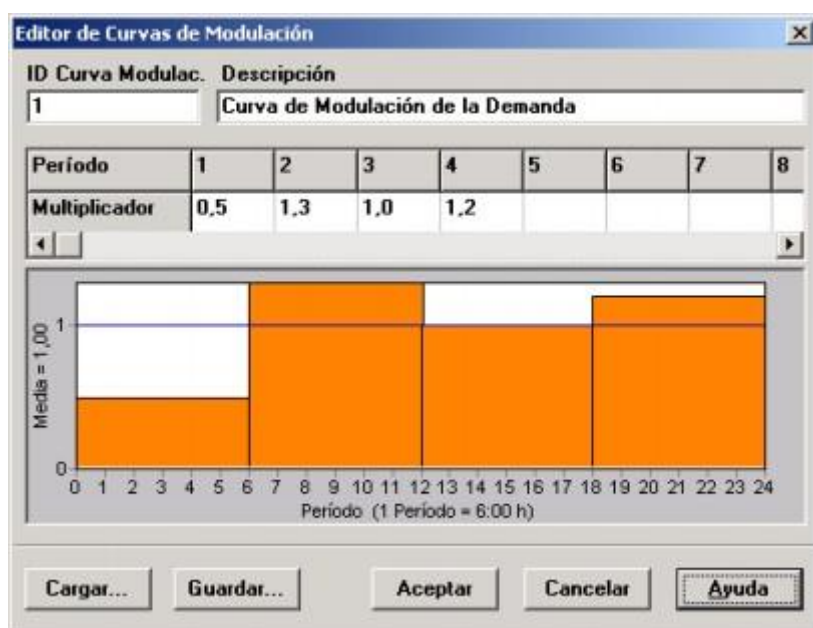


Ilustración 5. Curva de modulación

Fuente: Autor

4.5.1.5 Componentes físicos.

EPANET modela un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos extremos. Las líneas representan tuberías, bombas, o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas (en adelante los denominaremos en general Nudos de Caudal), y también depósitos o embalses. La **Ilustración 6** siguiente muestra cómo se interconectan todos estos objetos entre sí para formar el modelo de una red.

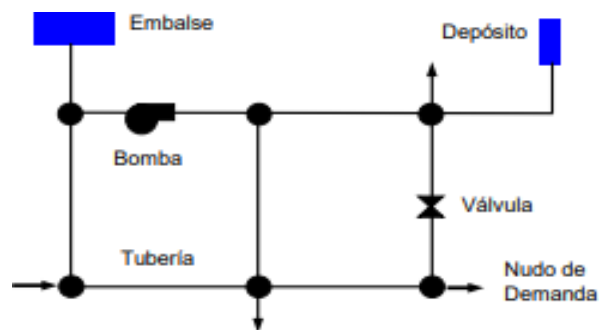


Ilustración 6. Componentes físicos de un sistema de distribución de agua

Fuente: Autor

4.5.1.6 Visor de datos.

El Visor de Datos (**Ver ilustración 7**) es accesible desde la pestaña de Datos de la ventana del Visor. Permite acceder a los diferentes objetos pertenecientes a la red en estudio, clasificados por categorías (Nudos de Caudal, Tuberías, etc.). Los botones que figuran del pie de la ventana se utilizan para añadir, borrar o editar dichos objetos.

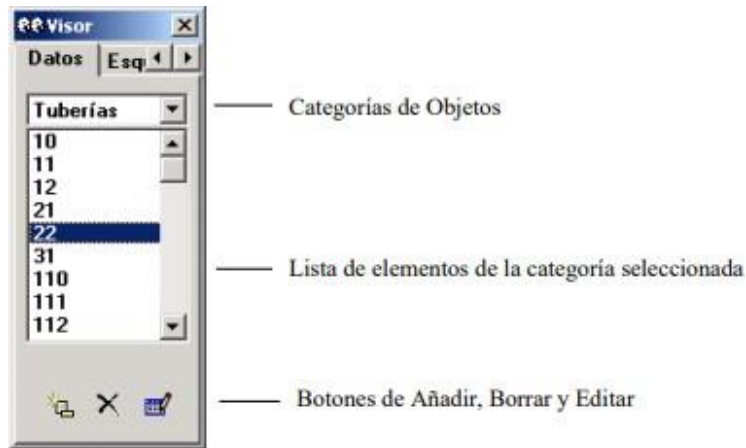


Ilustración 7. Visor de datos de Epanet

Fuente: Autor

4.5.1.7 Editor de Propiedades.

El Editor de Propiedades (Ver **ilustración 8**) se utiliza para editar las propiedades de los nudos y líneas de la red, el contenido de los rótulos y también las opciones de cálculo. Se abre al pulsar dos veces con el ratón uno de estos objetos (sobre el Esquema de la Red o el Visor de Datos) o bien al pulsar el botón Editar del Visor de Datos. (Valencia, 2017)

The image shows a window titled 'Tubería 21' with a table of properties and values. The 'Longitud' field is highlighted with a dashed border.

Propiedad	Valor
*ID Tubería	21
*Nudo Inicial	21
*Nudo Final	22
Descripción	
Etiqueta	1965
*Longitud	1610
*Diámetro	250
*Rugosidad	1

Ilustración 8. Editor de propiedades de Epanet

Fuente: Autor

4.5.1.8 Leyendas del Esquema.

Se pueden mostrar hasta tres tipos de leyendas. Las leyendas de nudos y líneas asocian un color con un rango de valores de la magnitud que está visualizándose sobre el esquema de la red. La leyenda horaria muestra la hora real correspondiente al instante de la

simulación que está visualizándose. Las unidades de las diferentes magnitudes mostradas en las leyendas serán las seleccionadas como valores por defecto en el proyecto.

4.5.1.9 Editor de leyendas. Se utiliza para fijar los rangos numéricos asignados a los diferentes colores con que se visualizará una determinada magnitud sobre el esquema de la red. Para nuestra simulación se toma distintos rangos tanto para el caudal, velocidad y presión que se muestra a continuación:

Tabla 3.- Rango de valores simulados en Epanet según color.

Color/Magnitud	Caudal (Lt/s)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Azul	Menor a 10	Menor a 0,6	Menor a 20
Celeste	Entre 10 y 20	Entre 0,60 y 1,50	Entre 20 y 30
Verde	Entre 20 y 50	Entre 1,50 y 2	Entre 30 y 40
Amarillo	Entre 50 y 100	Entre 2 y 2,5	Entre 40 y 50
Rojo	Mayor a 100	Mayor a 2,5	Mayor a 50

Fuente: Autor

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del presente proyecto se utilizará los siguientes materiales y dispositivos.

5.1. Materiales.

- Computadora
- Caudalímetro Dynasonics Model UFX
- Flexómetro o cinta
- Software Epanet
- Libros:
 - Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable.
 - Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
 - Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – 11) , Capítulo 16.

5.2 Métodos.

Para el cumplimiento **primer objetivo**: Determinar la eficiencia física de la red externa de agua potable de la ciudadela universitaria “Guillermo Falconi Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja. Se realiza las siguientes actividades:

- ✓ Obtener los planos del rediseño de la red de potable actual mediante pedido al encargado de la unidad de Desarrollo Físico de la UNL, con la finalidad de conocer las condiciones en la que se encuentra la red externa de agua potable.
- ✓ Efectuar una petición al encargado del laboratorio de fluidos y al Decano de la Facultad de Energía para el préstamo del caudalímetro ultrasónico de medición de caudal.
- ✓ Solicitar permiso al encargado de mantenimiento de edificaciones de la UNL para realizar el recorrido por la red externa y tener acceso al tanque de reserva con el fin

de constatar y registrar, mediante el caudalímetro ultrasónico, los valores de suministro de caudal a toda la red de agua potable.

- ✓ Ejecutar un recorrido y reconocimiento de la red externa de agua potable de la UNL desde su almacenamiento hasta la distribución a las edificaciones de la UNL, de manera que se analice posibles fallas e inconvenientes que están ocurriendo en la red, tales como fugas, deterioros de tuberías y accesorios, etc.
- ✓ De igual forma mediante el recorrido identificar los medidores o contadores existentes donde se pueda cuantificar y recolectar datos de consumo.
- ✓ Con los datos obtenidos efectuar un análisis estadístico de pérdidas en los volúmenes suministrados y consumidos del tanque de reserva, con el fin de realizar un informe para conocer los valores reales que permitan determinar la eficiencia física de la red y recomendar soluciones o alternativas de eficiencia y correcto funcionamiento.

Para cumplir con el **segundo objetivo**: Realizar el diseño óptimo de la red de agua potable, atendiendo a criterios de eficiencia hidráulica y energética, se realizó lo siguiente:

- ✓ Lectura y comprensión de documentos sobre alternativas de mejora en la eficiencia hidráulica y energética de redes de agua potable.
- ✓ Conocer y evaluar los requerimientos de normas de construcción del Ecuador que regulen las redes de agua potable, tales como la Norma Hidrosanitaria NHE agua y la Norma urbana para estudios y diseño de sistemas de agua potable y disposición de agua residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, cuyo fin fue verificar su cumplimiento.
- ✓ Comparar y verificar los resultados de la situación actual con lo que señala la normativa nacional.
- ✓ Determinar las deficiencias hidráulicas de la red externa de agua potable con la intención de proponer posibles soluciones de mejora.

- ✓ Generar alternativas de mejor manejo, control y aprovechamiento del agua potable en la comunidad universitaria.
- ✓ Simular el rediseño mediante el software hidráulico Epanet para comprobar el desempeño y detectar beneficios que ayuden al ahorro del líquido vital.
- ✓ Interpretar y determinar la deficiencia energética en la red interna de agua potable del Edificio de laboratorios de la FEIRNNR, como modelo de análisis para otros sistemas de bombeo de la Universidad Nacional de Loja.

Finalmente, para cumplir con el **tercer objetivo**: “Elaborar una propuesta que permita utilizar la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja como escenario para prácticas de Mecánica de fluidos se elabora:

- ✓ Tres guías de prácticas de laboratorio sobre eficiencia física, eficiencia hidráulica y eficiencia energética, con procesos e indicaciones que permitan ejecutar paso a paso a los estudiantes de la asignatura de Máquinas hidráulicas del plan de estudios del 2019, concomitante a las temáticas impartidas en clase. Las referidas guías se presentan en anexos.

6. RESULTADOS.

6.1 Determinar la eficiencia física de la red externa de agua potable de la ciudadela universitaria “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja.

6.1.1 Información general de la Universidad Nacional de Loja.

6.1.1.1 Ubicación.

La U.N.L. pertenece a la parroquia San Sebastián, cantón Loja, de la provincia de Loja.

Está ubicada en la parte sur de la ciudad de Loja y sus coordenadas envolventes son; N 9°553,870; N 9°554,698, E 700,139; 699,414 a una altitud promedio de 2 135 msnm y a una distancia aproximada de 4 km del centro de la ciudad.



Ilustración 9. Área de intervención de proyecto

Fuente: Google Maps.



Ilustración 10. Campus Universitario

Fuente: Google Maps

6.1.1.2 Topografía.

La zona en la que se encuentra implantada la Ciudadela Universitaria, presenta características topográficas onduladas con una pendiente relativamente uniforme, con cotas varían entre 2135,4 msnm y 2174,3 msnm, de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado y referenciado por parte de la empresa GICA (INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS Cía. Lda.), el mismo que se realizó en el año 2010.

En el campus universitario se puede distinguir dos zonas que se explica a continuación y se observa en la imagen:

Zona Alta: comprende el área de la U.N.L. al Este de la Av. Pio Jaramillo.

Zona Baja: comprende el área de la U.N.L. al Oeste de la Av. Pio Jaramillo

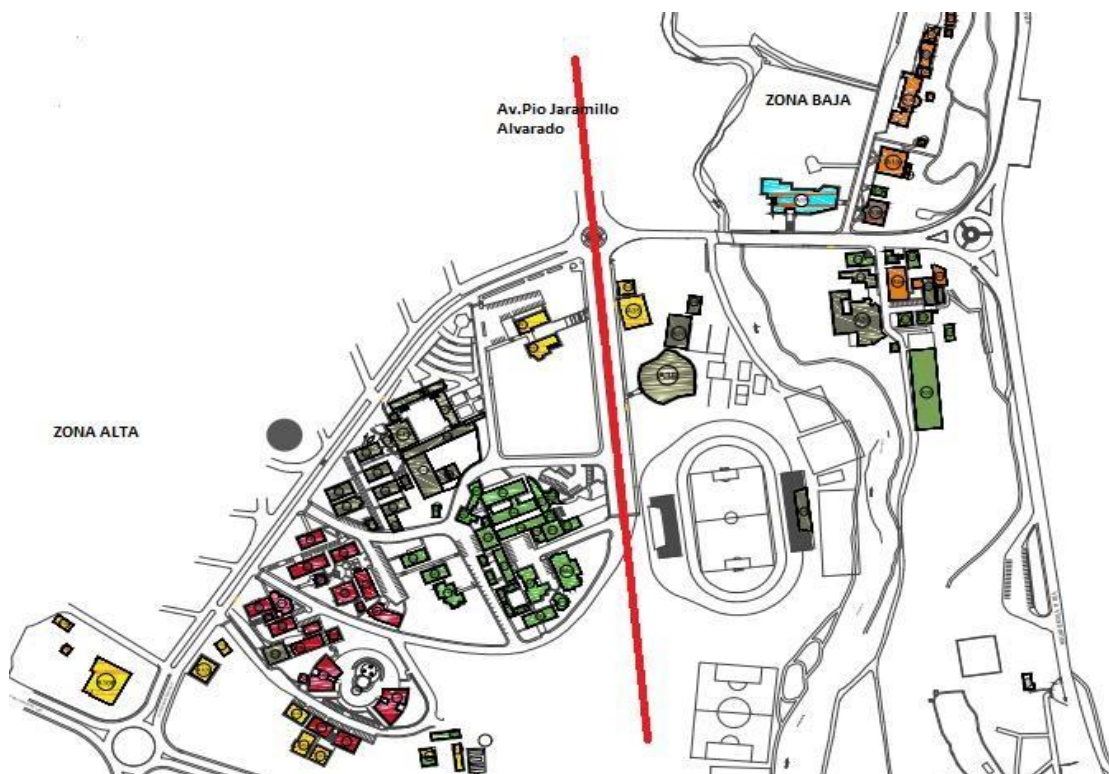


Ilustración 11. Área de cobertura de la red de agua potable

Fuente: www.unl.edu.ec/campus-unl

6.1.1.3 Datos de población en la Universidad Nacional de Loja.

La información estadística de estudiantes, docentes, administrativos y trabajadores de la ciudadela universitaria “Reinaldo Espinosa” fue proporcionada por la Dirección de Talento Humano de Universidad Nacional de Loja en el año 2020, misma que se detalla en la tabla 4.

Tabla 4.- Población actual estudiantil

Facultad	Número de estudiantes
Jurídica, Social y Administrativa	3726
Educación, Arte y Comunicación	2409
Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables	1599
Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables	1258
Modalidad de Estudios a distancia (MED)	593
Total, Estudiantes	9585

Fuente : Dirección de Talento Humano de la Universidad Nacional de Loja .

Tabla 5.- Población administrativa actual

Población	Cantidad
Docentes	797
Administrativos	313
Trabajadores	126
Total, administrativos	1236

Fuente: Dirección de Talento Humano de la Universidad Nacional de Loja.

Tabla 6.- Población total

Población	Cantidad
Estudiantes	9585
Docentes, Administrativos, Trabajadores	1236
Total	10821

Fuente: Dirección de Talento Humano de la Universidad Nacional de Loja.

6.1.2. Diagnóstico del sistema existente.

El objetivo del diagnóstico es determinar las características físicas y operativas de cada uno de los componentes de la Red externa de agua potable-REDAP existente, para determinar la situación actual se procedió a pedir información necesaria a la Unidad de Desarrollo Físico y otras dependencias de la UNL, donde se determinó lo siguiente:

- 1.- No se dispone de un plano o croquis de la red actual de agua potable de la universidad, aunque se dispone de planos hidráulicos producto de una consultoría realizada en el año 2010 por la empresa GICA.
- 2.- Informe y estudio de la empresa GICA (Ingenieros civiles Asociados Cía. Ltda.) donde se diagnostica y recomienda un rediseño de la red de agua potable. En el mismo se determina que al no tener información detallada solo se puede considerar que la red fue construida en el año 1984.
- 3.- Estadística de personal administrativo, de servicio y mantenimiento
- 4.- Estadística de alumnos matriculados

6.1.2.1 Suministro y cobertura de agua potable.

El suministro a la reserva de agua potable en la zona alta de la U.N.L, se lo realiza a través de dos fuentes: Captación en la quebrada Quillollacu y abastecimiento desde la Planta Carigán del Municipio de Loja (PMAP).

En la zona baja de la UNL, el suministro de agua potable se lo realiza desde la Planta de Tratamiento de Pucará, que comprende el medidor de la Modalidad de Estudios a Distancia (MED), Bienestar Universitario, Facultad de Energía y Carrera de Artes Plásticas.

El sistema de agua potable existente tiene una cobertura del 100% del área a servir, al evaluar mediante el software Epanet la condición actual con los diámetros colocados (**Ver tabla 25**) se constató que principalmente las presiones de acometida presentan valores menores a la mínima requerida por la norma NEC - 11 recomendada de 10 mca, incluso con valores negativos tal como se indica en la **tabla 26**. Estos datos obtenidos nos permitieron determinar la deficiencia existente en la presión de acometida la misma que de forma estadística podemos evidenciar mediante la **ilustración 22**. En base a esta simulación inicial de la red podemos determinar que el déficit de caudal y presión son resultado de la pérdida de caudal por fugas presentes en tuberías o accesorios, sumado a esto el incremento de nueva infraestructura y de la población estudiantil.

6.1.2.2 Captación de quebrada Quillollacu.

El sistema de agua potable se abastece desde la quebrada Quillollacu el cual es controlado y administrado por la Universidad Nacional de Loja, mismo que está conformado por una fuente de abastecimiento, captación, línea de conducción, planta de tratamiento (filtración

y cloración) y sistema de almacenamiento en el tanque de reserva de 200 m³, del cual se distribuye a toda la comunidad universitaria para el consumo diario.

El agua es captada a través de una rejilla lateral con tubería de PVC de 2 pulgadas y se conduce con tubería de PVC de 90 mm hacia un pequeño tanque recolector para luego conducir al tanque de tratamiento o de reserva.



Ilustración 12. Captación de Quebrada Quillollacu

Fuente: (GICA, 2010)

6.1.2.3 Abastecimiento desde la planta de Carigán (PMAP).

Por otro lado, el tanque de reserva también es alimentado por la Planta de Carigán (PMAP) perteneciente al Ilustre Municipio de Loja, mismo que lo hace mediante una derivación directa desde la red de agua potable con un tubo PVC de 101,6 mm (4 pulgadas), ubicada en la Av. Reinaldo Espinosa. Además, es importante señalar que no está operativo el nuevo Macromedidor, (el que actualmente se encuentra instalado no está funcionando), por ello no es adecuado para el registro respectivo del caudal suministrado al tanque. Se debe también tomar en cuenta que la tubería de ingreso al tanque de reserva

en tiempo lluvioso se inunda ya que está a nivel del piso y no se cuenta con ninguna protección o drenaje lo que ocasiona el deterioro de las válvulas.

6.1.2.4 Tanque de reserva (200 m³).

Características del tanque de reserva de 200 m³

Año de construcción: 1984

Años de servicio: 26

Tipo de construcción: Hormigón armado

Diámetro: 9.30 m

Altura: 3,0 m

Estado de la construcción: regular

Fugas en estructura: existe

Fugas en válvulas y accesorios: existe

El tanque de reserva de la Universidad Nacional de Loja actualmente funciona en condiciones aceptables, pero de acuerdo con las versiones del encargado del mantenimiento y control, presentan fisuras, lo que ocasiona filtraciones que han sido reparadas en varias ocasiones. De lo evaluado en el tanque de reserva, el consumo promedio de los tres días de mediciones en las dependencias de la UNL es de aproximadamente 7,45 L/s. El tanque tiene una capacidad para ser llenado en 8 horas aproximadamente, de acuerdo con la información proporcionada por los encargados. El tanque de reserva (ver Ilustración 13), que tiene una capacidad de 200 m³ se encuentra alimentado por la captación de la quebrada del sector Punzara y del Plan Maestro de agua potable.



Ilustración 13. Tanque de reserva y abastecimiento de UNL (200 m³)

Fuente: Autor

6.1.2.5 Válvula de control red pública.

El caudal de la red pública que suministra el Plan maestro de agua potable del Municipio de Loja (PMAP) está controlado por una válvula de ingreso de 4 pulgadas, misma que es de apertura y cierre, tiene un número de vueltas de 8 ½ giros y de acuerdo con lo observado está en buen estado, el líquido que pasa por la red pública es mediante una tubería de 3" (76 mm).

6.1.2.6 Macromedidor (PMAP - LOJA).

Durante el recorrido al inicio de la investigación en el año 2020 se constató que el medidor del consumo de agua que suministra el Plan Maestro del Municipio de Loja no se encuentra operativo, por ende, no se pudo lecturar el consumo. Por otro lado, está deteriorado y contiene alta cantidad de óxido (Ver Ilustración 14)

En la actualidad a inicios del año 2021 se encuentra instalado por parte del PMAP un Macromedidor, pero debido las condiciones actuales que no es posible la asistencia de estudiantes, docentes y administrativos no es posible tener un registro real de consumo.



Ilustración 14. Antiguo medidor colocado por (PMAP)No funcional

Fuente: Autor

6.1.2.7 Caja de válvulas.

El tanque de 200 m³ es controlado diariamente por parte del encargado, mismo que lo regula mediante válvulas de cierre y apertura. Lo controla a la mitad del tanque para que se abastezca a los bloques de la comunidad universitaria.

6.1.2.8 Sistema de cloración.

En el tanque de reserva se cuenta con un sistema para la cloración del agua que proviene de la quebrada Punzara, la misma que sirve para realizar la potabilización del agua (Ver Ilustración 15).



Ilustración 15. Tanque con filtro para el proceso de cloración

Fuente: Autor

6.2.2.9 Sistema de bombeo.

El sistema de bombeo del área donde se encuentra el tanque de reserva actual no está en funcionamiento, no se le da un mantenimiento y por ende no permite bombear agua al tanque que se encuentra aledaño al mismo, además de que no cuenta con las condiciones básicas puesto que presenta filtraciones de gran magnitud mismas que ocasionaría más pérdidas del volumen de reserva, pudiendo ocasionar daños peores en esta área de almacenamiento.

6.1.2.10 Tanque de reserva (50 m³).

Por otro lado, existe un tanque de almacenamiento de agua al interior de la UNL de 50 m³, este se encuentra ubicado en la parte posterior de los laboratorios de análisis químico, cuyas características son las siguientes:

Año de construcción: 1984

Años de servicio: 26

Tipo de construcción: Hormigón armado

Diámetro: 3,25 m

Altura: 3,0 m

Estado de la construcción: buena

Fugas en estructura: no existen

Fugas en válvulas y accesorios: no existen

6.1.3 Red de distribución.

6.1.3.1 Red de transporte.

Debido que no existe un catastro o plano detallado de la red actual y accesorios, se dificulta hacer una evaluación mucho más consistente. De la información proporcionada por parte de los operadores de la planta de tratamiento y personas encargadas de realizar las reparaciones, se pudo obtener la siguiente información:

1. Falta de presiones en la red en algunos edificios antiguos, por tanto, no poseen agua en los pisos a los que incluso han tenido que suprimir aparatos sanitarios y utilizan estos locales para otras actividades.
2. Existen problemas de fugas a través de fisuras en la red con las consecuentes pérdidas y contaminación del agua, ocasionando perjuicios económicos en el mantenimiento, así como con la salud de la Comunidad Universitaria.
3. La red de distribución existente ha cumplido su vida útil y por tanto se requiere de un cambio inmediato.

La actual tubería que distribuye el agua desde el tanque de reserva hasta los edificios del Ex- Cater es de PVC. A ese nivel también se encuentra una válvula reguladora de presión junto a la avenida Reinaldo Espinosa.

La distribución actual del agua, a partir de la válvula reguladora de presión, se realiza mediante tubería de asbesto cemento de 110 mm de diámetro dispuesta a lo largo de la

referida avenida, misma que además de haber cumplido su vida útil, no es apta para conducir agua potable de calidad a la comunidad universitaria.

6.1.3.2 Red arterial.

Esta red es la que se encuentra por las vías de acceso al campus universitario cuyos diámetros son de 50 mm y 63 mm. Se controlan con válvulas de apertura y cierre de caudal en ciertas áreas, regulando el caudal a los diversos edificios.

6.1.3.3 Red Secundaria.

- ✓ Esta red se alimenta de la red arterial que pasa por las vías de acceso, mediante tubería de 1 pulgada de diámetro, permitiendo que estén operativos los diferentes aparatos sanitarios.
- ✓ La gran mayoría de las edificaciones de la UNL no disponen de un contador de agua (micromedidores).
- ✓ Existe una mínima cantidad de medidores operativos, en la zona baja de la red de agua potable.
- ✓ Ciertos edificios que se abastecen de la red arterial cuentan con una cisterna para luego ser presurizados mediante un sistema hidroneumático.

6.1.4 Medidores temporales externos a la REDAP-UNL.

Para evaluar las condiciones de funcionamiento de los micromedidores existentes en la universidad se ha tomado la lectura de consumos de algunos días para determinar la demanda de consumo y con base a la cantidad de aparatos que alimenten estimar el consumo diario que se da, para compararlo con el registrado, con el fin de determinar el nivel de pérdidas que pueda existir. Los medidores evaluados son:

- 1.- Medidor Sector Ex -Cater
- 2.- Medidor Departamento de Bienestar Estudiantil
- 3.- Medidor Carrera de Música

4.- Medidor Modalidad Estudios a Distancia (MED)

5.- Medidor Administración Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables.

6.1.4.1 Medidor Ex -Cater (A14N904821).

Este se encuentra en la parte posterior del edificio A108 denominado Ex -Cater (Ilustración 16), el mismo que suministra también hacia el edificio A106 y A107 denominados “Bodega” respectivamente. Este medidor se encuentra alimentado de la planta de tratamiento Carigán.



Ilustración 16. Medidor Edificio Ex-Cater

Fuente: Autor

En este medidor el consumo que se registra es constante, de acuerdo con versiones de docentes de investigación del edificio A107 el consumo por día es mínimo cuando existe suministro de agua potable ya que la mayor parte es prácticamente nula su disponibilidad, sin embargo; en las planillas emitidas por parte del PMAP al que se tuvo acceso por parte de Secretaria General de la Universidad se registran tanto consumos como valores a pagar elevados tal como se muestra en la **tabla 7** los mismos que se corresponden a los meses de octubre y noviembre del 2019 y 2020.

Tabla 7. Consumo y costo de agua potable en medidor A14N904821

Mes/Año	Volumen (m ³)	Costo (\$)
Octubre 2019	101	107,9
Octubre 2020	107	115,75
Noviembre 2019	120	132,39
Noviembre 2020	12	11,29

Fuente: Tesorería, Administración Central - UNL

De los datos presentados en la **Tabla 7** se puede ver que en octubre/2020 se dio un incremento de consumo comparando a octubre/2019 teniendo en cuenta que no existía asistencia a clases, mientras que para el mes de noviembre si se da un decrecimiento considerable tanto en volumen como del valor a pagar.

6.1.4.2 Medidor Departamento de Bienestar Estudiantil (A14N911294).

De lo constatado en este medidor existe una gran variación en el registro del micromedidor que se da en intervalos de tiempo muy cortos. Este medidor alimenta a baterías sanitarias y lavabos, en algunos casos ciertos aparatos sanitarias no se encuentran funcionando sin embargo se da un registro considerable de volumen de agua potable.

También se debe considerar que el uso de agua de este medidor también se lo realiza para el riego del vivero de agropecuaria, es por ello por lo que las tuberías se encuentran a la intemperie provocando que se vayan deteriorando, originando pérdidas de agua potable.

Tabla 8. Consumo y costo de agua potable en medidor A14N911294

Mes/Año	Volumen (m³)	Costo (\$)
Octubre 2019	46	20,2
Octubre 2020	80	37,16
Noviembre 2019	81	37,59
Noviembre 2020	127	62,3

Fuente: Tesorería, Administración Central - UNL

De este medidor podemos ver que del 2019 al 2020 existe un mayor consumo tomando en cuenta que el año 2020 no hubo asistencia a clases, sin embargo, se registra un mayor volumen de consumo en el mismo.

6.1.4.3 Medidor Carrera de Música (0030000025).

En este medidor se constató que no se encuentra funcionando en varias ocasiones que se visitó para registrar la lectura de volumen de agua potable. Sin embargo, si existe el consumo de agua por lo existe un suministro directo sin ningún registro o control en el medidor. A continuación, se presenta las planillas del 2019 y 2020 para los meses de octubre y noviembre.

Tabla 9. Consumo y costo de agua potable en medidor 0030000025

Mes/Año	Volumen (m ³)	Costo (\$)
Octubre 2019	100	47,16
Octubre 2020	86	40,19
Noviembre 2019	100	47,16
Noviembre 2020	85	39,68

Fuente: Tesorería, Administración Central - UNL

De esta planilla se puede ver prácticamente el mismo caudal consumido y se paga la misma cantidad en ambos años respectivamente, sin embargo, no se refleja en el medidor instalado ningún valor e igualmente en el año 2020 no se asistió a clases normales.

6.1.4.4 Medidor edificio Modalidad Estudios a Distancia (MED-0012009027).

El medidor que se encuentra en este edificio también alimenta al laboratorio de Biotecnología de la UNL perteneciente a la Facultad Agropecuaria, donde se da un registro promedio de un metro cubico por día.

Tabla 10. Consumo y costo de agua potable en medidor 0012009027

Mes/Año	Volumen (m ³)	Costo (\$)
Octubre 2019	0	3,62
Octubre 2020	0	3,62
Noviembre 2019	0	3,62
Noviembre 2020	0	3,62

Fuente: Tesorería, Administración Central - UNL

Este medidor según la lectura del PMAP no registra ningún volumen en ambos años sin embargo de lo que se observó se da un registro de consumo en el medidor.

6.1.4.5 Medidor Administración Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables (0012009269).

Este medidor controla el consumo de los edificios de la Facultad de la Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables.

Este medidor alimenta a las edificaciones del área de energía con manguera de ¾ de pulgada que se encuentra por el suelo sin ninguna protección o enterrada en su totalidad.

De lo observado existen uniones de tubería donde hay fugas de agua potable.

Tabla 11. Consumo de agua potable en medidor 0012009269

Mes/Año	Volumen (m ³)	Costo (\$)
Octubre 2019	0	8,54
Octubre 2020	0	8,54
Noviembre 2019	0	8,54
Noviembre 2020	0	8,54

Fuente: Tesorería, Administración Central - UNL

En este medidor no se tiene un registro de volumen consumido, de igual manera cuando se observó que el medidor si se registra consumo de agua potable.

Como conclusión se puede decir que los medidores instalados están funcionando de manera errónea: algunos no registran volumen de consumo, otros registran volúmenes excesivos y, por tanto, generan un pago alto en las planillas. Se observa también un caso extraño porque las planillas de consumo del año 2019 registran valores parecidos al año 2020 donde no hubo asistencia a clases por asuntos de la pandemia COVID-19. Tan solo en un medidor se constata una disminución considerable.

6.1.5 Eficiencia física de la REDAP de la Ciudadela universitaria.

Procedimiento evaluación de la eficiencia física de la REDAP

- ✓ Gestiones para la obtención de un caudalímetro no invasivo en la Facultad de la Energía
- ✓ Toma de datos de caudal total a la salida del tanque de suministro general de agua de la ciudadela universitaria (tanque 200 m³), durante tres días consecutivos.
Fecha: febrero 2020
- ✓ Análisis estadístico de la data. Obtención de la curva tipo de consumo de agua en a UNL
- ✓ Determinación de la eficiencia física de la REDAP-UNL
- ✓ Recomendación para mejorar la eficiencia física

6.1.5.1 Instrumentos de medición del caudal general.

Medidor de flujo Dynasonics UFX. - Es un medidor de caudal digital no invasivo que cuenta con una tecnología de medición ultrasónica avanzada, proporcionando evaluaciones precisas y fiables de velocidad de flujo en sistemas de tuberías cerradas. El medidor de flujo Series UFX es un sistema de medición de flujo rentable para tuberías cerradas.



Ilustración 17. Medidor ultrasónico o Caudalímetro

Fuente: Autor

6.1.5.2 Toma de datos de caudal general en la UNL.

Para determinar el caudal que suministrado a la red se tomó mediciones en tres días diferentes de labores por medio de un caudalímetro ultrasónico, en intervalos de tiempo de quince minutos, para analizar el comportamiento de consumo de la población universitaria. La recolección de datos en el tanque de reserva se lo realizó desde las 06h00 hasta las 21h00, durante los días 24, 25 y 26 de febrero del 2020. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 12.

6.1.5.3 Análisis estadístico de la data de caudal.

Tabla 12. Datos registrados en tanque de reserva mediante caudalímetro

Hora	Caudal Día 1 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 2 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 3 de suministro (Lt/s)	Caudal promedio suministrado (Lt/s)	Volumen 15_minutal suministrado (m ³)	Volumen 15_minutal de fugas (m ³)	Volumen 15_minutal de consumo estimado (m ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
0:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
0:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
0:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
0:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
1:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00

Hora	Caudal Día 1 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 2 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 3 de suministro (Lt/s)	Caudal promedio suministrado (Lt/s)	Volumen 15_minutal suministrado (m ³)	Volumen 15_minutal fugas (m ³)	Volumen 15_minutal de consumo estimado (m ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
1:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
1:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
2:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
2:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
2:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
2:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
3:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
3:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
3:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
3:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
4:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
4:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
4:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
4:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
5:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
5:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
5:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
5:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
6:00	4,25	4,53	3,40	4,06	3652,32	3652,32	0,00
6:15	4,53	3,96	4,25	4,25	3822,20	3652,32	169,88
6:30	5,38	4,53	4,81	4,91	4416,76	3652,32	764,44
6:45	5,66	5,38	5,10	5,38	4841,45	3652,32	1189,13
7:00	5,95	5,66	4,53	5,38	4841,45	3652,32	1189,13
7:15	7,36	7,08	6,51	6,98	6285,39	3652,32	2633,07
7:30	9,91	9,63	5,95	8,49	7644,39	3652,32	3992,07
7:45	10,48	9,91	7,64	9,34	8408,83	3652,32	4756,51
8:00	7,93	8,49	8,21	8,21	7389,58	3652,32	3737,26
8:15	7,36	7,36	8,49	7,74	6964,89	3652,32	3312,57
8:30	8,21	8,78	9,34	8,78	7899,21	3652,32	4246,89
8:45	7,93	9,06	9,91	8,97	8069,08	3652,32	4416,76
9:00	7,08	7,64	9,06	7,93	7134,77	3652,32	3482,45

Hora	Caudal Día 1 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 2 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 3 de suministro (Lt/s)	Caudal promedio suministrado (Lt/s)	Volumen 15_minutal suministrado (m ³)	Volumen 15_minutal de fugas (m ³)	Volumen 15_minutal de consumo estimado (m ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
9:15	7,36	6,80	7,93	7,36	6625,14	3652,32	2972,82
9:30	7,64	7,08	7,93	7,55	6795,02	3652,32	3142,70
9:45	7,64	7,93	7,36	7,64	6879,95	3652,32	3227,63
10:00	8,78	7,36	10,19	8,78	7899,21	3652,32	4246,89
10:15	5,95	6,23	6,80	6,32	5690,83	3652,32	2038,51
10:30	5,66	6,51	6,23	6,13	5520,95	3652,32	1868,63
10:45	8,49	7,36	8,21	8,02	7219,71	3652,32	3567,39
11:00	9,06	8,21	7,93	8,40	7559,46	3652,32	3907,14
11:15	9,91	8,49	7,93	8,78	7899,21	3652,32	4246,89
11:30	8,21	7,93	8,78	8,31	7474,52	3652,32	3822,20
11:45	8,78	9,34	8,21	8,78	7899,21	3652,32	4246,89
12:00	9,34	9,06	8,49	8,97	8069,08	3652,32	4416,76
12:15	9,34	8,49	8,78	8,87	7984,14	3652,32	4331,82
12:30	9,91	9,91	9,06	9,63	8663,65	3652,32	5011,33
12:45	10,19	10,76	9,63	10,19	9173,27	3652,32	5520,95
13:00	9,91	10,19	8,78	9,63	8663,65	3652,32	5011,33
13:15	10,76	9,06	8,78	9,53	8578,71	3652,32	4926,39
13:30	6,80	8,78	7,64	7,74	6964,89	3652,32	3312,57
13:45	6,51	7,08	6,80	6,80	6115,52	3652,32	2463,20
14:00	6,23	6,51	5,95	6,23	5605,89	3652,32	1953,57
14:15	5,95	5,95	5,66	5,85	5266,14	3652,32	1613,82
14:30	6,23	5,66	6,80	6,23	5605,89	3652,32	1953,57
14:45	6,80	7,08	7,36	7,08	6370,33	3652,32	2718,01
15:00	7,93	7,64	7,93	7,83	7049,83	3652,32	3397,51
15:15	8,78	8,21	7,64	8,21	7389,58	3652,32	3737,26
15:30	9,06	8,78	7,36	8,40	7559,46	3652,32	3907,14
15:45	8,78	7,93	7,64	8,12	7304,64	3652,32	3652,32
16:00	8,78	8,60	8,21	8,53	7675,28	3652,32	4022,96
16:15	8,21	9,34	7,36	8,31	7474,52	3652,32	3822,20
16:30	7,64	7,64	6,80	7,36	6625,14	3652,32	2972,82
16:45	5,95	8,21	6,51	6,89	6200,45	3652,32	2548,13
17:00	5,95	9,06	6,80	7,27	6540,20	3652,32	2887,88

Hora	Caudal Día 1 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 2 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 3 de suministro (Lt/s)	Caudal promedio suministrado (Lt/s)	Volumen 15_minutal suministrado (m ³)	Volumen 15_minutal de fugas (m ³)	Volumen 15_minutal de consumo estimado (m ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
17:15	7,08	7,36	6,23	6,89	6200,45	3652,32	2548,13
17:30	7,93	6,80	6,80	7,17	6455,27	3652,32	2802,95
17:45	8,49	7,64	7,93	8,02	7219,71	3652,32	3567,39
18:00	9,34	8,21	7,36	8,31	7474,52	3652,32	3822,20
18:15	9,06	7,36	6,80	7,74	6964,89	3652,32	3312,57
18:30	8,78	7,93	8,21	8,31	7474,52	3652,32	3822,20
18:45	9,06	7,64	6,80	7,83	7049,83	3652,32	3397,51
19:00	9,63	8,21	9,06	8,97	8069,08	3652,32	4416,76
19:15	7,93	7,08	6,51	7,17	6455,27	3652,32	2802,95
19:30	7,64	6,80	7,36	7,27	6540,20	3652,32	2887,88
19:45	6,23	5,66	6,51	6,13	5520,95	3652,32	1868,63
20:00	5,95	5,38	5,95	5,76	5181,20	3652,32	1528,88
20:15	5,66	5,66	5,95	5,76	5181,20	3652,32	1528,88
20:30	5,38	5,10	5,38	5,29	4756,51	3652,32	1104,19
20:45	5,10	4,53	5,38	5,00	4501,70	3652,32	849,38
21:00	4,53	4,25	4,81	4,53	4077,01	3652,32	424,69
21:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
21:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
21:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
22:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
22:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
22:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
22:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
23:00				4,06	3652,32	3652,32	0,00
23:15				4,06	3652,32	3652,32	0,00
23:30				4,06	3652,32	3652,32	0,00
23:45				4,06	3652,32	3652,32	0,00
Promedio	7,64	7,46	7,24		408836,10	222791,5	186044,58
					TOTAL	PÉRDIDA	

Hora	Caudal Día 1 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 2 de suministro (Lt/s)	Caudal Día 3 de suministro (Lt/s)	Caudal promedio suministrado (Lt/s)	Volumen 15_minutal suministrado (m ³)	Volumen 15_minutal de fugas (m ³)	Volumen 15_minutal de consumo estimado (m ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
					EFICIENCIA FÍSICA	45,51%	

Fuente: Autor

De estos datos registrados en Excel se procedió a determinar la curva de comportamiento de consumo diario durante tres días diferentes. En las columnas [2], [3] y [4] desde las 21h15 hasta las 05h45 no se presentan datos puesto que los valores registrados al determinar los promedios tanto a las 21h00 y 06h00 con similares por ello consideramos como constantes este volumen durante este periodo de tiempo en los tres días de mediciones. Las columnas de la tabla 12 se explican a continuación:

[1] Hora

[2] Caudal quinceminutal tomado el día 24 de febrero de 2020

[3] Caudal quinceminutal tomado el día 25 de febrero de 2020

[4] Caudal quinceminutal tomado el día 26 de febrero de 2020

[5] Caudal promedio calculado de los tres días registrados

[6] Volumen quinceminutal suministrado. - Es el volumen que se suministra cada quince minutos o 900 segundos.

[7] Volumen quinceminutal de fugas. - Es el volumen que para este estudio se considera constante debido a que el valor tomado a las 21h00 y 06h00 son prácticamente idénticos.

[8] Volumen quinceminutal de consumo estimado. – Es la diferencia entre el volumen quinceminutal suministrado y el volumen quinceminutal de fugas.

La **ilustración 18** indica la curva de suministro de caudal en los tres días de medición referidos, desde las 06h00 y 21h00, durante la jornada de clase.

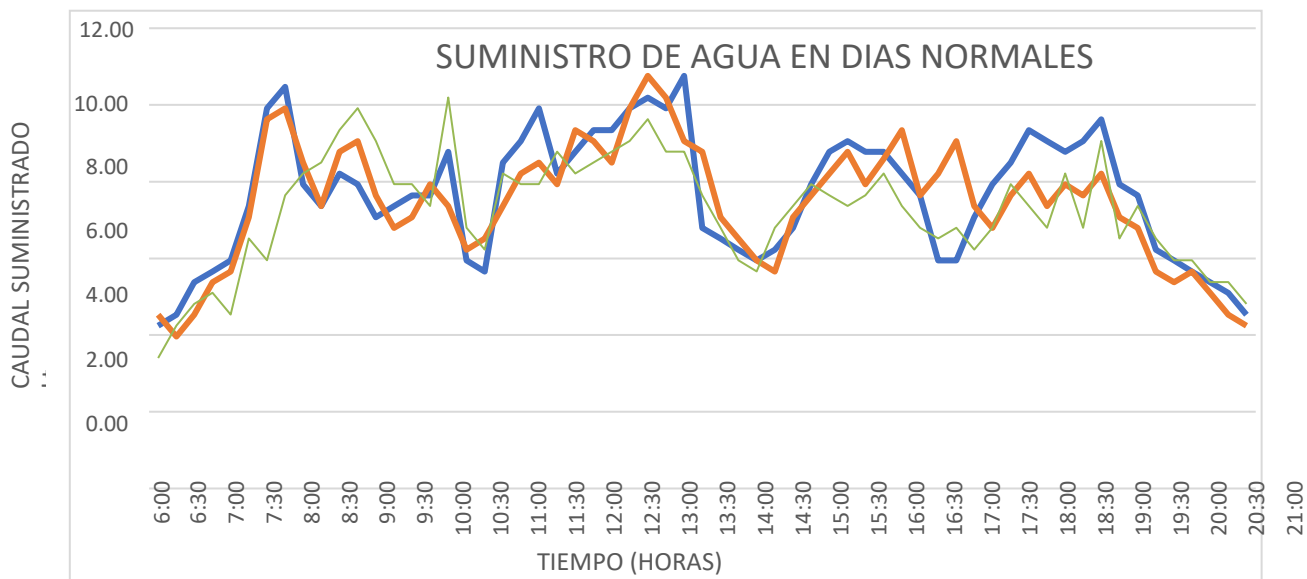


Ilustración 18. Curva de demanda de usuario de la UNL en días diferentes

Fuente: Autor

En la **ilustración 19**, se presenta el promedio registrado, misma que se corresponde con la demanda tipo de un día laboral.

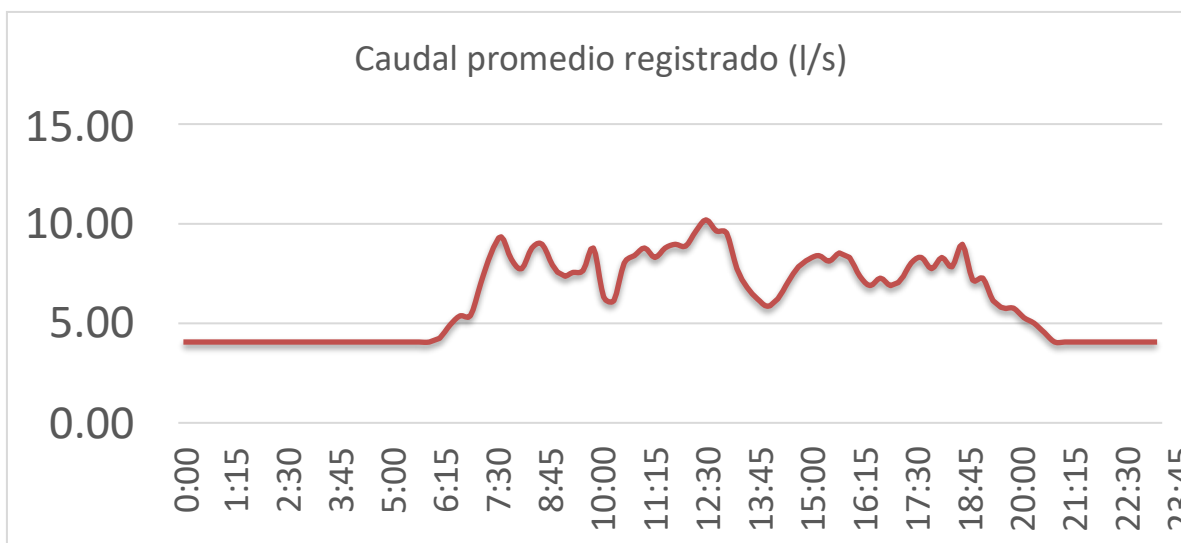


Ilustración 19. Curva de demanda tipo

Fuente: Autor

La **ilustración 20** explica cómo se compone el caudal de suministro de agua potable siendo igual a la suma del caudal de consumo y al caudal de fugas. Se resume en la siguiente expresión:

$$Q_{suministrado} = Q_{consumo} + Q_{fugas}$$

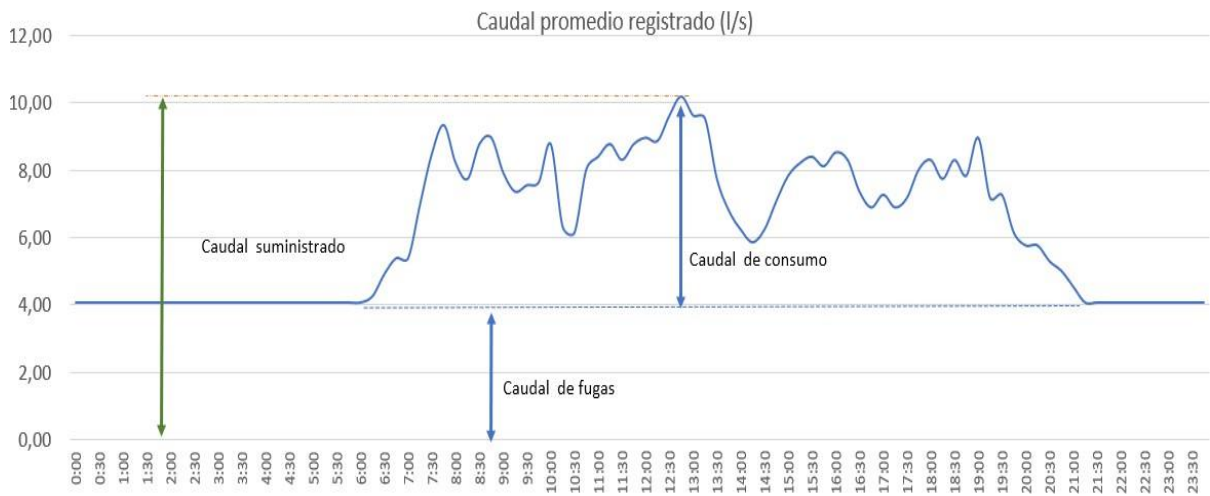


Ilustración 20.- Explicación de la curva de demanda tipo

Fuente: Autor

El caudal de fugas se considera constante puesto que a las 21 h00 y 06 h00 se registra un mismo valor de caudal.

La **ilustración 21** muestra los patrones de consumo por cada hora, estos se determinaron obteniendo el promedio de los cuatro valores quince minútales registrados por el medidor digital obtenidos por cada hora de suministro. La línea naranja representa el promedio de los patrones de consumos calculado.

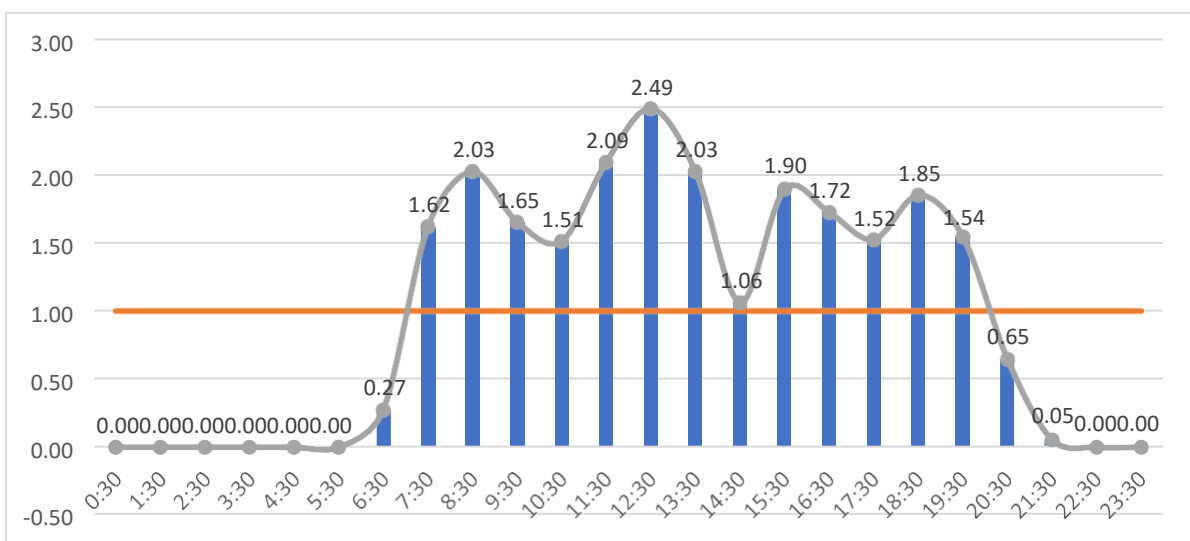


Ilustración 21. Curva tipo de acuerdo con el patrón de consumo

Fuente: Autor

6.1.5.4 Eficiencia física de la REDAP-UNL.

De acuerdo con la **Tabla 12**, una vez registrados los datos de caudal suministrado, se determinó el volumen total de suministro de agua potable durante los días registrados, así como el volumen de fugas y el volumen total de consumo (estimado). Para determinar la eficiencia física se aplica la **ecuación 7** :

$$\eta = \frac{\text{Volumen consumido}}{\text{Volumen suministrado}} * 100\%$$

$$\eta = \frac{186,044 \text{ m}^3}{408,836 \text{ m}^3}$$

$$\eta = 45,51 \%$$

Finalmente, se determinó que la **eficiencia física** de la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja es del 45,51 %.

6.2 Realizar el diseño óptimo de la red de agua potable, atendiendo a criterios de eficiencia hidráulica y energética.

De acuerdo con la evaluación física en el tanque de reserva y teniendo como base el estudio realizado en el año 2010 por la empresa GICA construcciones, se realizó los cálculos para corroborar lo realizado en este estudio y a su vez identificar parámetros que no estén de acuerdo con la norma ecuatoriana desde el punto de vista físico, hidráulico y energético de la red a construir.

6.2.1 Información base para rediseñar el sistema de agua potable.

Para rediseñar la red actual se consideró la siguiente información:

1.- Los parámetros básicos que exigen el Reglamento Local de Construcciones del Ilustre Municipio de Loja, la Norma ecuatoriana de la construcción (NEC-11) y la Norma urbana para estudios y diseños de sistemas de agua potable para poblaciones mayores a 1000 habitantes de la secretaria del Agua del Ecuador.

2.- Se considera la tasa de crecimiento poblacional que tienen la Universidad Nacional de Loja, así como también la población flotante y futura de acuerdo con la proyección que se tiene en el Plan Estratégico de Desarrollo (PEDI).

6.2.1.1 Período de rediseño.

Para el presente proyecto se adopta la vida útil para la conducción por medio de tuberías de PVC, misma que según la Norma urbana para estudios y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes nos recomienda un rango de 20 a 30 años, para nuestro estudio se tomará el valor de 30 años.

(Anexo 2)

6.2.1.2 Parámetros de presión y velocidad de acuerdo con normativa nacional.

Para un rediseño de la red de agua potable se considera las recomendaciones de la norma hidrosanitaria NHE agua para las instalaciones internas de los edificios, así como también para la red de distribución donde se toma en cuenta:

- Velocidad de diseño del agua en las tuberías de distribución debe fluctuar entre 0,6 m/s y 2,5 m/s, valores máximo y mínimo
- Velocidad del agua en las acometidas debe fluctuar el valor de 1,5 m/s.

6.2.2 Estudio poblacional.

6.2.2.1 Índice o tasa de crecimiento.

Para determinar la tasa de crecimiento se tomó como referencia el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) Diseño de instalaciones Sanitarias, donde se recomienda, de acuerdo con la región Sierra, una tasa del 1%, por ello calculamos con base a este valor.

6.2.2.2 Población flotante.

Este tipo de población se considera a las personas que residen de forma temporal en una comunidad o hábitat, para este caso la mayor demanda de población flotante la componen los estudiantes. Por ello la población flotante será la siguiente:

Tabla 13. Cantidad de estudiantes por facultad actual

Facultad	Número de estudiantes
Jurídica, Social y Administrativa	3726
Educación, Arte y Comunicación	2409
Agropecuaria y Recursos Naturales no Renovables	1599
Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables	1258
Modalidad de Estudios a Distancia	593
Subtotal	9585

Fuente: Dirección de Talento Humano - UNL

6.2.2.3 Población actual.

De la información obtenida de la Dirección de Talento humano sobre la cantidad de estudiantes actual de todas las facultades se tiene un total de **9585** habitantes. También se toma en cuenta el personal administrativo, docentes y trabajadores.

Tabla 14. Población de administrativos, docentes y trabajadores actual

Personal	Cantidad
Docentes contratados	488
Docentes con nombramiento	309
Administrativos contratados	76
Administrativos con nombramiento	232
Administrativos con nombramiento provisional	5
Trabajadores	126
Subtotal	1236

Fuente: Dirección de Talento Humano - UNL

Cálculo de la población actual

$Pa = 1236 + 9585 = 10821$ habitantes.

6.2.2.4 Estimación de la población futura.

Este cálculo depende de algunos factores como son:

- La construcción de nueva infraestructura para la recepción de una mayor cantidad de estudiantes en las actuales carreras que se ofertan en la Universidad Nacional de Loja, así como también de la creación de nuevas carreras.
- La disponibilidad de presupuesto a nivel de los gobiernos de turno para las entidades de educación pública para mejoramiento y ampliación en infraestructura.
- La concentración de la población rural de los diversos cantones de nuestra ciudad, así como también de otras ciudades de la Región sur de nuestro país.

Cálculo de la población futura. - Es la población que se estima variará en un tiempo determinado contabilizado en años de acuerdo con los diferentes métodos que se puede utilizar, en este caso específico se determinará por dos métodos:

1. Método o proyección geométricos. - Para determinar la población futura con este método aplicamos la **ecuación 1**, donde se tiene que:

Tasa de crecimiento: $r = 1 \% = 0,01$

Año de proyección: $n = 30$ años.

Población actual = 10821 habitantes.

Tabla 15. Proyección de población futura mediante método geométrico

TIEMPO DE PROYECCIÓN (EN AÑOS)						
Población actual	5	10	15	20	25	30
10821	11373	11953	12563	13204	13877	14585

Fuente: Autor

2. Método exponencial.- Para determinar la población futura mediante este método empleamos la **ecuación 2**:

Tabla 16. Proyección de población futura mediante método exponencial

TIEMPO DE PROYECCIÓN (EN AÑOS)						
Población actual	5	10	15	20	25	30
10821	11376	11959	12572	13217	13894	14607

Fuente: Autor

Luego de la aplicación de los dos métodos para la proyección de la población futura, se tomó para el cálculo de la red un valor promedio de ambos métodos de 14596 habitantes para el periodo de diseño de 30 años.

6.2.2.4 Identificación de área de servicio.

De acuerdo con la red instalada se prevé dos zonas completamente definidas, con densidades definidas de acuerdo con un área determinada y según la cantidad de población servida, donde se puede determinar lo siguiente:

Tabla 17. Área de zonas de servicio de agua potable UNL

Zona	Área (Ha)	Población a futuro (2050)
Alta	14,46	8560
Baja	10,36	6036

Fuente: (GICA, 2010)

De acuerdo con el estudio de la empresa GICA se considera el 58,61 % de población en la zona alta y en 41,39 % en la zona baja.

6.2.2.5 Proyección de la demanda de agua potable.

DENSIDAD POBLACIONAL

Para determinar la densidad poblacional se utiliza la **ecuación 3**:

$$DP = \frac{14596 \text{ hab}}{24,82 \text{ Ha}} = 588,074 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}}$$

CÁLCULO DE DEMANDAS A FUTURO

Caudal medio anual diario.- Lo obtenemos con la **ecuación 4** y **Tabla 18**. La dotación de 60 Lt/Hab/día se la obtuvo de las normas NEC-11 (**Ver tabla 19**):

$$Q_{md} = \frac{60 \text{ Lt/hab/día} * 14596 \text{ hab}}{86400}$$
$$Q_{md} = 10,14 \frac{\text{Lt}}{\text{s}}$$

Tabla 18. Dotaciones recomendadas por la norma NEC-11

Descripción	Dotación
Universidades	60 Lt/s
Oficinas	70 Lt/s
Población flotante	5 Lt/s

Fuente: (MIDUVI, 2011)

Caudal máximo diario. - Utilizamos la **ecuación 5** y la **Tabla 19** para el año 2050:

$$Q_{\text{máx}_{\text{día}}} = (1,4) * (10,14 \frac{\text{Lt}}{\text{s}})$$
$$Q_{\text{máx}_{\text{día}}} = 14,2 \frac{\text{Lt}}{\text{s}}$$

Caudal máximo horario. - Utilizamos la **ecuación 6** y la **Tabla 19** para el año 2050:

$$Q_{\text{máx}_{\text{hora}}} = (2,3) * (10,14 \frac{\text{Lt}}{\text{s}})$$
$$Q_{\text{máx}_{\text{hora}}} = 23,3 \frac{\text{Lt}}{\text{s}}$$

Tabla 19. Resultados de proyección de demanda calculados.

Parámetros de proyección de demanda	Cantidad
Dotación media adoptada (Lt/Hab/día) (norma NEC -11)	60
K_máximo_diario	1,4
K_máximo_horario	2,3
Caudal medio anual diario (Lt/s)	10,136
Caudal máximo diario (Lt/s)	14,190
Caudal máximo horario (Lt/s)	23,313

Fuente: Autor

CUADRO DE DEMANDAS.

Tabla 20. Demanda actual y futura según número de habitantes

Año	Población servida	Qmd (Lt/s)	QMD (Lt/s)	QMH (Lt/s)	Kd	Kh
2020	10821	7,51	9,768	11,27	1,3	1,5
2050	14607	10,14	14,20	23,33	1,4	2,3

Fuente: Autor

6.2.3 Volumen de reserva total

El volumen de reserva total representa el volumen de agua proyectado para la UNL a 30 años considerando al caudal medio diario, mismo que se denomina “Volumen de almacenamiento” más el “volumen de regulación de reserva” cuyos procedimientos de cálculo se explican a continuación.

6.2.3.1 Volumen de almacenamiento.

En la Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, se tiene los requerimientos para

el volumen de almacenamiento en los tanques de reserva, donde se toma en cuenta los volúmenes de regulación, contra incendios y emergencia que se detalla en la tabla 21 siguiente:

Volumen de regulación de almacenamiento.- Es el volumen que se obtiene del caudal medio diario para un día, multiplicado por el 25%:

$$Q_{md} = 10,136 \frac{\text{Lt}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 875,75 \text{ m}^3$$

De este volumen se determina el 25 %:

$$Vol_{\text{regulación almacenamiento}} = 0,25 * (875,75 \text{ m}^3) = 218,9 \text{ m}^3$$

Volumen contra incendios.- Este volumen de acuerdo a la norma NEC-11 se calcula con la expresión:

$$V_{\text{incendios}} = 50 * P^{0,5}$$

Donde:

P = es la población proyectada a futuro, expresada en miles:

$$V_{\text{incendios}} = 50 * (14,596)^{0,5}$$

$$V_{\text{incendios}} = 191 \text{ m}^3$$

Volumen de emergencia.- Este volumen es el 25 % del volumen de regulación de almacenamiento.

$$V_{\text{emergencia}} = 0,25 * V_{\text{regulación}}$$

$$V_{\text{emergencia}} = 0,25 * (218,9 \text{ m}^3)$$

$$V_{\text{emergencia}} = 54,7 \text{ m}^3$$

Tabla 21. Volúmenes de almacenamiento proyectados y calculados según la norma.

DESCRIPCIÓN DEL VOLUMEN	CÁLCULO	VOLUMEN (m ³)
Volumen de regulación de almacenamiento	0,25 * Qmd	218,9
Volumen contra incendios	50 * P ^{0,5}	191,0
Volumen de emergencia	0,25 * V _{reg_alm}	54,7
Volumen almacenamiento		464,7

Fuente: Autor

6.2.3.2 Volumen de regulación de reserva

- **Volumen de ingreso en 24 horas (PMAP)**

Caudal de suministro del Municipio de Loja PMAP: 8 Lt/s

$$V_{\text{ing}} = 8 \frac{\text{Lt}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * \frac{24\text{h}}{\text{día}} = 691,2 \text{ m}^3$$

- **Volumen de salida en 12 horas**

Qmd = 14,20 Lt/s

$$V_{\text{sal}} = 14,2 \frac{\text{Lt}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{12\text{h}}{\text{día}} = 613,03 \text{ m}^3$$

- **Volumen de ingreso en 12 horas (PMAP)**

Caudal de suministro del Municipio de Loja PMAP: 8 Lt/s

$$V_{\text{ing}} = 8 \frac{\text{Lt}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{12\text{h}}{\text{día}} = 345,6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{reg_reserva}} = (V_{\text{salida}} - V_{\text{ingreso}})_{12\text{h}}$$

$$V_{\text{reg_reserva}} = (613,03 - 345,6)_{12\text{h}}$$

$$V_{\text{sal}} = 267,43 \text{ m}^3$$

Tabla 22. Volumen de regulación para el tanque de reserva calculado

VOLUMEN DE REGULACIÓN DE RESERVA	VOLUMEN (m³)
Volumen de ingreso en 24 horas (PMAP)	691,2
Volumen de salida en 12 horas	613,03
Volumen de ingreso en 12 horas	345,6
Volumen de regulación de reserva:	267,43

Fuente: Autor

6.2.3.3 Volumen de reserva total

$$V_{reserva_total} = (Vol_{regulación_reserva} + Vol_{almacenamiento})$$

$$V_{reg_reserva} = (267,43 + 464,7) m^3$$

$$V_{sal} = 267,43 m^3$$

Volumen total de reserva = 732,1 m³

El valor calculado de acuerdo con la Norma NEC-11 y las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes; es de 732,1 m³ pero lo recomendable sería una infraestructura de mayor volumen que de acuerdo con el estudio realizado se recomienda un tanque de 800 m³, con el fin de garantizar el volumen consumido por los usuarios.

6.2.4 Estimación de caudales en edificios según número de aparatos sanitarios.

Para determinar el Caudal Máximo Probable-QMP por cada edificio, se contabilizó los aparatos sanitarios que contiene cada uno de ellos y se aplicó la norma NEC-11 con los caudales mínimos de cada aparato sanitario (**ver Anexo 2**). Los resultados se presentan en la tabla 23, cuya metodología de cálculo se explica a continuación de la tabla.

Tabla 23. Caudal máximo probable-QMP, en edificios de la UNL, de acuerdo a metodología NEC-11.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual bloque	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal total[Lt/s]	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A1	Aula de permacultura	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,00
A2	Laboratorio de FERNNR	Universidades	0	9	9	0	0	0	12	0	30	4,2	4	0,3728	1,57
A3	Bloque de aulas (Computación _Electrónica)	Universidades	0	6	4	0	4	0	2	0	16	3,4	4	0,4311	1,47
A4	Biblioteca FERNNR	Universidades	0	7	5	0	2	0	0	0	14	2,2	4	0,4468	0,98
A5	Baterías Sanitarias FERNNR	Universidades	15	1	12	10	0	0	1	0	39	3	4	0,3545	1,06
A6	Cuarto de maquinas	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		-
A7	Bloque de aulas	Universidades	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0,4	4	0,7021	0,28
A8	Bloque de aulas	Universidades	0	8	12	6	0	0	0	0	26	2,9	4	0,3841	1,114
A9	Cafetería FERNNR	Bares, cafeterías y restaurantes	0	2	1	0	0	0	1	0	4	0,5	4	0,7021	0,35
A10	Carrera Geología, Electrónica	Universidades	0	5	5	0	0	0	8	0	18	2,6	4	0,4183	1,09
A11	Bodega	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A12	Casa autosustentable	Universidades	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,2	4	1,0766	0,22
A13	Administración FEIRNR	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal total [Lt/s]	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A14	Bodega	Universidades	0	5	3	0	0	0	0	0	8	0,8	4	0,5309	0,42
A15	Laboratorio de micropropagación vegetal FARNR	Universidades	0	2	3	0	0	0	0	0	5	0,5	4	0,6351	0,32
A16	Modalidad de estudios a distancia (MED)	Universidades	4	2	4	0	2	0	0	0	12	1,6	4	0,4668	0,75
A17	Departamento de Bienestar Universitario	Oficinas	0	17	17	6	0	0	3	0	43	4,9	4	0,3484	1,71
A18	Bodega	Universidades	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0,3	4	1,0766	0,32
A19	Aulas de artes plásticas	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		-
A20	Carrera de música y artes plásticas	Universidades	4	3	8	2	0	0	0	0	17	1,4	4	0,4244	0,59
A21	S/N	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A22	Administración Quinta Argelia FARNR	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A23	Invernadero FARNR	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A24	Taller de electromecánica	Universidades	0	2	1	1		0	1	0	5	0,65	4	0,6351	0,41
A25	Taller Mecánica Automotriz	Universidades	0	0	0			0	0	0	0	0	-		-
A26	Aulas de artes plásticas	Universidades	0	0	0			0	0	0	0	0	4		-
A27	Bodega FARNR	Universidades	0	0	0			0	0	0	0	0	-		-
A28	Bodega FARNR	Universidades	0	0	0			0	0	0	0	0	-		-
A29	Banco de Germoplasma	Universidades	0	0	0			0	0	0	0	0	-		-
A30	Maquinaria agrícola y aserrio	Universidades	0	2	2			0	0	0	4	0,4	4	0,7021	0,28
A31	S/N	Universidades	0								0	0			
A32	PUEAR	Universidades	0								0	0			
A33	S/N	Universidades	0								0	0			
A34	Mantenimiento de equipos	Universidades	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,2	1	1,0191	0,204
A35	Servicios generales	Oficinas	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0,5	1	0,6085	0,304

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal total [Lt/s]	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A36	Gimnasio	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		-
A37	Gimnasia	Universidades	0	4	6	1	0	0	0	0	11	1,15	4	0,4790	0,55
A38	Coliseo	Universidades	0	8	7	6	0	0	0	4	25	3,2	4	0,3874	1,24
A39	Estadio	Universidades	0	10	14	8	0	2	0	10	44	6	4	0,3470	2,08
A40	Administración central bloque 1	Oficinas	0	23	21	2	0	1	0	0	47	4,9	1	0,1964	0,962
A41	Administración central bloque 2	Oficinas	0	25	16	1	0	0	0	0	42	4,25	1	0,2046	0,870
A42	Carrera Químico-biológica, psicología infantil y Psico rehabilitación	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A43	Baterías Sanitarias FEAC	Universidades	19	0	17	0	6	0	0	0	42	4,7	4	0,3498	1,64
A44	Cafetería FEAC	Bares, cafeterías y restaurantes	0	2	1	0	0	0	2	0	5	0,7	3	0,6013	0,42
A45	Laboratorios FEAC	Universidades	0	3	6	0	0	11	11	0	31	5,3	4	0,3703	1,96
A46	Centro de desarrollo infantil y Carrera Idioma Ingles	Universidades	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0,4	4	0,7021	0,28
A47	Bloque en remodelación	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		-
A48	Centro de desarrollo infantil	Universidades	0	5	4	0	0	0	0	0	9	0,9	4	0,5103	0,46
A49	Centro de desarrollo infantil	Universidades	0	7	8	2	0	0	0	0	17	1,8	4	0,4244	0,76
A50	Baterías Sanitarias FEAC	Universidades	20	0	22	0	7	0	0	0	49	5,7	4	0,3408	1,94
A51	Laboratorio física-mecánica de maderas	Oficinas	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,2	4	1,0766	0,22
A52	Informática Educativa, Lengua y Literatura	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A53	Carrera de Fisicomatemático	Universidades	0	2	2	2	0	0	0	0	6	0,7	4	0,5898	0,41
A54	Carrera de Educación Básica	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A55	Psicopedagogía	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A56	Baterías Sanitarias FEAC	Universidades	21	0	21	0	5	0	0	0	47	4,6	4	0,3432	1,58
A57	Administración FEAC	Oficinas	0	5	3	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual bloque	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal tota [Lt/s]	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A58	Nivel de Posgrado FEAC	Oficinas	0	7	5	4	0	1	0	0	17	2	4	0,4244	0,85
A59	Cafetería FEAC	Bares, cafeterías y restaurantes	0	2	1	0	0	0	2	0	5	0,7	3	0,6013	0,42
A60	Laboratorio de suelos	Universidades	0	2	10	0	0	12	0	0	24	3,6	4	0,3909	1,41
A61	Nivel de post grado FAARNR	Oficinas	0	2	2	2	0	0	0	0	6	0,7	4	0,5898	0,41
A62	Invernadero FARNR	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A63	Laboratorio de Fisiología vegetal	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A64	Herbario "Reinaldo Espinosa"	Universidades	0	1	1	0	0	3	0	0	5	0,8	4	0,6351	0,51
A65	Laboratorio de Bromatología, química y dasometría	Universidades	0	1	11	3	0	0	0	0	15	1,65	4	0,4385	0,72
A66	Carrera de Agronomía	Universidades	0	7	6	3	0	0	3	0	19	2,35	4	0,4128	0,97
A67	Área administrativa FARNR	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A68	Aula Magna FARNR	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A69	Sala de Docentes	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A70	Biblioteca FARNR	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A71	Ex CERACYT	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A72	Cafetería FARNR	Bares, cafeterías y restaurantes	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0,4	3	0,7885	0,315
A73	Carrera de Veterinaria	Universidades	0	6	4	6	0	0	0	0	16	1,9	4	0,4311	0,82
A74	Laboratorio Diagnostico Veterinario	Universidades	0	7	7	4	0	11	1	0	30	4,4	4	0,3728	1,64
A75	Anfiteatro de Veterinaria	Universidades	0	0	0	0	0	1	4	0	5	1	4	0,64	0,64
A76	Laboratorio de apicultura	Universidades	0	4	10	0	0	12	0	0	26	3,8	-		-
A77	Guarda almacén	Universidades	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,2	4	1,0766	0,22
A78	Laboratorio ambiental	Universidades	0	1	1	0	0	5	0	1	8	1,4	4	0,5309	0,74
A79	Laboratorio de Patología veterinaria	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual bloque	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal	Factor f	Coefficiente k	QMP (lt/s)	
A80	Hospital Veterinario	Universidades	0	2	3	0	0	11	0	0	16	2,7	4	0,4311	1,16
A81	Aulas de veterinaria	Universidades	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0,4	3	0,6709	0,27
A82	Cafetería FARNR	Bares, cafeterías y restaurantes	0	4	2	1	0	0	0	0	7	0,75	3	0,5195	0,39
A83	Administración y Post Grado FARNR	Oficinas	12	0	12		6	0	0	0	30	4,2	4	0,3728	1,57
A84	Carrera Ingeniería Forestal	Universidades	0	5	3	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A85	Carrera de Agrícola	Universidades	0	5	3	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A86	Carrera de medio ambiente	Universidades	0	6	4	0	0	0	0	0	10	1	4	0,4933	0,49
A87	Administración FJSA	Oficinas	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0,4	1	0,6085	0,24
A88	Carrera de Trabajo Social	Universidades	0	4	4	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A89	Carrera de Derecho	Universidades	0	4	4	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A90	Innovación Coworking	Universidades	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0,3	4	1,0766	0,32
A91	Bloque de aulas Carrera de Derecho	Universidades	0	6	2	6	0	0	0	0	14	1,7	4	0,4468	0,76
A92	Aula magna y Carrera de Derecho	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A93	Baterías sanitarias FJSA	Universidades	0	7	6	0	0	0	2	0	15	1,7	4	0,4385	0,75
A94	Biblioteca FJSA	Universidades	0	3	3	0	0	0	0	0	6	0,6	4	0,5898	0,35
A95	Carrera de Administración Pública	Universidades	0	4	4	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A96	Sección Administrativa y Académica de Derecho	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		-
A97	Baterías sanitarias FJSA	Universidades	0	7	6	2	0	0	0	0	15	1,6	4	0,4385	0,70
A98	Carrera de Banca y Finanzas	Universidades	0	4	4	4	0	0	0	0	12	1,4	4	0,4668	0,65
A99	Carrera de Comunicación Social	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		-
A100	Carrera de Economía	Universidades	0	6	4	2	0	0	0	0	12	1,3	4	0,4668	0,607
A101	Cafetería FJSA	Bares, cafeterías y restaurantes	0	2	2	0	0	0	1	0	5	0,6	3	0,6013	0,361

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código actual bloque	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duchas	Total, aparatos	Caudal total[Lt/s]	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A102	Baterías Sanitarias FJSA	Universidades	15	0	15	0	12	0	1	0	43	7,7	4	0,3484	2,68
A103	Carrera de Administración de Empresas	Universidades	30	21	32	0	24	0	0	0	107	17,3	4	0,3063	5,30
A104	Obelisco -Plaza de Cultura	Universidades	0								0	0			
A105	Carrera de Contabilidad y Auditoria	Universidades	11	0	9	0	3	0	0	0	23	2,4	4	0,3947	0,95
A106	Bodega	Universidades	0	1	1	0	0	0	1	0	3	0,4	4	0,8157	0,326
A107	Bodega	Universidades	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,2	4	1,0766	0,215
A108	Ex Cater	Universidades	0	3	3	0	0	0	1	0	7	0,8	4	0,5566	0,445
A109	Dirección de centro de investigación	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
A110	Bodega	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
A111	Centro de Biotecnología	Universidades	0	1	1	0	0	3	0	0	5	0,8	4	0,6351	0,508
A112	Carrera de Administración Turística	Universidades	0	9	9	2	0	0	0	0	20	2,1	4	0,4077	0,86
A113	Nivel de Post Grado FJSA	Oficinas	0	9	9	2	0	0	0	0	20	2,1	4	0,4077	0,86
A114	Laboratorio análisis químico 2	Universidades	0	2	2	0	0	4	0	0	8	1,2	4	0,5309	0,637
A115	Laboratorio análisis químico 1	Universidades	0	7	7	1	0	4	0	0	19	2,35	4	0,4128	0,970
A116	Radio universitaria y cubículos de docentes agrícola	Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
A117	Aulas Carrera de Forestal	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
A118	Mantenimiento vehicular	Universidades	0	4	5	2	0	0	0	0	11	1,2	4	0,4790	0,575

Fuente: Autor

Estos valores determinados se ingresaron en los nodos de consumo de la red realizada en Epanet para su correspondiente simulación.

La explicación de la data de cada columna se presenta a continuación:

- [1] Código actualmente del bloque
- [2] Nombre del edificio de la UNL
- [3] Tipo de edificación de acuerdo con la Norma NEC-11
- [4] Inodoros con fluxor
- [5] Inodoros con depósito
- [6] Lavabos
- [7] Urinarios con llave
- [8] Urinario con fluxor
- [9] Fregaderos
- [10] Grifos
- [11] Duchas
- [12] Número total de aparatos por edificio
- [13] Caudal total por edificio
- [14] Factor F según tipo edificación de acuerdo con Norma NEC-11 (**Ver Anexo 4**)
- [15] Coeficiente de simultaneidad calculado (**Ver ejemplo modelo**)
- [16] Caudal máximo probable calculado por edificación (**Ver ejemplo modelo**)

Para determinar el **caudal máximo probable-QMP** por edificios se siguió la metodología siguiente, que fue aplicada, a manera de ejemplo, al bloque A2 de la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la UNL

Ejemplo modelo: Edificio A2

Contabilizado el número total de cada aparato existente en el edificio multiplicamos por el caudal instantáneo mínimo requerido de cada aparato de acuerdo con la norma NEC-11 (Ver Anexo 2) y realizamos las respectivas sumatorias:

Tabla 24. Tabla modelo para cálculo del caudal máximo probable.

APARATO SANTUARIO	INODORO CON FLUXOR	INODORO CON DEPÓSITO	LAVABOS	URINARIO CON LLAVE	URINARIO CON FLUXOR	FREGADEROS	GRIFOS	DUCHAS	SUMA (LT/S)
Caudal instantáneo mínimo (Qi) [Lt/s]	1,25	0,1	0,1	0,15	0,5	0,2	0,2	0,2	
Cantidad (N° aparatos)	0	9	9	0	0	0	12	0	30
Caudal instantáneo*N° aparatos [Lt/s]	0	0,9	0,9	0	0	0	2,4	0	4,2

Fuente: Autor

2.- Determinamos el factor F según el tipo de edificación (Ver anexo 4)

Código bloque	Edificio	Tipo de edificación (NEC - 11)	Factor (F)
A2	Laboratorio de FEIRNNR	Universidades	4

Fuente: Norma Hidrosanitaria NHE Agua, NEC - 11

3.- Determinamos el coeficiente de simultaneidad mediante la ecuación 20.

$$ks = \frac{1}{\sqrt{30 - 1}} + 4 * (0,04 + 0,04 * \log(\log(4)))$$

$$ks = 0,3728$$

4. Aplicamos la ecuación 21 y determinamos el caudal máximo probable del edificio:

$$QMP = 0,3728 * 4,2 \frac{Lt}{s}$$

$$QMP = 1,57 \frac{Lt}{s}$$

6.2.5 Evaluación eficiencia hidráulica mediante EPANET.

Evaluación de la situación actual

Para determinar la situación actual de la red se simuló con los diámetros de tubería que hoy en día se encuentran en la red de agua potable los mismos que se indican a continuación:

Tabla 25. Datos ingresados para condición actual de la red

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro actual [mm]
8	N1	A106,107,108	280,72	152
10	A106,107,108	N2	107,41	150,2
11	N2	N14	52,84	150,2
13	N38	N81	142,43	103,2
14	N81	N87	148,47	103,2
15	N87	A34	113,02	103,2
17	N103	N89	64,31	83
18	N89	A82	140,26	83
19	A82	N54	36,7	83
20	N54	N27	114,06	103,2
21	N27	NT	29,47	103,2
22	NT	N17	50,73	103,2
23	N17	N15	33,01	103,2
24	N15	N14	34,98	103,2
25	N2	N3	47,94	84,4
26	N3	N4	65,79	84,4
27	N4	N5	20,87	84,4
29	N12	N27	175,21	84,4
30	N54	N53	48,83	70,4
31	N53	N52	17,1	70,4
32	N52	N51	8,8	70,4
33	N51	N48	13,2	70,4
34	N48	N47	20,03	70,4
35	N47	N46	30,65	70,4
36	N46	N45	47,64	59
37	N45	N44	14,53	59
38	N44	N39	27,1	59
39	N39	N38	62,58	59
40	N46	N74	19,04	59
41	N74	N78	20,74	59
42	N78	N80	44,36	59
43	N80	N103	104,56	59
44	N80	N86	108,31	59
45	N86	N87	62,3	59
46	N3	N20	31,86	46
47	N20	N21	1,93	46
48	N20	N22	20,47	46
49	N22	N23	5,05	46
50	N23	N24	14,75	46
51	N24	N25	3,81	46
52	N24	N26	17,86	46
53	N26	A102	3,77	46
54	A111	N4	9,24	46

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro actual [mm]
55	N5	A112	10,31	46
56	A112	N6	16,98	46
57	N6	N7	12,8	46
61	A112	A113	4,11	46
62	N7	N8	3,09	46
63	N8	A114	5,03	46
64	A114	N10	2,42	46
65	N10	A115	2	46
66	N8	N9	1,46	46
67	N5	N11	25,15	84,4
68	N11	N12	4,88	84,4
69	N11	N13	32,68	46
70	N13	A103	21,61	46
71	N13	A105	22,61	46
72	N12	A118	10	46
73	N15	A97	13,31	46
74	A97	A98	5,62	46
75	A97	N16	6,49	46
76	N16	A95	3,22	46
80	N19	A100	3,93	46
81	NT	N28	11,58	46
82	N28	N29	7,11	46
83	N28	A94	8,77	46
85	N32	N33	9,48	46
86	N33	N34	5	46
87	N33	N35	9,39	46
88	N35	A90	13,27	46
89	N29	N30	8,37	46
90	N30	A93	2,97	46
91	N30	N31	17,43	46
92	N31	N32	7,21	46
93	N31	A91	2,11	46
94	N18	N19	17,75	46
95	N17	N18	19,76	46
96	N18	A101	2,78	46
28	N39	N40	12,53	46
58	N40	A89	5,61	46
59	N40	N41	14,29	46
60	N41	N42	18,38	46
77	N42	A87	8,92	46
78	N41	N43	21,64	46
79	N43	A88	5,99	46

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud[m]	Diámetro actual [mm]
84	N44	N62	14,68	46
97	N62	N63	14,65	46
98	N63	N64	7,8	46
99	N64	N68	16,38	46
100	N68	N69	16,1	46
101	N69	N70	3,6	46
102	N62	A56	4,58	46
103	N63	A59	1,7	46
104	N64	N65	17,57	46
105	N65	N66	13,16	46
106	N65	N67	21,4	46
107	N67	A50	6,85	46
108	N68	A58	13,77	46
109	N68	A53	17,89	46
110	N69	A57	13,79	46
111	N70	N71	9,81	46
112	N71	N73	8,62	46
113	N71	N72	20,21	46
114	N72	A44	8,86	46
115	A84	N45	15,13	46
116	N47	A85	34,07	46
117	N48	N49	9,21	46
118	N49	A61	3,39	46
119	N49	N50	6,66	46
120	N50	A64	6,57	46
121	N51	A86	21,89	46
122	N52	N55	17,39	46
124	N57	A75	3,78	46
125	N55	N58	15,11	46
126	N58	A80	3,81	46
127	N58	A74	8,62	46
128	N57	N56	5,8	46
129	N56	N55	1,56	46
130	N56	A73	1,03	46
131	N53	N59	15,15	46
132	N59	N60	1,04	46
133	N60	N61	7,76	46
134	N61	A78	3,75	46
135	N59	A77	1,15	46
136	A82	A81	18,09	46
137	N74	N75	40,25	46
138	N75	A48	2,67	46

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro actual [mm]
139	N75	N77	7,97	46
140	N77	A51	10,57	46
141	A48	N76	9,18	46
142	N76	A49	5,74	46
143	N78	N79	11,36	46
144	N89	N90	26,93	46
145	N90	N91	17,66	46
146	N91	A72	1,87	46
147	N90	N92	39,73	46
148	N92	A66	5,58	46
149	N92	N93	8,48	46
150	N93	A83	47,41	46
151	N93	N94	4,31	46
152	N94	N95	31,64	46
153	N95	A65	3,75	46
154	N95	N96	7,71	46
155	N96	N97	10,49	46
156	N97	N99	16,74	46
157	N99	NV	5,27	46
158	N97	N98	7,69	46
159	N99	N100	26,68	46
160	N100	A60	9,76	46
161	N100	N101	8,08	46
162	N101	N102	7,09	46
163	N86	N88	46,46	46
164	N88	A41	4,14	46
165	N88	A40	6,48	46
166	N81	A43	29,02	46
167	A43	N82	9,32	46
168	N82	A45	7,55	46
169	N82	N83	5,33	46
170	N83	N84	4,23	46
171	N83	N85	22,68	46
173	N85	A46	8,2	46
2	2	A106,107,108	176,96	59
4	N105	A37	217,56	69,2
5	A37	A38	96,9	69,2
6	A38	A39	178,3	69,2
7	N104	A17	79,74	83
9	A17	N106	93,13	83
174	N106	N108	6,17	83
175	N105	N104	73,22	69,2

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro actual [mm]
176	N104	A34	101,26	83
177	N108	A18	27,92	58
178	A18	A24	27,92	58
179	A24	N109	27,92	58
180	N109	A20	27,92	58
181	A20	N110	3,02	58
182	N110	N111	70	58
183	N111	A30	30,11	58
184	N106	A16	29	69,2
185	A16	N107	29	69,2
186	N107	A14	29	69,2
187	A14	A12	29	69,2
188	A12	A10	29	69,2
189	A10	A9	31,69	69,2
190	A9	A8	2,71	69,2
191	A8	A7	22	69,2
192	A7	A5	22	69,2
193	A5	A4	22,11	69,2
194	A4	A3	36,74	69,2
195	A3	A2	36,74	69,2
196	A35	A34	101	83
197	N103	A35	110,05	83
3	N37	N38	40,27	103,2
12	N14	N36	40,27	103,2
1	1	N1	264,71	152
123	N36	N37	No Disponible	103,2 Válvula

Fuente: Autor

Mediante estos diámetros de tuberías se tiene el siguiente comportamiento de presiones en los nodos de entrada a cada edificio (Ver tabla 26 – columna 4) de la red actual.

Tabla 26. Datos obtenidos en Epanet de la condición actual de la red

ID Nudo (1)	Demanda [Lt/s] (2)	Altura [m](3)	Presión de acometida [mca](4)
A106,107,108	0,99	2195,8	11,26
A34	0,2	2165,71	26,43
A82	0,39	2172,28	14,28
A102	2,68	2178,8	3,3
A111	0,51	2181,14	4,75
A112	0,86	2178,85	1,89
A113	0,86	2178,82	1,86
A114	0,64	2177,24	0,28

ID Nudo (1)	Demanda [Lt/s] (2)	Altura [m](3)	Presión de acometida [mca](4)
A115	0,97	2177,2	0,24
A105	0,95	2170,89	-6,35
A103	5,3	2166,99	-10,25
A118	0,57	2179,39	2,15
A97	0,7	2183,89	14,44
A98	0,65	2183,86	14,41
A95	0,65	2183,84	14,39
A101	0,36	2182,45	14,04
A100	0,61	2182,36	13,95
A94	0,35	2179,78	12,91
A90	0,32	2179,11	12,24
A93	0,75	2179,34	12,47
A91	0,76	2179,15	12,28
A89	0,65	2169,93	8,56
A87	0,24	2169,82	8,45
A88	0,65	2169,72	8,34
A56	1,58	2163,6	3,83
A59	0,42	2161,21	1,44
A50	1,94	2158,65	-1,12
A58	0,85	2159,1	-0,67
A53	0,41	2159,17	-0,6
A57	0,65	2158,87	-0,9
A44	0,42	2158,8	-0,97
A84	0,65	2167,73	12,66
A85	0,65	2167,93	9,26
A61	0,41	2168,24	9,57
A64	0,51	2168,21	9,53
A86	0,49	2168,5	9,83
A75	0,64	2166,46	7,79
A74	1,64	2165,42	6,75
A80	1,16	2165,57	6,9
A73	0,82	2166,49	7,82
A77	0,22	2169,75	11,08
A78	0,74	2169,68	11,01
A81	0,27	2172,26	14,26
A51	0,22	2166,8	12,19
A48	0,46	2166,78	12,16
A49	0,76	2166,7	12,08
A72	0,31	2157,99	8,99
A66	0,97	2145,39	-3,61
A83	1,57	2142,38	-6,62
A65	0,72	2138,32	-10,68
A60	1,41	2131,04	-14,92
A41	0,87	2166,05	16,78

ID Nudo (1)	Demanda [Lt/s] (2)	Altura [m](3)	Presión de acometida [mca](4)
A40	0,96	2166,03	16,76
A43	1,64	2166,97	11,97
A45	1,96	2165,94	10,94
A46	0,28	2166,05	11,05
A37	0,55	2152,29	20,93
A38	1,24	2151,18	17,33
A39	2,08	2150,29	14,59
A17	1,71	2152,28	18,09
A18	0,32	2148,08	9,34
A24	0,41	2147,94	9,86
A20	0,59	2147,8	12,16
A30	0,28	2147,76	12,81
A16	0,75	2146,03	10,71
A14	0,42	2142,25	9,73
A12	0,22	2140,59	11,39
A10	1,09	2139	10,98
A9	0,35	2137,68	10,46
A8	1,11	2137,57	10,47
A7	0,28	2136,98	10,14
A5	1,06	2136,44	9,81
A4	0,98	2136,08	9,89
A3	1,47	2135,72	10,09
A2	1,57	2135,6	10,34
A35	0,3	2166,28	27

Fuente: Autor

Con estos resultados podemos evaluar de forma estadística las presiones de acometida en cada una de las edificaciones que se indica en la **columna (4)**, tomando en cuenta la norma NEC-11 tenemos los siguientes resultados estadísticos:

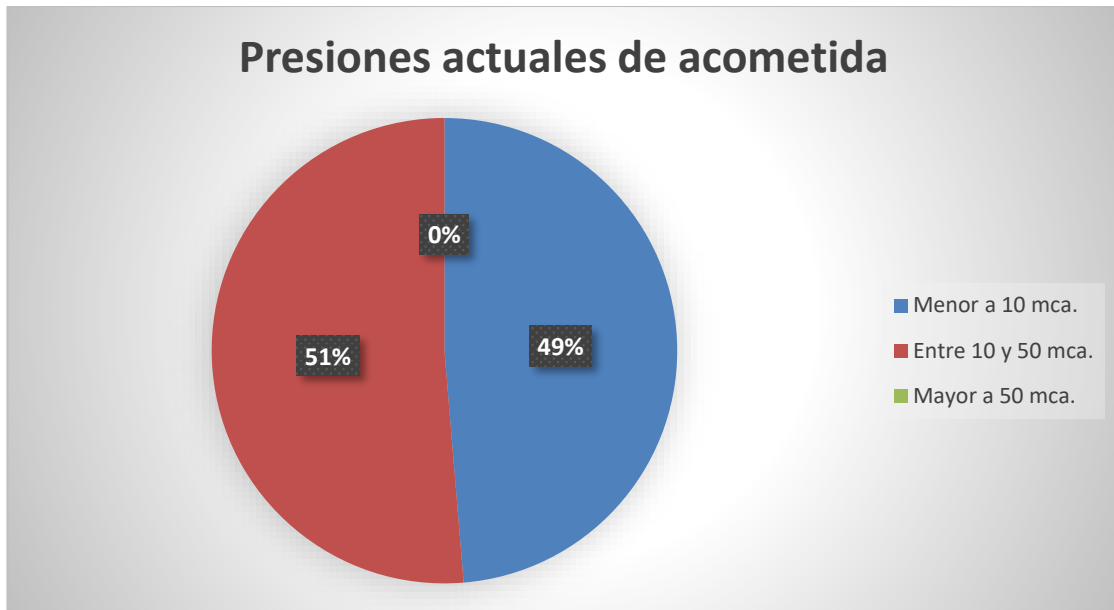


Ilustración 22. Análisis estadístico de presión actual de acometidas

Fuente: Autor

La **ilustración 22** nos indica que el 49 % de las presiones son menores a la mínima requerida e incluso existe depresiones o presiones negativas, el 51% se encuentran dentro del rango recomendado y el 0 % indica que no existe presiones que sobrepasen la máxima recomendada en las entradas de acometidas a cada edificación.

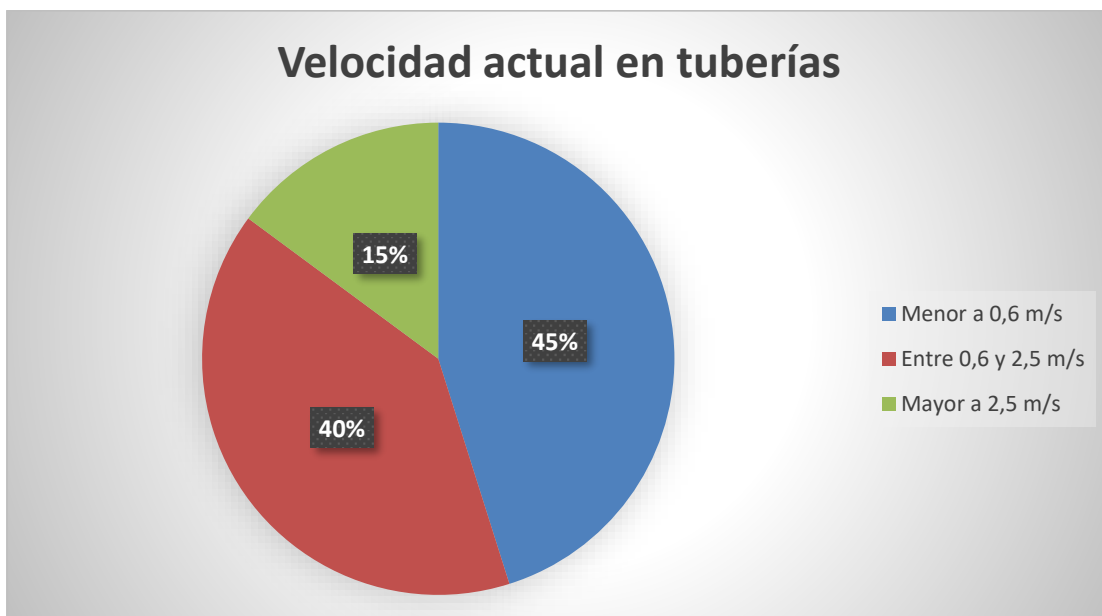


Ilustración 23. Análisis estadístico de velocidad actual en tuberías.

Fuente: Autor

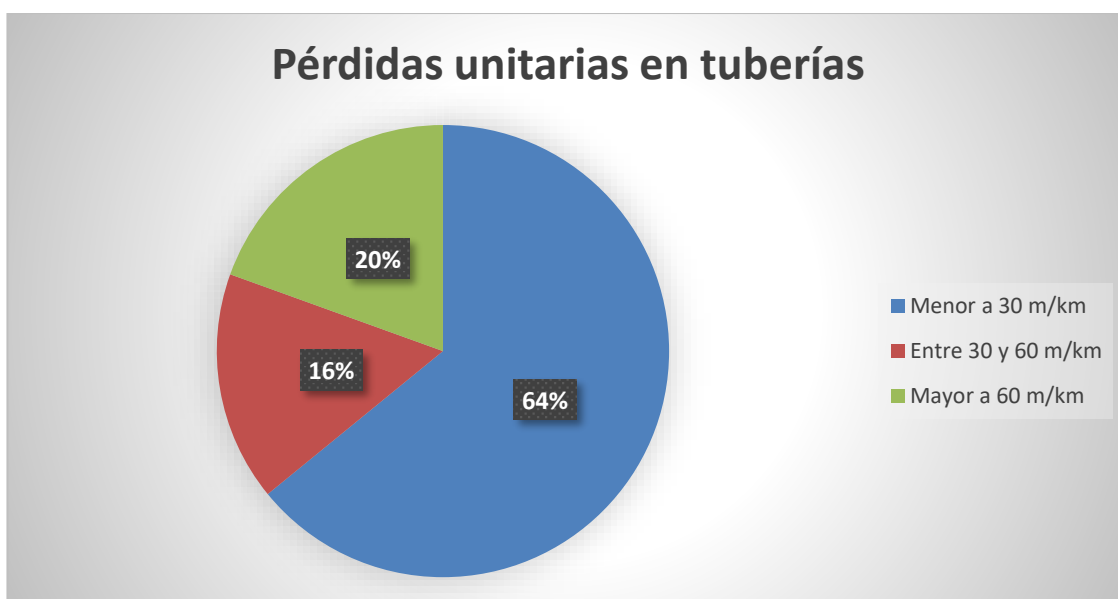


Ilustración 24. Análisis estadístico de pérdidas unitarias actuales en tuberías.

Fuente: Autor

Evaluación de propuesta de rediseño según empresa consultora GICA

Los datos presentados en la **Tabla 27** son los utilizados para la simulación por parte de la empresa consultora GICA en 2010:

Tabla 27. Datos de empresa consultora GICA ingresados en Epanet

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro [mm]
p49	n55	n56	138,6	75
p53	n58	n59	104,56	63
p54	n59	n60	211,05	90
2	n48	n31	142,43	110
3	n39	n48	80,55	110
5	1	n28	545,43	160
7	n76	n72	140,26	90
8	n72	n56	36,7	90
10	n60	n38	113,02	110
11	n60	n70	101,26	90
12	n38	n31	148,47	110
13	n39	n1	52,84	160
14	n1	n26	107,41	160
15	n26	n28	280,72	160
17	n42	n25	24,47	110
19	n25	n56	114,06	110
1	n59	12	40	90
6	12	n76	24,31	90

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro [mm]
4	n1	15	67,97	90
21	5	6	67,97	90
22	6	7	67,97	90
23	7	n25	67,97	90
16	n39	8	38,64	110
24	8	9	38,64	110
25	9	n42	38,64	110
26	n48	11	50,7	63
27	11	10	50,7	63
28	10	n55	50,7	63
29	n58	14	66,47	63
30	14	n55	20	63
31	n58	13	80	63
32	13	n38	24,56	63
9	15	5	67,97	90
18	n70	16	73,22	75
20	16	17	217,56	75
33	17	18	96,9	75
34	18	19	178,3	75
35	n70	2	79,74	90
36	2	3	93,13	90
37	3	4	6,17	90
38	4	20	27,92	63
39	20	21	27,92	63
40	21	22	27,92	63
41	22	23	27,92	63
42	23	24	3,02	63
43	24	25	70	63
44	25	26	30,11	63
45	3	27	29	75
46	27	28	29	75
47	28	29	29	75
49	30	31	29	75
50	31	32	31,69	75
51	32	33	2,71	75
52	33	34	22	75
53	34	35	22	75
54	35	36	22,11	75
55	36	37	36,74	75
56	37	38	36,74	75
48	29	30	29	75

Fuente: (GICA, 2010)

Resultados de nodos

Tabla 28. Resultados de nodos presentados por empresa consultora GICA

ID Nodo	Demanda [Lt/s]	Altura [m]	Presión [mca]
n1	0	2226,71	52,41
n25	0	2225,16	60,67
n26	0	2227,78	43,24
n28	0	2230,57	-4,06
n31	0,74	2223,96	68,65
n38	0	2222,91	77,53
n39	0	2226,33	55,79
n42	2,24	2225,29	58,42
n48	0	2225,12	60,98
n55	3,13	2223,05	67,98
n56	0,31	2224,33	65,66
n58	0	2222,91	70,86
n59	0	2222,88	74,94
n60	0	2222,24	83,24
n70	2,49	2219,32	85,41
n72	0	2224,08	68,08
n76	0	2223,15	73,15
5	0	2225,87	49,49
6	1,02	2225,47	48,51
7	2,09	2225,21	48,21
8	0,61	2225,95	56,5
9	0,27	2225,61	57,2
10	2,2	2223,13	63,36
11	0,81	2223,92	62,55
12	2,03	2222,99	73,96
13	1,1	2222,88	73,88
14	0,74	2222,97	68,97
15	0,28	2226,27	51,27
2	0,34	2218,53	84,34
3	1,94	2217,69	81,07
4	0,99	2217,68	78,26
16	0,69	2218,98	87,53
17	0,9	2218,4	87,04
18	0,9	2218,33	84,48
19	0	2218,33	82,63
20	0	2217,62	78,88
21	0,04	2217,56	79,48
22	0,28	2217,51	80,41
23	0	2217,48	81,84

ID Nodo	Demanda [Lt/s]	Altura [m]	Presión [mca]
24	0,39	2217,47	81,97
25	0,14	2217,46	83,28
26	0,14	2217,45	82,5
27	0,19	2217,6	82,28
28	0,26	2217,53	83,45
29	0	2217,47	84,95
30	0,13	2217,42	88,22
31	0,13	2217,37	89,35
32	0,13	2217,33	90,11
33	0	2217,32	90,22
34	0	2217,3	90,46
35	0,36	2217,28	90,65
36	0,14	2217,26	91,07
37	0,3	2217,25	91,62
38	0,3	2217,24	91,98
1	-28,75	2236	0

Fuente: (GICA, 2010)

De acuerdo con las demandas adoptadas por parte de esta empresa que se describe en la **Tabla 28** se evaluó la presión de acometida en los nodos que se indican en donde de forma estadística se tiene lo siguiente:

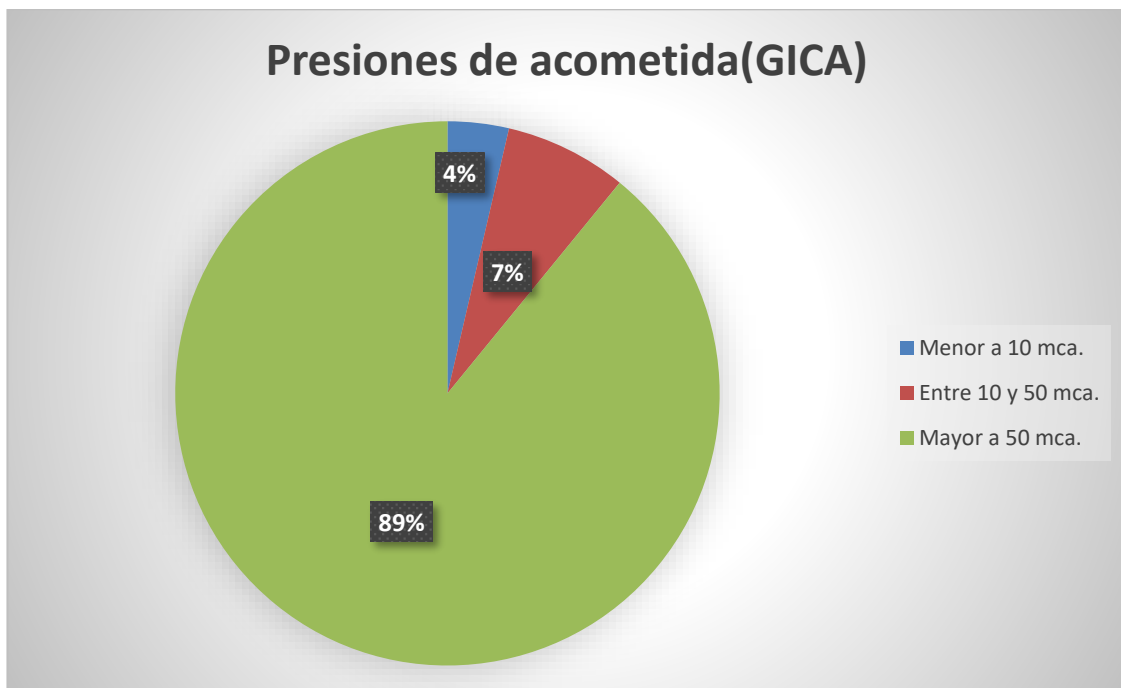


Ilustración 25 .- Presiones de acometida según GICA

Fuente: Autor

De acuerdo a la **ilustración 25** tenemos que el 4 % de las presiones de acometida están por debajo de la mínima requerida, el 7 % se encuentran en el rango permitido y 89% de presiones de acometida sobrepasa la máxima permitida de 50 mca.

Resultados de líneas o tuberías.

Tabla 29. Resultados de líneas presentados por empresa consultora GICA

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdidas unitarias [m/km]	Estado
p49	-3,68	0,83	11,56	Abierto
p53	0,28	0,09	0,25	Abierto
p54	3,25	0,51	3,67	Abierto
2	9,44	0,99	10,01	Abierto
3	13,25	1,39	19,14	Abierto
5	28,75	1,43	12,63	Abierto
7	-5	0,79	8,23	Abierto
8	-5	0,79	8,23	Abierto
10	-7,93	0,83	7,18	Abierto
11	11,18	1,76	38,4	Abierto
12	-8,7	0,92	8,57	Abierto
13	-23,78	1,18	8,77	Abierto
14	-28,75	1,43	12,63	Abierto
15	-28,75	1,43	12,63	Abierto
17	7,41	0,78	6,32	Abierto
19	8,99	0,95	9,1	Abierto
1	-2,97	0,47	3,1	Abierto
6	-5	0,79	8,23	Abierto
4	4,97	0,78	8,13	Abierto
21	4,69	0,74	7,29	Abierto
22	3,67	0,58	4,6	Abierto
23	1,58	0,25	0,97	Abierto
16	10,53	1,11	12,32	Abierto
24	9,92	1,04	10,99	Abierto
25	9,65	1,02	10,43	Abierto
26	3,81	1,22	29,88	Abierto
27	3	0,96	18,94	Abierto
28	0,8	0,26	1,62	Abierto
29	-0,61	0,2	0,99	Abierto
30	-1,35	0,43	4,24	Abierto
31	0,33	0,11	0,33	Abierto
32	-0,77	0,25	1,53	Abierto
9	4,69	0,74	7,29	Abierto
18	2,49	0,56	5,55	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdidas unitarias [m/km]	Estado
20	1,8	0,41	3,04	Abierto
33	0,9	0,2	0,86	Abierto
34	0	0	0	Abierto
35	6,2	0,97	12,39	Abierto
36	5,86	0,92	11,13	Abierto
37	1,98	0,31	1,47	Abierto
38	0,99	0,32	2,4	Abierto
39	0,99	0,32	2,4	Abierto
40	0,95	0,3	2,23	Abierto
41	0,67	0,21	1,18	Abierto
42	0,67	0,21	1,18	Abierto
43	0,28	0,09	0,25	Abierto
44	0,14	0,04	0,05	Abierto
45	1,94	0,44	3,48	Abierto
46	1,75	0,4	2,88	Abierto
47	1,49	0,34	2,15	Abierto
49	1,36	0,31	1,82	Abierto
50	1,23	0,28	1,51	Abierto
51	1,1	0,25	1,21	Abierto
52	1,1	0,25	1,23	Abierto
53	1,1	0,25	1,24	Abierto
54	0,74	0,17	0,61	Abierto
55	0,6	0,14	0,41	Abierto
56	0,3	0,07	0,13	Abierto
48	1,49	0,34	2,15	Abierto

Fuente: (GICA, 2010)

Velocidad:

En la **Tabla 29** se muestra los resultados de velocidad donde estadísticamente en la **ilustración 26** se indica los rangos de velocidad donde existe un 58 % de velocidades por debajo de la mínima requerida, el 42 % se encuentra dentro del rango permitido y no existe velocidades que excedan los 2,5 m/s.

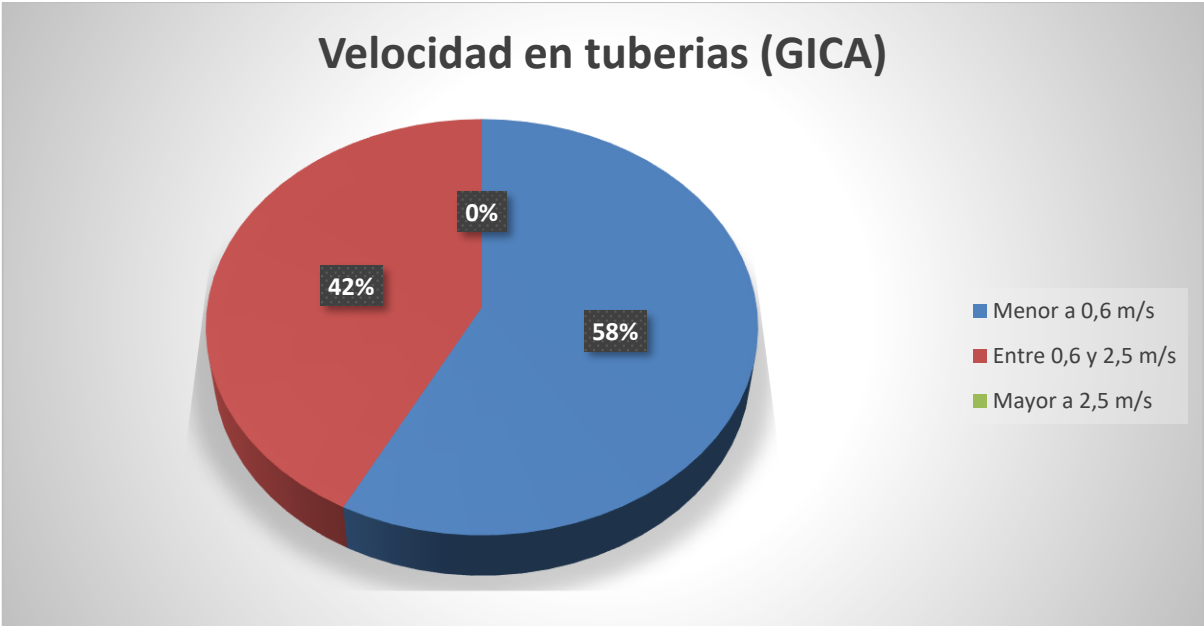


Ilustración 26. Velocidad de tuberías según GICA

Pérdidas unitarias.- De los resultados que se muestran en la **Tabla 29** se puede observar en la **ilustración 27** que estadísticamente el 100 % de las tuberías presentan pérdidas unitarias por metros de tubería menores a 30 mca.

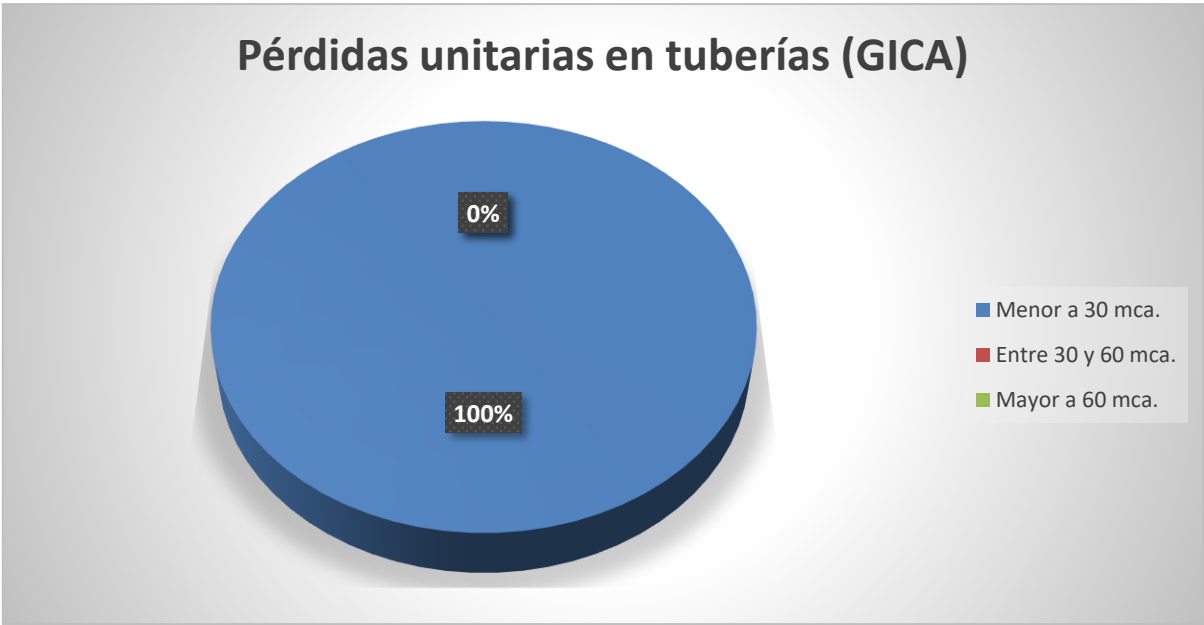


Ilustración 27. Pérdidas unitarias en tuberías según GICA

Fuente: Autor

Debido a los valores excesivos de presión evaluados en el diseño presentado por la empresa GICA y la falta de presión en el sistema de distribución actual se realizó un ajuste a los diámetros de tuberías con el fin tener una red equilibrada que este lo más cercano a la normativa nacional, por ello se planteó y evaluó el siguiente rediseño.

Evaluación de rediseño propuesto

Para el análisis de la red se partió de los datos e información proporcionada por la Unidad de Desarrollo Físico de la UNL a través de planos en AutoCAD. Estos planos fueron exportados a EPANET mediante EPACAD. Durante la simulación en Epanet, se reportó una gran cantidad de presiones negativas, presiones bajas, así como velocidades fuera del rango señalado por la norma (0,6 a 2,5 m/s). En la presente tesis se realizó un ajuste en los diámetros de las tuberías de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 30**, lo que generó un mejor diseño ajustado a la normativa nacional de presiones (alrededor de 50 mca) y velocidades entre 0,6 m/s y 2,5 m/s.

Tabla 30. Datos ingresados en Epanet de longitud y diámetro de tuberías de la REDAP-
UNL- Propuesta.

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
8	N1	A106,107,108	280,72	152	190,2
10	A106,107,108	N2	107,41	150,2	190,2
11	N2	N14	52,84	150,2	150,2
13	N38	N81	142,43	103,2	83
14	N81	N87	148,47	103,2	83
15	N87	A34	113,02	103,2	83
17	N103	N89	64,31	83	83
18	N89	A82	140,26	83	101,6
19	A82	N54	36,7	83	101,6
20	N54	N27	114,06	103,2	150,2
21	N27	NT	29,47	103,2	150,2
22	NT	N17	50,73	103,2	150,2
23	N17	N15	33,01	103,2	150,2
24	N15	N14	34,98	103,2	150,2
25	N2	N3	47,94	84,4	84,4
26	N3	N4	65,79	84,4	84,4
27	N4	N5	20,87	84,4	84,4
29	N12	N27	175,21	84,4	70,4
30	N54	N53	48,83	70,4	117,2
31	N53	N52	17,1	70,4	117,2
32	N52	N51	8,8	70,4	117,2
33	N51	N48	13,2	70,4	117,2

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
34	N48	N47	20,03	70,4	117,2
35	N47	N46	30,65	70,4	117,2
36	N46	N45	47,64	59	59
37	N45	N44	14,53	59	59
38	N44	N39	27,1	59	59
39	N39	N38	62,58	59	59
40	N46	N74	19,04	59	70,4
41	N74	N78	20,74	59	59
42	N78	N80	44,36	59	59
43	N80	N103	104,56	59	46
44	N80	N86	108,31	59	59
45	N86	N87	62,3	59	59
46	N3	N20	31,86	46	46
47	N20	N21	1,93	46	46
48	N20	N22	20,47	46	46
49	N22	N23	5,05	46	46
50	N23	N24	14,75	46	46
51	N24	N25	3,81	46	46
52	N24	N26	17,86	46	46
53	N26	A102	3,77	46	46
54	A111	N4	9,24	46	46
55	N5	A112	10,31	46	46
56	A112	N6	16,98	46	46
57	N6	N7	12,8	46	46
61	A112	A113	4,11	46	46
62	N7	N8	3,09	46	46
63	N8	A114	5,03	46	46
64	A114	N10	2,42	46	46
65	N10	A115	2	46	46
66	N8	N9	1,46	46	46
67	N5	N11	25,15	84,4	84,4

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
68	N11	N12	4,88	84,4	70,4
69	N11	N13	32,68	46	46
70	N13	A103	21,61	46	46
71	N13	A105	22,61	46	46
72	N12	A118	10	46	46
73	N15	A97	13,31	46	46
74	A97	A98	5,62	46	46
75	A97	N16	6,49	46	46
76	N16	A95	3,22	46	46
80	N19	A100	3,93	46	46
81	NT	N28	11,58	46	46
82	N28	N29	7,11	46	46
83	N28	A94	8,77	46	46
85	N32	N33	9,48	46	46
86	N33	N34	5	46	46
87	N33	N35	9,39	46	46
88	N35	A90	13,27	46	46
89	N29	N30	8,37	46	46
90	N30	A93	2,97	46	46
91	N30	N31	17,43	46	46
92	N31	N32	7,21	46	46
93	N31	A91	2,11	46	46
94	N18	N19	17,75	46	46
95	N17	N18	19,76	46	46
96	N18	A101	2,78	46	46
28	N39	N40	12,53	46	46
58	N40	A89	5,61	46	46
59	N40	N41	14,29	46	46
60	N41	N42	18,38	46	46
77	N42	A87	8,92	46	46
78	N41	N43	21,64	46	46

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
79	N43	A88	5,99	46	46
84	N44	N62	14,68	46	46
97	N62	N63	14,65	46	46
98	N63	N64	7,8	46	46
99	N64	N68	16,38	46	46
100	N68	N69	16,1	46	46
101	N69	N70	3,6	46	46
102	N62	A56	4,58	46	46
103	N63	A59	1,7	46	46
104	N64	N65	17,57	46	46
105	N65	N66	13,16	46	46
106	N65	N67	21,4	46	46
107	N67	A50	6,85	46	46
108	N68	A58	13,77	46	46
109	N68	A53	17,89	46	46
110	N69	A57	13,79	46	46
111	N70	N71	9,81	46	46
112	N71	N73	8,62	46	46
113	N71	N72	20,21	46	46
114	N72	A44	8,86	46	46
115	A84	N45	15,13	46	46
116	N47	A85	34,07	46	46
117	N48	N49	9,21	46	46
118	N49	A61	3,39	46	46
119	N49	N50	6,66	46	46
120	N50	A64	6,57	46	46
121	N51	A86	21,89	46	46
122	N52	N55	17,39	46	46
124	N57	A75	3,78	46	46
125	N55	N58	15,11	46	46
126	N58	A80	3,81	46	46

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
127	N58	A74	8,62	46	46
128	N57	N56	5,8	46	46
129	N56	N55	1,56	46	46
130	N56	A73	1,03	46	46
131	N53	N59	15,15	46	46
132	N59	N60	1,04	46	46
133	N60	N61	7,76	46	46
134	N61	A78	3,75	46	46
135	N59	A77	1,15	46	46
136	A82	A81	18,09	46	46
137	N74	N75	40,25	46	46
138	N75	A48	2,67	46	46
139	N75	N77	7,97	46	46
140	N77	A51	10,57	46	46
141	A48	N76	9,18	46	46
142	N76	A49	5,74	46	46
143	N78	N79	11,36	46	46
144	N89	N90	26,93	46	46
145	N90	N91	17,66	46	46
146	N91	A72	1,87	46	46
147	N90	N92	39,73	46	46
148	N92	A66	5,58	46	46
149	N92	N93	8,48	46	46
150	N93	A83	47,41	46	46
151	N93	N94	4,31	46	46
152	N94	N95	31,64	46	46
153	N95	A65	3,75	46	46
154	N95	N96	7,71	46	46
155	N96	N97	10,49	46	46
156	N97	N99	16,74	46	46
157	N99	NV	5,27	46	46

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
158	N97	N98	7,69	46	46
159	N99	N100	26,68	46	46
160	N100	A60	9,76	46	46
161	N100	N101	8,08	46	46
162	N101	N102	7,09	46	46
163	N86	N88	46,46	46	46
164	N88	A41	4,14	46	46
165	N88	A40	6,48	46	46
166	N81	A43	29,02	46	46
167	A43	N82	9,32	46	46
168	N82	A45	7,55	46	46
169	N82	N83	5,33	46	46
170	N83	N84	4,23	46	46
171	N83	N85	22,68	46	46
173	N85	A46	8,2	46	46
2	2	A106,107,108	176,96	59	59
4	N105	A37	217,56	69,2	69,2
5	A37	A38	96,9	69,2	69,2
6	A38	A39	178,3	69,2	69,2
7	N104	A17	79,74	83	83
9	A17	N106	93,13	83	83
174	N106	N108	6,17	83	69,2
175	N105	N104	73,22	69,2	69,2
176	N104	A34	101,26	83	83
177	N108	A18	27,92	58	46
178	A18	A24	27,92	58	46
179	A24	N109	27,92	58	46
180	N109	A20	27,92	58	46
181	A20	N110	3,02	58	46
182	N110	N111	70	58	46
183	N111	A30	30,11	58	46

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Longitud [m]	Diámetro AutoCAD UNL [mm]	Diámetro Propuesto [mm]
184	N106	A16	29	69,2	83
185	A16	N107	29	69,2	69,2
186	N107	A14	29	69,2	69,2
187	A14	A12	29	69,2	69,2
188	A12	A10	29	69,2	69,2
189	A10	A9	31,69	69,2	69,2
190	A9	A8	2,71	69,2	69,2
191	A8	A7	22	69,2	69,2
192	A7	A5	22	69,2	69,2
193	A5	A4	22,11	69,2	69,2
194	A4	A3	36,74	69,2	69,2
195	A3	A2	36,74	69,2	69,2
196	A35	A34	101	83	83
197	N103	A35	110,05	83	83
3	N37	N38	40,27	103,2	84,4
12	N14	N36	40,27	103,2	84,4
1	1	N1	264,71	152	190,2
123	N36	N37	No Disponible	103,2 Válvula	84,4 Válvula

Fuente: Autor

6.2.5.1 Parámetros de evaluación hidráulica.

Dotación. – Se consideró para la UNL la dotación recomendada por la norma NEC-11 para instituciones educativas cuyo valor fluctúa de 40 a 60 Lt/estudiante/día. Para esta tesis se adoptó el valor máximo de 60 Lt/estudiante/día.

Dentro de la presente investigación se corroboró los volúmenes de almacenamiento existentes determinados en la Unidad de Desarrollo Físico de la UNL, los cuales son adecuados y coinciden con los cálculos.

6.2.5.2 Presión dinámica de acometida en los edificios de UNL

De acuerdo con lo señalado en la **Norma Ecuatoriana de la Construcción** (NEC-11) en su **Capítulo 16** denominado **Norma Hidrosanitaria NHE Agua numeral 16.5.3.2** respecto de la presión en cualquier punto de consumo se indica que no deberá ser mayor que 50 mca, para el presente estudio se analizó dicha presión a la entrada de cada edificio, a consecuencia del uso de aparatos sanitarios instalados por ello la denominamos “presión de acometida”. Este límite de presión máxima permitida se pudo comprobar en la **Norma INEN**, en donde hace referencia a los requisitos en sistemas de abastecimiento de agua potable se indica en el **numeral 4.6.1** que en todo caso la presión mínima será de 0,10 MPa o 10 mca y la máxima de 0,5 MPa o 50 mca.

Para determinar la diferencia de operación de la red se realizó la simulación en el software Epanet con los diámetros de tuberías actuales (**ver Tabla 25**), los que permitió evaluar los resultados presentados en la **Tabla 26**. En este caso se determinó la existencia de presión menores a la mínima requerida de 10 mca, en la mayor parte de puntos de consumo.

Así mismo se evaluó el estudio realizado por la empresa consultora GICA en el año 2010, donde mediante los datos de la **Tabla 27** se presenta los resultados de nodos en la **Tabla 28** y de las tuberías o líneas en la **Tabla 29**.

En este estudio al realizar la simulación lo que se presentan son presiones de acometida mayores a la máxima permitida por la norma de 50 mca.

Tomando como base la situación actual y la proyectada por la empresa GICA, el presente estudio se plantea un ajuste al dimensionamiento de los diámetros de tubería de la red, los mismos que se presentan en la **Tabla 30** sombreados con la finalidad de obtener una red equilibrada, que en su mayoría cumpla los rangos permitidos por la norma ecuatoriana los mismos que arrojan los resultados de la **Tabla 31** y **Tabla 32**. Además de la presión se evalúa la velocidad y las pérdidas unitarias que provocan el transporte del fluido en las

tuberías, las mismas que de manera comparativa en la **ilustración 29** podemos determinar que estadísticamente el 100 % de las presiones simuladas a través del cambio de diámetros propuestos cumplen con la norma el rango permitido entre 10 y 50 mca.

Asimismo, se considera que los consumos en cada uno de los nodos se ejecutan de forma constante y que sus valores se corresponden con lo señalado en la **columna 16** de la **Tabla 23**. La longitud de las tuberías se obtuvo del plano AutoCAD proporcionado por la UNL, la rugosidad de la información proporcionada por la empresa Rival (**Ver anexo 7**).

Tabla 31. Presiones dinámicas de acometida en edificios de UNL-Propuesta

ID Nudo	Demanda [Lt/s]	Altura [m]	Presión de acometida [mca]
A35	0,3	2189,06	49,78
A82	0,39	2204,98	46,97
A81	0,27	2204,96	46,96
A77	0,22	2204,65	45,98
A51	0,22	2200,57	45,96
A48	0,46	2200,54	45,93
A78	0,74	2204,58	45,91
A49	0,76	2200,47	45,86
A86	0,49	2203,84	45,17
A101	0,36	2213,23	44,82
A61	0,41	2203,47	44,8
A64	0,51	2203,44	44,77
A97	0,7	2214,2	44,75
A100	0,61	2213,14	44,73
A98	0,65	2214,17	44,72
A95	0,65	2214,16	44,71
A34	0,2	2183,64	44,36
A94	0,35	2211,13	44,26
A85	0,65	2202,91	44,24
A93	0,75	2210,69	43,82
A91	0,76	2210,5	43,63
A90	0,32	2210,46	43,59
A73	0,82	2201,88	43,21
A75	0,64	2201,84	43,17
A80	1,16	2200,96	42,29
A74	1,64	2200,81	42,14
A72	0,31	2189,33	40,33
A37	0,55	2170,23	38,87
A41	0,87	2185,76	36,49
A40	0,96	2185,73	36,46
A106,107,108	0,99	2220,6	36,06

ID Nudo	Demanda [Lt/s]	Altura [m]	Presión de acometida [mca]
A84	0,65	2191,11	36,04
A17	1,71	2170,21	36,02
A111	0,51	2212,06	35,68
A38	1,24	2169,11	35,26
A102	2,68	2209,08	33,58
A118	0,57	2210,69	33,45
A112	0,86	2209,97	33,01
A113	0,86	2209,94	32,98
A39	2,08	2168,22	32,52
A114	0,64	2208,37	31,41
A115	0,97	2208,33	31,37
A12	0,22	2159,84	30,64
A10	1,09	2158,25	30,23
A16	0,75	2165,28	29,96
A8	1,11	2156,83	29,73
A9	0,35	2156,93	29,71
A30	0,28	2164,64	29,69
A2	1,57	2154,86	29,6
A7	0,28	2156,23	29,39
A3	1,47	2154,97	29,34
A4	0,98	2155,33	29,14
A20	0,59	2164,75	29,11
A5	1,06	2155,69	29,06
A14	0,42	2161,51	28,99
A66	0,97	2176,73	27,73
A24	0,41	2165,17	27,09
A18	0,32	2165,58	26,84
A89	0,65	2186,73	25,36
A87	0,24	2186,62	25,25
A88	0,65	2186,52	25,15
A105	0,95	2202,18	24,94
A83	1,57	2173,72	24,72
A43	1,64	2179,5	24,5

ID Nudo	Demanda [Lt/s]	Altura [m]	Presión de acometida [mca]
A56	1,58	2183,9	24,13
A46	0,28	2178,58	23,58
A45	1,96	2178,47	23,47
A59	0,42	2181,51	21,74
A103	5,3	2198,28	21,04
A65	0,72	2169,67	20,67
A53	0,41	2179,47	19,7
A58	0,85	2179,41	19,64
A57	0,65	2179,18	19,41
A44	0,42	2179,11	19,34
A50	1,94	2178,96	19,19
A60	1,41	2165,42	16,42

Fuente: Autor

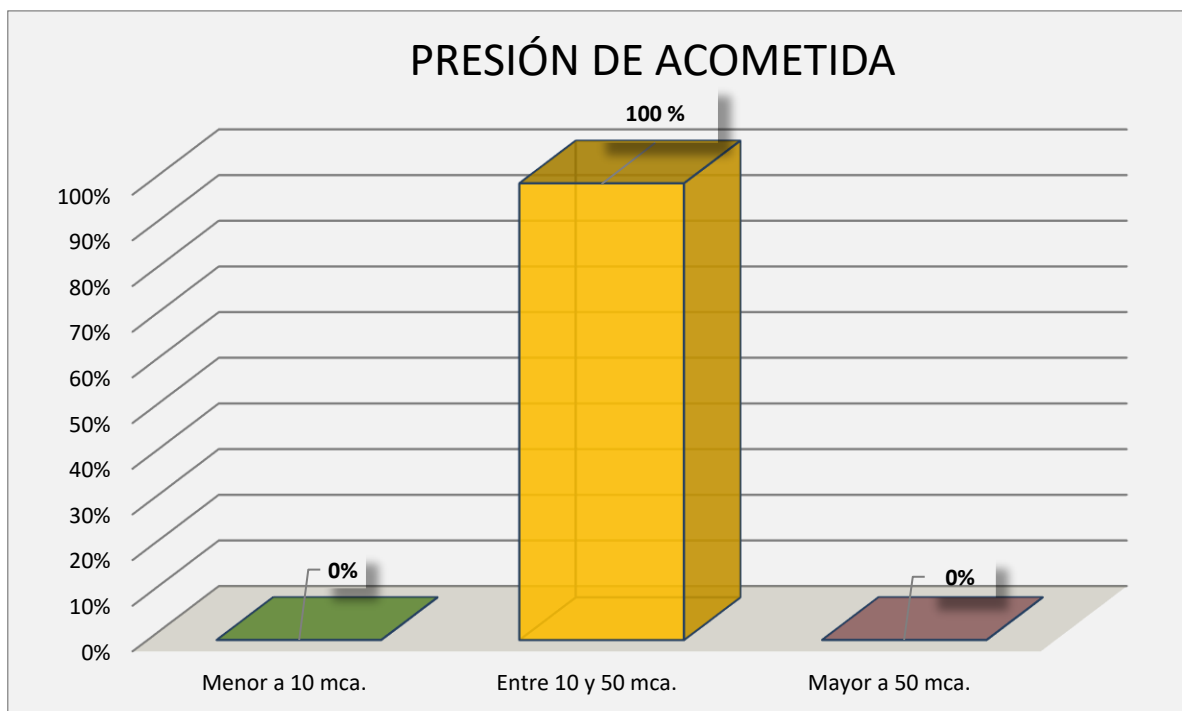


Ilustración 28. Análisis de presiones estadísticamente según rediseño.

Fuente: Autor

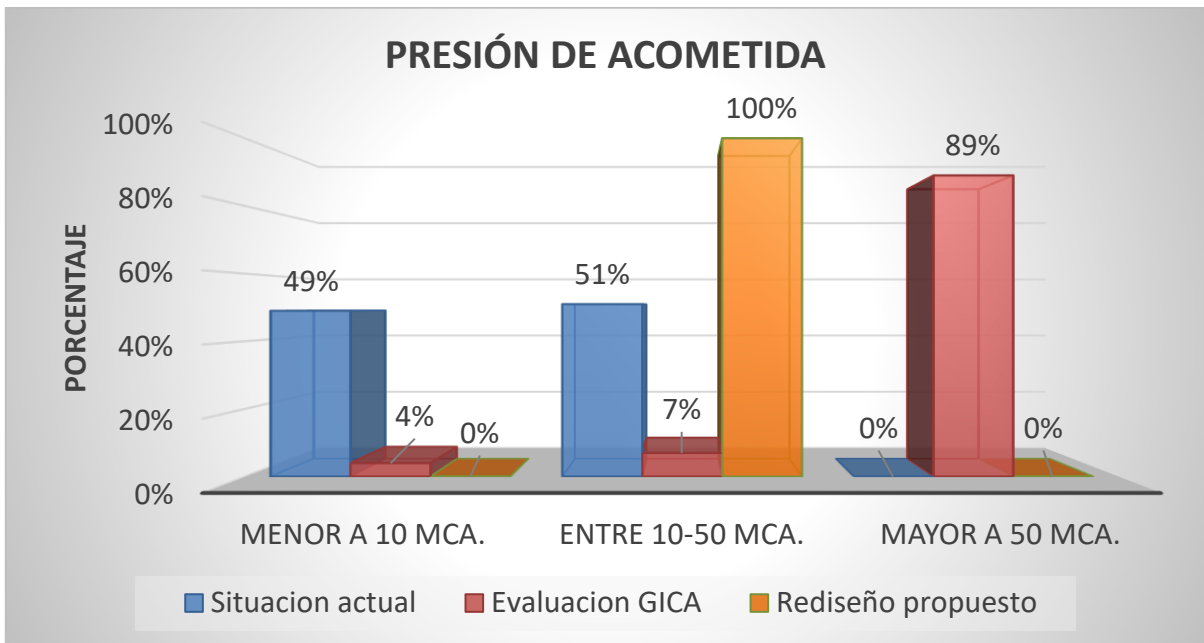


Ilustración 29 .- Comparación de presiones de acometida - rediseño

Fuente: Autor

Velocidad:

Según la norma NEC-11 es permitido un rango de velocidad entre 0,6 y 2,5 m/s en la tubería , siendo la óptima un valor de 1,2 m/s ; mientras que en la acometida debe fluctuar un valor de 1,5 m/s. La simulación estadísticamente en la **ilustración 30** presenta un 42 % de valores dentro del rango óptimo, sin embargo, existen valores mayores a 2,5 un 14 % de valores superiores a la requerida y el 44 % de valores por debajo de la mínima requerida.

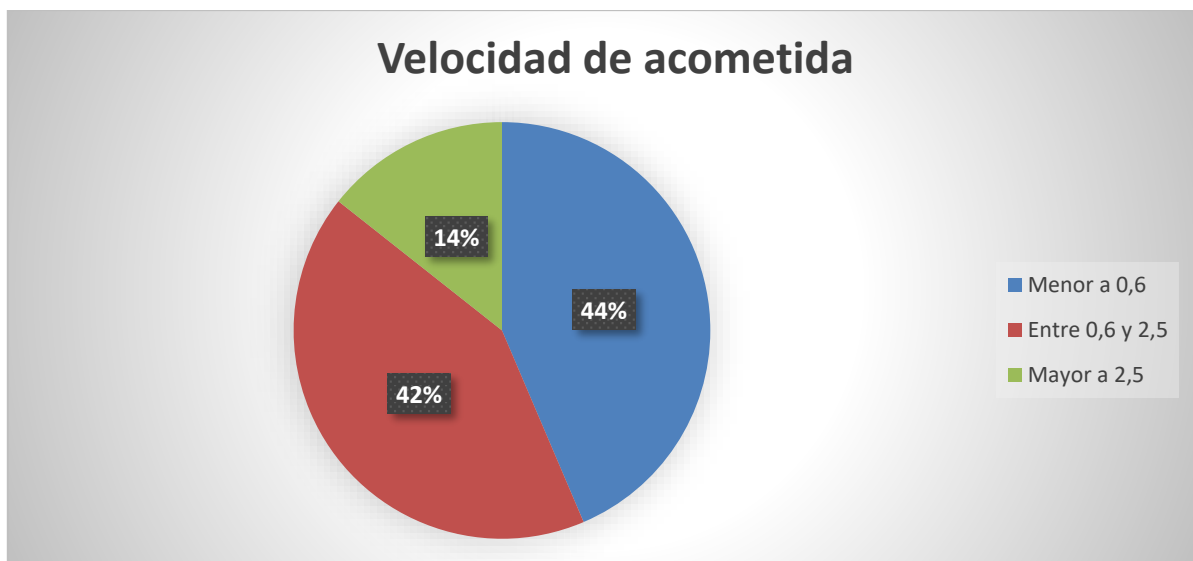


Ilustración 30. Rango de velocidad según rediseño

Fuente: Autor

En la **ilustración 31** se presenta la distribución de velocidad en la REDAP de la UNL

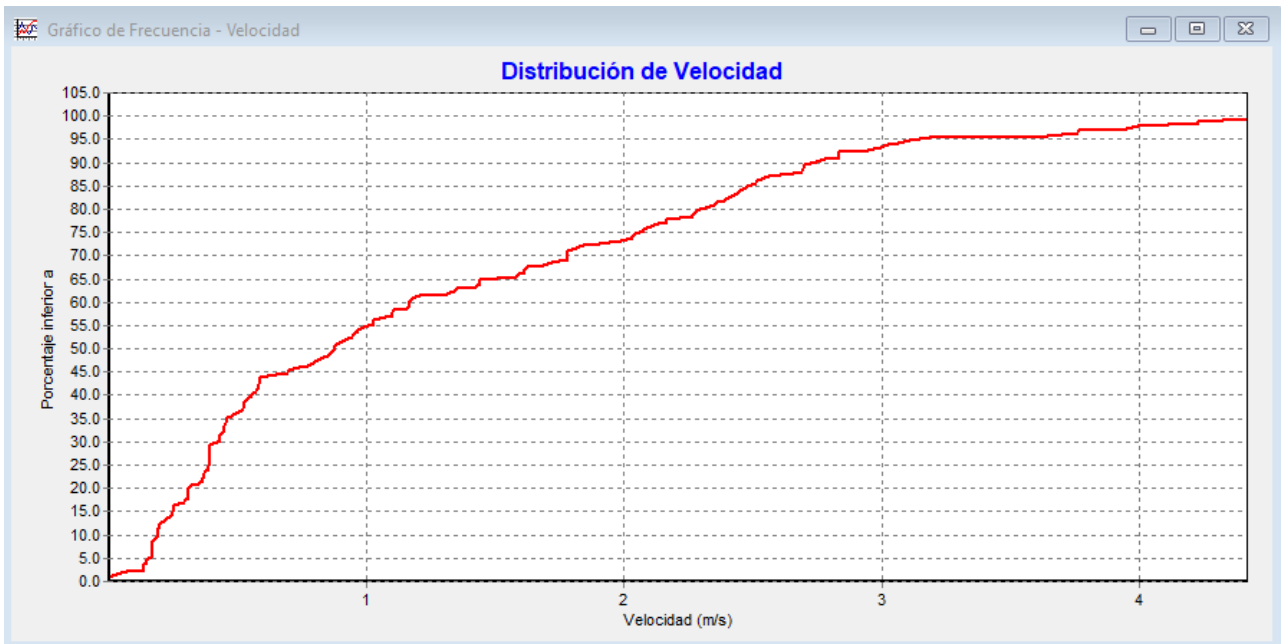


Ilustración 31. Distribución de velocidad en la REDAP-UNL

Fuente: Autor

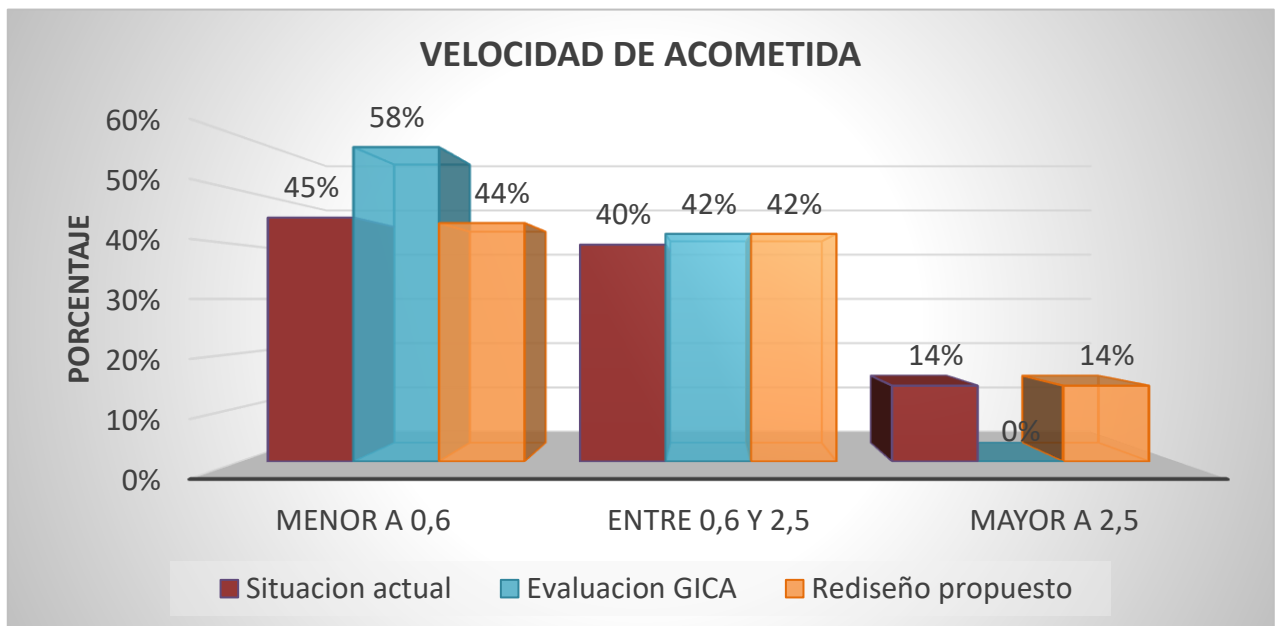


Ilustración 32. Comparación de velocidad de acometida - rediseño

Fuente: Autor

6.2.6 Evaluación energética.

En la ecuación 9 se planteó la ecuación general de energía, misma que se retoma a continuación para realizar la evaluación energética:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 22}$$

De donde:

h_A = Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico, como puede ser una bomba.

h_R = Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico, como podría ser una turbina.

h_L = Pérdida de energía la cual se compone en general de las pérdidas por fricción y pérdidas menores:

h_L = h_f + h_m, h_A y h_R no aplican para la REDAP_UNL, debido a que no existen bombas o motores hidráulicos.

6.2.6.1 Pendiente hidráulica o pérdida unitaria en tuberías de la red

Los resultados estadísticos de la pendiente hidráulica en la REDAP de la UNL se presentan en la ilustración 25. Se evidencia que el 84 % de las tuberías presentan pérdidas unitarias menores a 60 m/km. Un 16 % reporta pérdidas mayores.

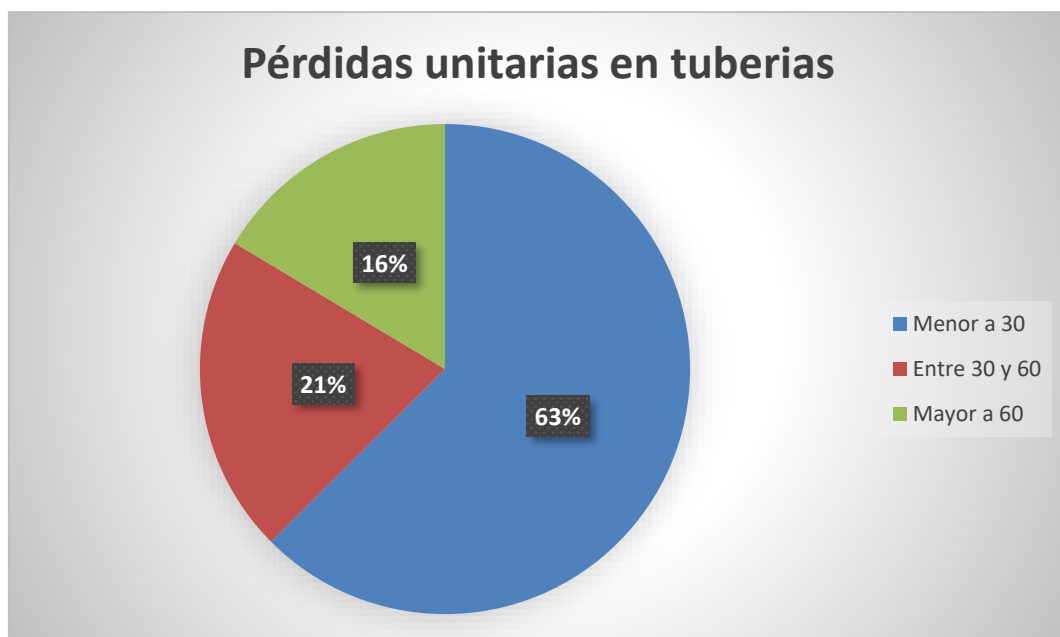


Ilustración 33. Pérdida unitaria en red de rediseño

Fuente: Autor

En la **ilustración 34** se presenta la distribución de pérdidas unitarias reportado por Epanet, donde se corrobora la anterior descripción estadística.

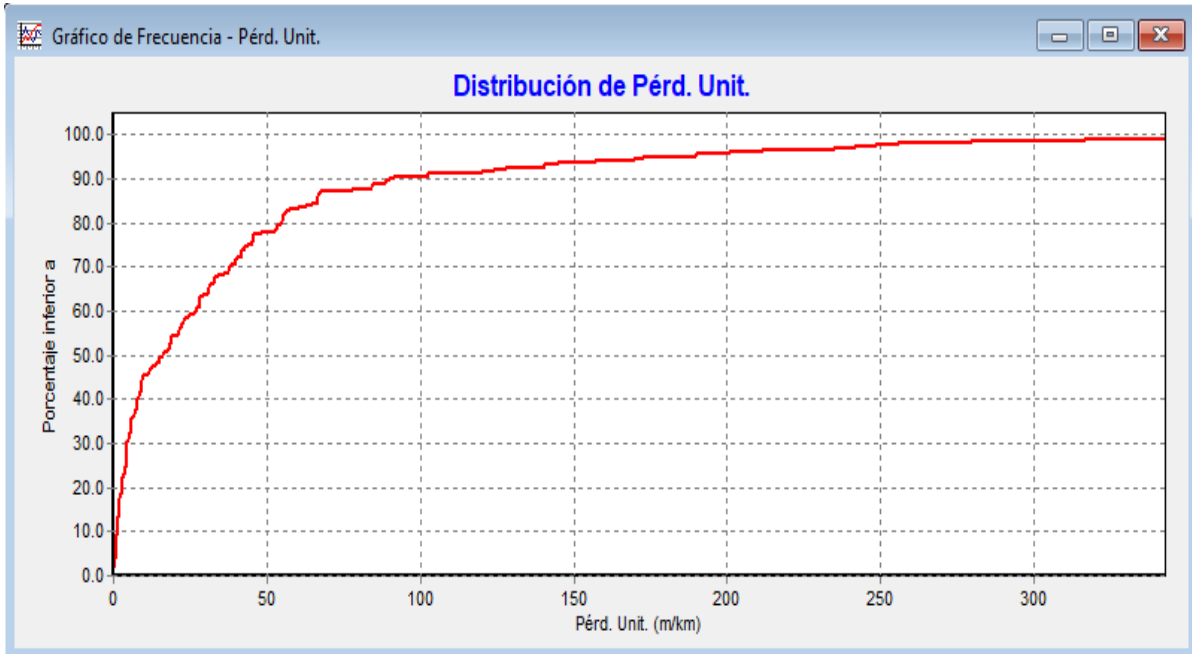


Ilustración 34.- Distribución de pérdidas unitarias en la red

Fuente: Autor

En la **Tabla 31** se presentan las pérdidas unitarias en todos los tramos de las REDAP de la UNL.

Tabla 32. Datos obtenidos de la red de agua potable - Propuesta.

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
8	80,61	2,84	28,23	Abierto
10	69,32	2,44	21,43	Abierto
11	54,25	3,06	42,9	Abierto
13	4,88	0,9	9,59	Abierto
14	0,15	0,03	0,01	Abierto
15	4,3	0,79	7,63	Abierto
17	12,54	2,32	52,32	Abierto
18	19,88	2,45	45,54	Abierto
19	20,54	2,53	48,33	Abierto
20	47,7	2,69	33,9	Abierto
21	47,03	2,65	33,05	Abierto
22	49,21	2,78	35,9	Abierto
23	50,18	2,83	37,2	Abierto
24	52,18	2,94	39,95	Abierto
25	15,07	2,69	67,41	Abierto
26	12,11	2,16	45,34	Abierto
27	11,6	2,07	41,96	Abierto
29	0,66	0,17	0,62	Abierto
30	27,15	2,52	40,27	Abierto
31	26,19	2,43	37,72	Abierto
32	21,93	2,03	27,31	Abierto
33	21,44	1,99	26,21	Abierto
34	20,52	1,9	24,22	Abierto
35	19,87	1,84	22,84	Abierto
36	11,57	4,23	234,92	Abierto
37	10,92	3,99	211,43	Abierto
38	4,35	1,59	40,07	Abierto
39	2,81	1,03	18,33	Abierto
40	8,31	2,13	54,92	Abierto
41	6,87	2,51	91,18	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
42	6,76	2,47	88,56	Abierto
43	0,48	0,29	2,66	Abierto
44	6,28	2,3	77,55	Abierto
45	4,45	1,63	41,66	Abierto
46	2,96	1,78	66,4	Abierto
47	0	0	0	Abierto
48	2,96	1,78	66,37	Abierto
49	2,96	1,78	66,4	Abierto
50	2,96	1,78	66,36	Abierto
51	0,28	0,17	1,05	Abierto
52	2,68	1,61	55,55	Abierto
53	2,68	1,61	55,54	Abierto
54	0,51	0,31	2,95	Abierto
55	4,12	2,48	120,07	Abierto
56	2,4	1,44	45,45	Abierto
57	2,4	1,44	45,46	Abierto
61	0,86	0,52	7,39	Abierto
62	2,4	1,44	45,47	Abierto
63	1,61	0,97	22,31	Abierto
64	0,97	0,58	9,16	Abierto
65	0,97	0,58	9,08	Abierto
66	0,79	0,47	6,32	Abierto
67	7,49	1,34	19,04	Abierto
68	1,24	0,32	1,86	Abierto
69	6,25	3,76	255,59	Abierto
70	5,3	3,19	189,56	Abierto
71	0,95	0,57	8,81	Abierto
72	0,57	0,35	3,65	Abierto
73	2	1,2	32,93	Abierto
74	0,65	0,39	4,53	Abierto
75	0,65	0,39	4,54	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
76	0,65	0,39	4,53	Abierto
80	0,61	0,37	4,01	Abierto
81	2,18	1,31	38,42	Abierto
82	1,83	1,1	28,13	Abierto
83	0,35	0,21	1,54	Abierto
85	0,32	0,19	1,33	Abierto
86	0	0	0	Abierto
87	0,32	0,19	1,33	Abierto
88	0,32	0,19	1,32	Abierto
89	1,83	1,1	28,13	Abierto
90	0,75	0,45	5,81	Abierto
91	1,08	0,65	11,05	Abierto
92	0,32	0,19	1,32	Abierto
93	0,76	0,46	6	Abierto
94	0,61	0,37	4,02	Abierto
95	0,97	0,58	9,11	Abierto
96	0,36	0,22	1,66	Abierto
28	1,54	0,93	20,69	Abierto
58	0,65	0,39	4,51	Abierto
59	0,89	0,54	7,85	Abierto
60	0,24	0,14	0,81	Abierto
77	0,24	0,14	0,8	Abierto
78	0,65	0,39	4,53	Abierto
79	0,65	0,39	4,52	Abierto
84	6,56	3,95	279,38	Abierto
97	4,98	3	169,62	Abierto
98	4,56	2,75	144,69	Abierto
99	2,62	1,58	53,49	Abierto
100	1,36	0,82	16,69	Abierto
101	0,71	0,43	5,33	Abierto
102	1,58	0,95	21,67	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
103	0,42	0,25	2,19	Abierto
104	1,94	1,17	31,19	Abierto
105	0	0	0	Abierto
106	1,94	1,17	31,19	Abierto
107	1,94	1,17	31,2	Abierto
108	0,85	0,51	7,25	Abierto
109	0,41	0,25	2,04	Abierto
110	0,65	0,39	4,53	Abierto
111	0,71	0,43	5,34	Abierto
112	0,29	0,18	1,14	Abierto
113	0,42	0,25	2,12	Abierto
114	0,42	0,25	2,12	Abierto
115	-0,65	0,39	4,53	Abierto
116	0,65	0,39	4,53	Abierto
117	0,92	0,55	8,34	Abierto
118	0,41	0,25	2,02	Abierto
119	0,51	0,31	2,95	Abierto
120	0,51	0,31	2,97	Abierto
121	0,49	0,29	2,77	Abierto
122	4,26	2,56	127,75	Abierto
124	0,64	0,39	4,41	Abierto
125	2,8	1,68	60,07	Abierto
126	1,16	0,7	12,54	Abierto
127	1,64	0,99	23,14	Abierto
128	0,64	0,39	4,41	Abierto
129	1,46	0,88	18,79	Abierto
130	0,82	0,49	6,79	Abierto
131	0,96	0,58	8,98	Abierto
132	0,74	0,45	5,72	Abierto
133	0,74	0,45	5,68	Abierto
134	0,74	0,45	5,68	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
135	0,22	0,13	0,78	Abierto
136	0,27	0,16	0,99	Abierto
137	1,44	0,87	18,37	Abierto
138	1,22	0,73	13,71	Abierto
139	0,22	0,13	0,71	Abierto
140	0,22	0,13	0,69	Abierto
141	0,76	0,46	5,95	Abierto
142	0,76	0,37	3,66	Abierto
143	0,11	0,07	0,16	Abierto
144	7,34	4,42	342,72	Abierto
145	0,31	0,19	1,29	Abierto
146	0,31	0,19	1,27	Abierto
147	7,03	4,23	316,45	Abierto
148	0,97	0,58	9,15	Abierto
149	6,06	3,65	241,65	Abierto
150	1,57	0,94	21,41	Abierto
151	4,49	2,7	140,47	Abierto
152	4,49	2,7	140,46	Abierto
153	0,72	0,43	5,44	Abierto
154	3,77	2,27	102,5	Abierto
155	3,77	2,27	102,51	Abierto
156	3,38	2,03	84,22	Abierto
157	1,46	0,88	18,84	Abierto
158	0,39	0,23	1,86	Abierto
159	1,92	1,16	30,62	Abierto
160	1,41	0,85	17,69	Abierto
161	0,51	1,04	53,88	Abierto
162	0,51	1,04	53,88	Abierto
163	1,83	1,1	28,17	Abierto
164	0,87	0,52	7,55	Abierto
165	0,96	0,58	9	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
166	5,03	3,03	172,52	Abierto
167	3,39	2,04	84,73	Abierto
168	1,96	1,18	31,76	Abierto
169	1,43	0,86	18,15	Abierto
170	1,15	0,69	12,35	Abierto
171	0,28	0,17	1,06	Abierto
173	0,28	0,17	1,05	Abierto
2	10,3	3,77	189,9	Abierto
4	3,87	1,03	15,12	Abierto
5	3,32	0,88	11,5	Abierto
6	2,08	0,55	5,01	Abierto
7	12,93	2,39	55,37	Abierto
9	11,22	2,07	42,83	Abierto
174	1,6	0,43	3,18	Abierto
175	3,87	1,03	15,12	Abierto
176	16,8	3,11	89,06	Abierto
177	1,6	0,96	22,14	Abierto
178	1,28	0,77	14,91	Abierto
179	0,87	0,52	7,55	Abierto
180	0,87	0,52	7,55	Abierto
181	0,28	0,17	1,08	Abierto
182	0,28	0,17	1,05	Abierto
183	0,28	0,17	1,06	Abierto
184	9,62	1,78	32,43	Abierto
185	8,87	2,36	67,24	Abierto
186	8,55	2,27	62,93	Abierto
187	8,13	2,16	57,45	Abierto
188	7,91	2,1	54,68	Abierto
189	6,82	1,81	41,85	Abierto
190	6,47	1,72	38,06	Abierto
191	5,36	1,43	27,1	Abierto

ID Línea	Caudal [Lt/s]	Velocidad [m/s]	Pérdida unitaria [m/km]	Estado
192	5,08	1,35	24,62	Abierto
193	4,02	1,07	16,18	Abierto
194	3,04	0,81	9,83	Abierto
195	1,57	0,42	3,05	Abierto
196	12,71	2,35	53,64	Abierto
197	13,02	2,41	55,99	Abierto
3	2,07	0,37	2,19	Abierto
12	2,07	0,37	1,94	Abierto
1	80,61	2,84	28,23	Abierto
123	2,07	0,37	30	Abierto

Fuente: Autor

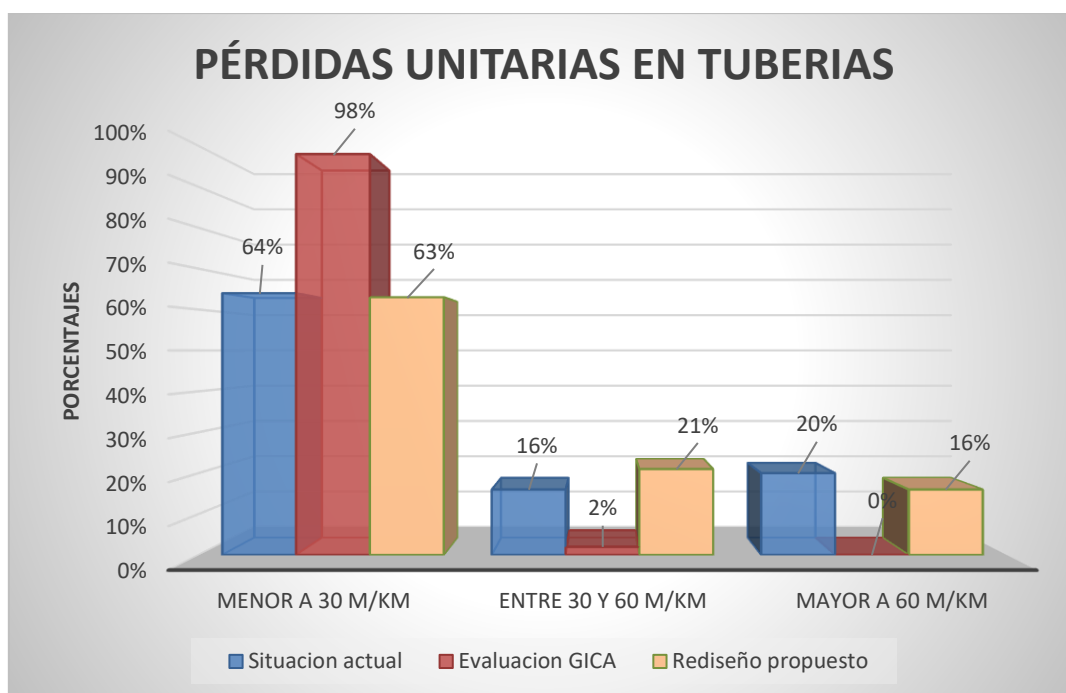


Ilustración 35. Comparación de pérdidas unitarias en tuberías

Fuente: Autor

En la **ilustración 35** se muestra de forma comparativa las pérdidas unitarias debido a la fricción de la red tanto en la situación actual, según la evaluación de la empresa GICA y de acuerdo al ajuste realizado en el presente estudio, según la norma las pérdidas en un sistema de distribución de agua potable deben ser menores a 60 m/km de tubería, si bien las pérdidas en el estudio de GICA son las óptimas al tener el mayor porcentaje de pérdidas menores a 30 m/km, los nodos de consumos

considerados son menores tanto en demanda como en cantidad de nodos, por ello al comparar la situación actual el porcentaje de pérdidas mayores a 60 m/km es del 20 % ; mientras que con el rediseño se obtiene el menor porcentaje de pérdidas mayor a 60 m/km del 16 %.

6.2.6.2 Perfiles longitudinales de cota, presión y altura

En la simulación de la REDAP_UNL en Epanet, es factible obtener el perfil longitudinal de cota, presión y altura total para cualquier ruta. A manera de ejemplo, a continuación, se presenta el análisis energético de la ruta que va desde el tanque de almacenamiento hasta el edificio de laboratorios de la Facultad de Energía, las Industrias y los recursos Naturales no renovables de la UNL.

6.2.6.2.1 Perfil longitudinal de cota (carga de elevación)

Representan las cotas de diferentes nodos que forman parte de una determinada ruta. En la **ilustración 36** se presenta el perfil longitudinal de cota desde el tanque de almacenamiento hasta el edificio de laboratorio de la FEIRRN (Ruta 1-A2). La diferencia de cota entre los puntos de referencia del tanque de almacenamiento [1] y edificio de laboratorios [A2] es de 110 m.

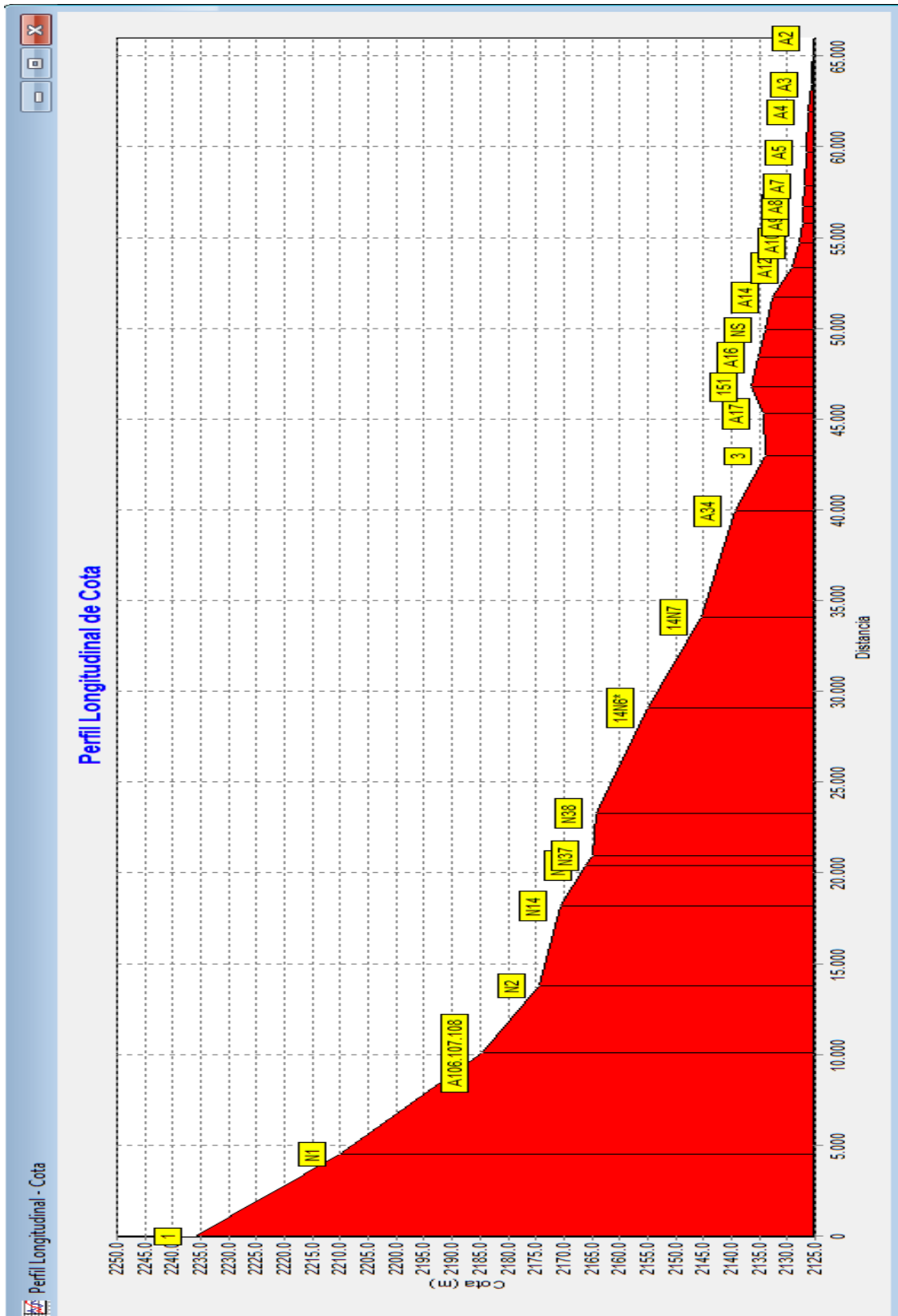


Ilustración 36. Perfil longitudinal de cota [metros - m]

Fuente: Autor

6.2.6.2.2 Perfil longitudinal de presión dinámica (carga de presión)

En la **ilustración 37** se representa la carga de presión expresada como la relación de la presión manométrica en cualquier punto de la REDAP dividida para el peso específico cuando la red está en operación. Se expresa en metros columna de agua (mca). En la mencionada ilustración se observa que la carga de presión a nivel del embalse [1] es cero porque está abierto a la atmósfera, en este punto se tiene la máxima altura geométrica de 2236 msnm. A medida que disminuye la altura geométrica, aumenta la altura de presión. Desde el nodo N36 hacia el nodo N37 se observa una disminución de presión debido a la presencia de una **válvula de rotura de carga (PSV)**, misma que se utiliza para disminuir 30 mca la presión aguas debajo de la válvula.

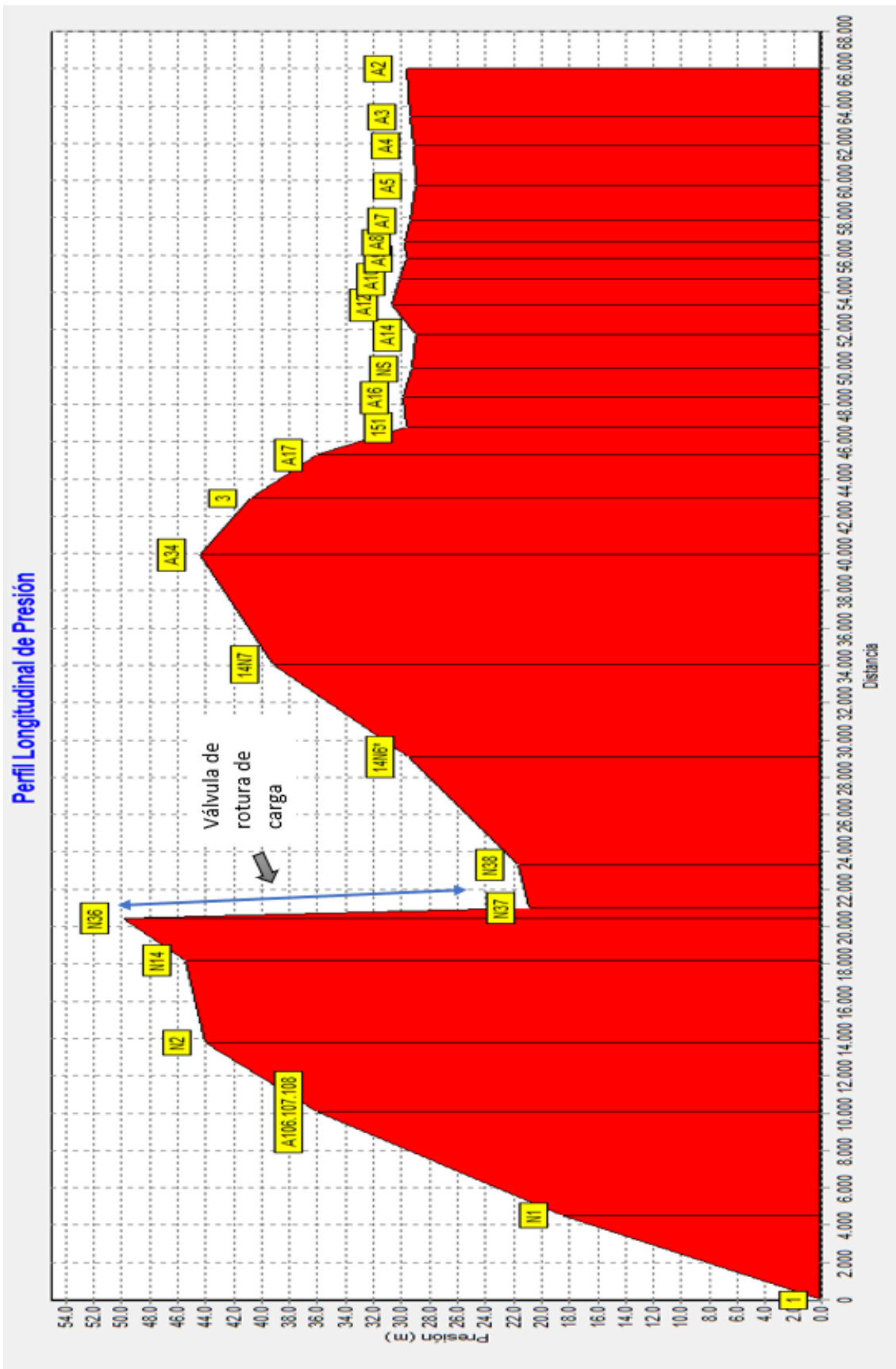


Ilustración 37. Perfil longitudinal de presión[mca]

Fuente: Autor

6.2.6.2.3 Perfil longitudinal de altura

Representa el perfil de energía por unidad de peso que tiene el fluido en cualquier punto de una determinada ruta. En la **ilustración 38** se presenta la ruta que va desde el tanque de almacenamiento hasta el edificio de laboratorio de la FEIRNNR (ruta 5-A2) .La diferencia de altura entre los puntos de referencia (5-A2) es de 80 m.

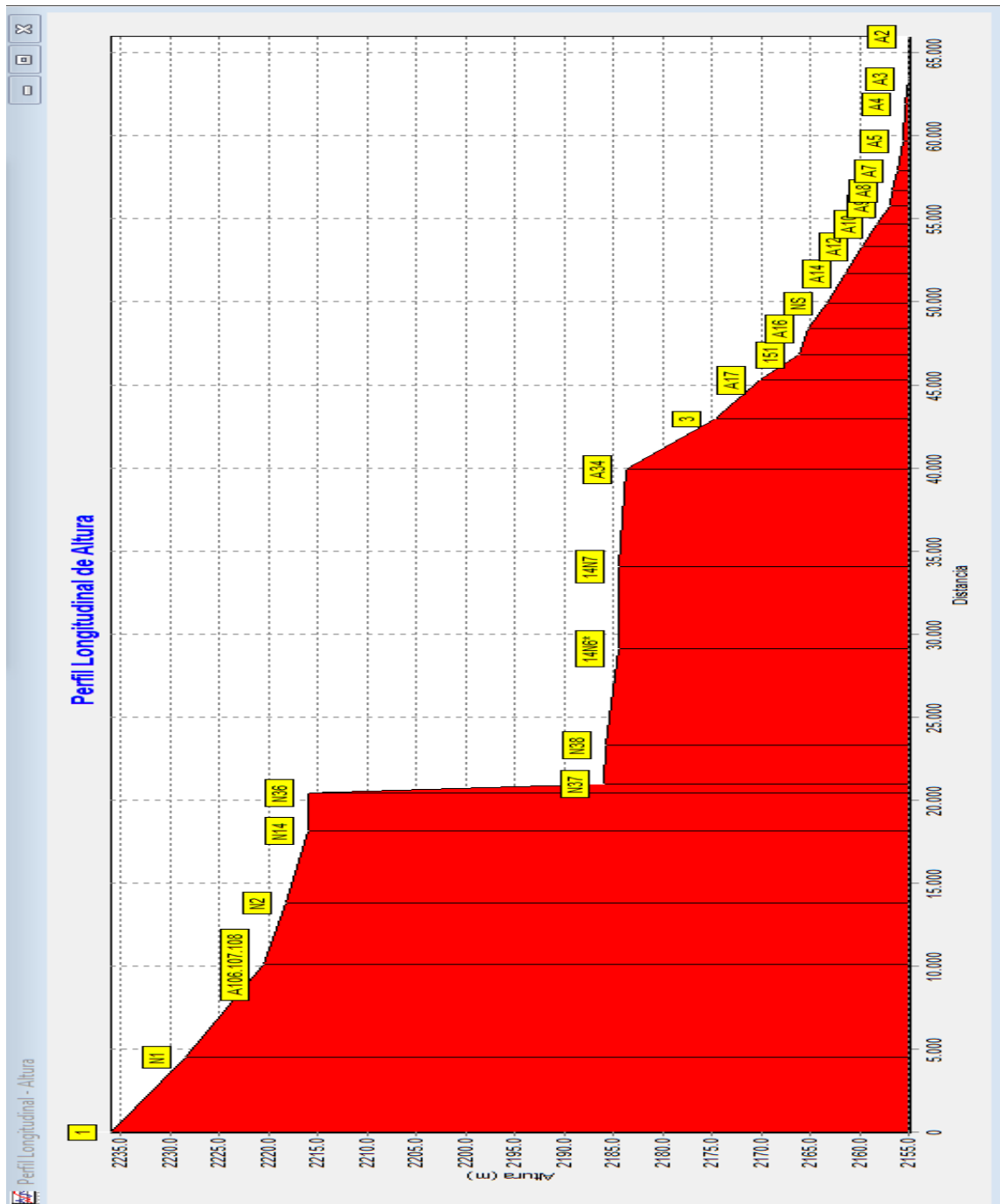


Ilustración 38. Perfil longitudinal de altura total [m]

Fuente: Autor

6.3 Elaborar una propuesta que permita utilizar la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja como escenario para prácticas de Mecánica de fluidos

Para cumplir este objetivo se plantean tres prácticas de laboratorio en donde se utiliza la red externa de agua potable de la UNL como un escenario adecuado, determinando diferentes variables y comportamientos que resultan en una red de distribución de agua potable.

En el **anexo 7** se encuentran las prácticas desarrolladas donde se analiza la eficiencia física e hidráulica de la red externa de agua potable, así como también se evalúa la eficiencia energética de la REDAP-UNL

7. DISCUSIÓN.

La ejecución del presente trabajo de tesis ha permitido conocer la realidad de la red externa de agua potable en la Universidad Nacional de Loja en cuanto a su capacidad física, hidráulica y energética, tanto en su condición actual como futura a través de la proyección de su población estudiantil y administrativa. Para conocer la realidad en la red de agua potable se realizó un recorrido por las edificaciones, evidenciando que la falta de atención y mantenimiento de la red externa de agua potable es notoria, puesto que existen momentos de escasez de líquido vital. La tubería de la red externa de agua potable desde su inicio no ha sido renovada, de acuerdo con lo investigado se determinó que la tubería de la red es de asbesto cemento, misma que ha cumplido su vida útil debido a los constantes cambios y reparaciones realizados por parte del personal de mantenimiento del Departamento de Desarrollo Físico de la Universidad Nacional de Loja en las tuberías que se encuentran distribuidas por las vías de acceso al campus universitario, las mismas que por la presencia de fisuras y roturas han generado desperdicio del líquido vital . Por otro lado, mediante la toma de datos de caudal quinceminutal en el tanque de reserva a través del caudalímetro, se obtuvo la curva de demanda de agua potable en la UNL. Mediante estos datos se estableció el **volumen consumido estimado** y el **volumen registrado o suministrado** por el tanque, esta relación de volúmenes permitió determinar la eficiencia física, misma que se planteó como hipótesis que es menor al 70 %, luego del mencionado estudio se corroboró que su eficiencia es del 45,51 %.

Ante este valor de eficiencia calculado, las posibles causas a simple vista que se constató en el recorrido realizado es la presencia de fisuras en las paredes del tanque de reserva, así como también se observó que existen tuberías a la intemperie que alimentan a los diferentes edificios, los cuales al estar desprotegidos ante condiciones de lluvia y sol que se presenta en la naturaleza hace que sean susceptibles a fisuras o roturas que provocan fugas impidiendo se alimente de forma apropiada en cuanto al caudal y presión requerido.

Ante lo mencionado es necesario se realice una adecuada protección de las tuberías, así como también el mantenimiento de tuberías que se encuentran por lugares que incluso podrían generar contaminación del agua que se distribuye.

Para determinar la eficiencia hidráulica se consideró los planos de la red externa, presentados en el estudio de GICA Construcciones, empresa que realizó el estudio de la red en el año 2010. Con base a esta información y considerando la norma NEC-11 se exportó la red en AutoCAD hacia el software Epanet, donde mediante el cálculo del caudal máximo probable con la información actual de aparatos sanitarios y puntos de consumo de cada edificio se simuló su comportamiento para evaluar parámetros de velocidad, presión y caudal con los diámetros de tuberías actuales los mismos que estadísticamente el 49 % de acometidas presentan presiones menores a los 10 mca confirmándose de esta manera que existe falta de presión en la red actualmente para la mayoría de edificios.

Tomando los datos presentados por la empresa GICA Construcciones que se indica en la **Tabla 27** y ejecutando la simulación en Epanet de la zona alta y baja de la red en su conjunto, contrario al estudio anterior se muestra en cambio un exceso de presión con respecto a la presión máxima permitida por la norma como se indica en la **Tabla 28** , en donde estadísticamente el 89 % de los nodos de acometida superan los 50 mca.

Ante esta situación se realizó un ajuste en los diámetros de tubería que conducen el agua potable a cada edificación por ello al cambiar los diámetros propuestos en la **Tabla 29**, mediante la simulación en Epanet al obtener los resultados de presión de acometida y que se indican en la **Tabla 30** estadísticamente el 100 % cumplen el rango permitido por la norma, de forma que nos garantiza mayor eficiencia y calidad de servicio.

Por otro lado, cabe señalar que las variables como la velocidad, presentan valores inferiores a la norma de 0,6 m/s, esta situación sucede debido a que el consumo actual en estos puntos es mínimo, sin embargo, hay que considerar que la población de la UNL va

en aumento de acuerdo al avance de la infraestructura. Ello permite garantizar que las velocidades no superen los 2,5 m/s señalados en la normativa.

Así mismo se determinó los volúmenes de almacenamiento a considerar para el tanque de reserva, en base a la vida útil de la tubería PVC que se indica que es de 30 años que se plantea cambiar en un futuro no lejano. Este cálculo que también lo presenta la empresa consultora GICA lo corroboramos tal como se indica el volumen debe ser de 800 m³, concluyendo que está correctamente dimensionado.

La evaluación energética del sistema de distribución de agua potable se realizó tomando las rutas críticas, evaluando los perfiles tanto de presión, cota y altura, así como, estadísticamente la pérdida unitaria de carga en cada una de las tuberías debido a la fricción entre el fluido y la tubería.

Las guías de prácticas de laboratorio que se plantean en anexos fueron validadas por los estudiantes del noveno ciclo de la carrera de electromecánica a través de la asignatura de Máquinas de fluidos.

8. CONCLUSIONES.

- ❖ La eficiencia física actual del sistema de distribución de agua potable de la Universidad Nacional de Loja es del 45,51 % , pues no cumple con la eficiencia mínima requerida del 80% recomendada por la norma ecuatoriana.
- ❖ La red de agua potable actual tiene presiones de acometida deficientes, el 49 % de estas son menores a la mínima recomendada de 10 mca requerida para un servicio eficiente y adecuado. Mediante el presente estudio el 100 % de los nodos de acometida están dentro del rango permitido entre 10 y 50 mca.
- ❖ La tubería actual de agua potable de la UNL es de asbesto cemento y ha cumplido su vida útil, por tanto, no presenta las condiciones necesarias para suministrar agua potable. El material de la nueva red debería ser de PVC.
- ❖ El estudio realizado por la empresa consultora GICA a la red de la Universidad Nacional de Loja en 2010, se adapta a la proyección de volumen de reserva realizada con datos actualizados de población y demanda estimada.
- ❖ Mediante la modificación de los diámetros propuestos hidráulicamente la red se equilibra, mejorando el rango permitido en los nodos de acometida permitiendo garantizar el servicio de agua potable con presión, velocidad y caudal conforme lo indica la Norma Hidrosanitaria Ecuatoriana.
- ❖ Se mejora la situación energética mediante el análisis de pérdidas unitarias por cada Km de tubería su límite máximo de 60 m/Km, reduciéndolo del 20 % actual a 16 % en toda la red de distribución.
- ❖ El control del suministro y respectivo registro de agua potable por parte del PMAP (Plan Maestro de Agua Potable) no es controlado y revisado permanentemente. La red requiere un Macromedidor que registre debidamente el volumen suministrado al tanque de reserva y por ende se realice el pago real de agua consumida al Municipio de Loja.

- ❖ La cantidad de micromedidores instalados es mínima y en su totalidad están averiados, no garantizan registros confiables y verdaderos del consumo real.
- ❖ La red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja es un escenario que presta las condiciones adecuadas para el desarrollo de prácticas en la asignatura de Máquina de Fluidos.

9. RECOMENDACIONES

- Se debe dar mantenimiento al tanque de reserva ya que presenta fisuras que originan pérdidas de fluido, ocasionando que no se aproveche adecuadamente el agua potable.
- La red de distribución, por haber cumplido su vida útil no es adecuada para que se suministre agua potable, lo conveniente es utilizar tubería de PVC.
- El sistema de bombeo del tanque de reserva se lo debe poner en funcionamiento para garantizar una mejor distribución de agua potable a todos los sectores.
- Se debe instalar reguladores de presión de manera que puedan ser configurados de acuerdo a la necesidad o requerimiento de los usuarios de cada edificación.
- Reactivar el tanque que se encuentra cerca al actual, con el fin de tener una mayor reserva de agua potable.
- El control del agua potable debe tener macro medidores en la reserva. Asimismo, se debe dar mantenimiento o reemplazarlos los micromedidores existentes ya que están averiados en su totalidad.
- Aplicar los métodos utilizados en la presente tesis ya que cuenta con datos reales que permiten desarrollar las prácticas planteadas en la presente tesis en la asignatura de Máquinas de Fluidos.

10. BIBLIOGRAFIA

- AdminRotoplas. (06 de Julio de 2018). Ecología , Gota a gota , Nuestro Planeta . Obtenido de Ecología , Gota a gota , Nuestro Planeta : <https://fandelagua.com/el-agua-potable-y-su-importancia-en-el-día-a-día/>
- Agua, C. N. (2009). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Agua, C. N. (2012). Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Agua, C. N. (2012). Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Agua, C. N. (2016). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de redes de distribución de agua potable. Coyoacán ,México: Secretaria De Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Agua, S. d. (2014). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito: Secretaria del Agua.
- Alcaraz, M. d. (01 de julio de 2006). MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRAULICAS A PRESION MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMATICAS. Cartagena, Cartagena, Colombia.
- ambiental, F. p. (21 de Agosto de 2017). Agua.org.mx. Obtenido de Agua.org.mx: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>

- Ambiental, S. d. (1997). www.normalizacion.gob.ec. Obtenido de www.normalizacion.gob.ec:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE%205%20P9-2.pdf>
- Chile, P. U. (1997). Reducción de pérdidas en Sistemas Agua Potable. Santiago: Ministerio de Planificación y Cooperación.
- Climático, U. d. (2011). Evaluación para sistemas de bombeo de agua. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Dr. Leonel H. Ochoa Alejo, W. M. (2016). Manual para un proyecto de eficiencia energética e hidráulica integral en un sistema de agua y saneamiento. México: Programa para el desarrollo bajo en emisiones de México.
- INEN, I. E. (1997). CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. (C.E.C) Capítulo 9.Parte 2. Quito: INEN.
- introduccion.PDF. (04 de febrero de 2003). cidta.usal.es. Obtenido de cidta.usal.es:
<http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad%202/introduccion.PDF>
- Terán, J. M. (2004). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Veracruz: Xalapa.
- vivienda, M. d. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11)-Norma Hidrosanitaria NHE Agua. Quito: Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción.
- Vizcaino, A. C. (2001). Control de presiones y reducción de fugas en la red de agua potable del poniente de la ciudad de México. México: Control de presiones y fugas.

11. ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia específica

Matriz de consistencia específica 1.

PROBLEMA ESPECÍFICO 1: ¿Cuál es la eficiencia física de la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja?			
OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	SISTEMA CATEGORIAL
Determinar la eficiencia física de la red externa de agua potable de la ciudadela universitaria Reinaldo Espinosa	La eficiencia física de la red externa de agua potable de la ciudadela universitaria Reinaldo Espinosa inferior al 70%.	Elementos y accesorios de la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja	* Sistemas de agua potable Eficiencia física * Normativa para el estudio y diseño de sistemas de agua potable en el Ecuador.

Matriz de consistencia específica 2.

PROBLEMA ESPECÍFICO 2: ¿Cuál es el diseño óptimo de la red de agua potable, atendiendo a criterios de eficiencia hidráulica y energética?			
OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	SISTEMA CATEGORIAL
Realizar el diseño óptimo de la red de agua potable, atendiendo a criterios de eficiencia hidráulica y energética	El diseño de la red de agua potable de la Universidad Nacional de Loja no es eficiente.	Mediciones de caudal y presión en los nodos principales de la red externa de agua potable	*Eficiencia hidráulica. *Eficiencia energética. *Parámetros de diseño y control. *Normativa para el estudio y rediseño de sistemas de agua potable en el Ecuador.

Matriz de consistencia específica 3.

PROBLEMA ESPECÍFICO 3:			
¿Cómo utilizar la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja como escenario para prácticas de Mecánica de Fluidos?			
OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	SISTEMA CATEGORIAL
Elaborar una propuesta que permita utilizar la red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja como escenario para prácticas de Mecánica de fluidos	La red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja puede ser escenario de prácticas para los estudiantes de Mecánica de Fluidos.	Red externa de agua potable de la Universidad Nacional de Loja	*Válvulas, tuberías y accesorios *Análisis de presiones en sistemas de agua potable.

Anexo 2:**Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo (Tabla 16.1****NEC-11)**

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (Lt/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		Recomendado (mca)	Mínima (mca)	
Bañera/tina	0,30	7	3	20
Bidet	0,10	7	3	16
Calentadores/calderas	0,30	15	10	20
Ducha	0,20	10	3	16
Fregaderos cocina	0,20	5	2	16
Fuentes para beber	0,10	3	2	16
Grifo para manguera	0,20	7	3	16
Inodoro con depósito	0,10	7	3	16
Inodoro con fluxor	1,25	15	10	25
Lavabo	0,10	5	2	16
Máquina de lavar ropa	0,20	7	3	16
Máquina lava vajilla	0,20	7	3	16
Urinario con fluxor	0,50	15	10	20
Urinario con llave	0,15	7	3	16
Sauna, turco o hidromasaje doméstico	1,00	15	10	25

Anexo 3:**Tabla V.2 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable (tabla V.2 normas NEC-11)**

COMPONENTE	VIDA UTIL /AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación Pozos	25 a 50
Conducciones de hierro dúctil	10 a 25
Conducciones de asbesto cemento o PVC	40 a 50
Plantas de tratamiento	20 a 30
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red: De hierro dúctil	30 a 40
De asbesto cemento o PVC	40 a 50
Otros materiales	20 a 25
	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante.

Anexo 4.- Factor de acuerdo con el tipo de edificación

Valor de Factor	Tipo de edificación
F=0	según Norma Francesa NFP 41204
F=1	para edificios de oficinas y semejantes
F=2	Para edificios habitacionales
F=3	hoteles, hospitales y semejantes
F=4	edificios académicos, cuarteles y semejantes
F=5	edificios e inmuebles con valores de demanda superiores

Anexo 5.- Dotaciones en edificaciones de uso específico (Tabla 16.2, norma NEC-11)

Tipo de edificación	Unidad	Dotación	Valor medio
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350	275
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m2 área útil /día	40 a 60	50
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300	225
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5	4
Centro comercial	L/m2 área útil /día	15 a 25	20
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10	7,5
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000	750
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350	250
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50	35
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300	1050
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400	275
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	350 a 800	575
Internados, hogares ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300	250
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50	40
Mercados	L/puesto/día	100 a 500	300
Oficinas	L/persona/día	50 a 90	70
Piscinas	L/m2 área útil /día	15 a 30	22,5
Prisiones	L/persona/día	350 a 600	375
Salas de fiesta y casinos	L/ m2 área útil/día	20 a 40	30
Servicios sanitarios públicos	L/mueble-sanitario/día	300	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120	100
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15	12,5
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60	50
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	L/s/Ha	1 a 2	1,5

Anexo 6.- Tubería PVC para presión unión “R” , Plásticos RIVAL

Diámetro Exterior (mm)		Espesor de pared E(mm)		Presión de trabajo		Serie de Tubo S
Nominal	Tolerancia	Mínimo	Máximo	MPa	PSI	
50	0,3	2	2,4	1	145	12,5
50	0,3	2,4	2,9	1,25	181	10
63	0,3	2	2,4	0,8	116	16
63	0,3	2,5	3	1	145	12,5
63	0,3	3	3,5	1,25	181	10
75	0,3	1,9	2,3	0,63	91	20
75	0,3	2,3	2,8	0,8	116	16
75	0,3	2,9	3,4	1	145	12,5
90	0,3	2,2	2,7	0,63	91	20
90	0,3	2,8	3,3	0,8	116	16
90	0,3	3,5	4,1	1	145	12,5
90	0,3	4,3	5	1,25	181	10
110	0,4	2,7	3,2	0,63	91	20
110	0,4	3,4	4	0,8	116	16
110	0,4	4,2	4,9	1	145	12,5
110	0,4	5,3	6,1	1,25	181	10
125	0,4	3,1	3,7	0,63	91	20
125	0,4	3,9	4,5	0,8	116	16
140	0,5	3,5	4,1	0,63	91	20
140	0,5	4,3	5	0,8	116	16
160	0,5	4	4,6	0,63	91	20
160	0,5	4,9	5,6	0,8	116	16
160	0,5	6,2	7,1	1	145	12,5
160	0,5	7,7	8,7	1,25	181	10
200	0,6	4,9	5,6	0,63	91	20
200	0,6	6,2	7,1	0,8	116	16
200	0,6	7,7	8,7	1	145	12,5
200	0,6	9,6	10,8	1,25	181	10
250	0,8	6,2	7,1	0,63	91	20
250	0,8	7,7	8,1	0,8	116	16
250	0,8	9,6	10,8	1	145	12,5
250	0,8	11,9	13,3	1,25	181	10
315	1,0	7,7	8,7	0,63	91	20
315	1,0	9,7	10,9	0,8	116	16
315	1,0	12,1	13,6	1	145	12,5
315	1,0	15	16,7	1,25	181	10

Fuente: Catálogo Tubería PVC para presión unión “R” fabricado bajo la norma

NTE- INEN 1373

Anexo 7. Característica no mecánica del PCV-O 500 TOM

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Densidad	Kg/dm ³	1,35 – 1,46
Valor k Resina de PVC	[]	> 64
Dureza Shore D a 20 °C	[]	81 - 85
Coefficiente de Poisson	[]	0,35 – 0,41
Temperatura Vicat	°C	> 80
Coefficiente de dilatación lineal	°C ⁻¹	0,8 x 10 ⁻⁴
Conductividad térmica	Kcal/mh°C	0,14 – 0,18
Calor específico a 20 °C	cal/g°C	0,20 – 0,28
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	20 - 40
Constante dieléctrica a 60 Hz	[]	3,2 – 3,6
Resistividad transversal a 20 °C	Ω/cm	> 10 ¹⁶
Rugosidad absoluta (ka)	mm	0,007
Rugosidad C (Hazen-Williams)	[]	150
Coefficiente de rugosidad de Manning (n)	[]	0,009

Fuente: Catálogo tubería Rival

Anexo 7: Modelos de práctica de laboratorio

PRÁCTICA # 1

ASIGNATURA: Máquinas de fluidos

RESULTADO DE APRENDIZAJE DE LA PRÁCTICA:

Manipula partes y componentes de redes y maquinaria hidráulica a través de la ejecución de prácticas de laboratorio virtual, lo que permitirá desarrollar habilidades y destrezas en lo que respecta a instalaciones de redes de fluidos.

TIEMPO PLANIFICADO EN EL SILABO: 2 horas

TIEMPO DE LA PRÁCTICA POR GRUPO: 2 horas

NUMERO ESTUDIANTES POR GRUPO: 4 estudiantes

TEMA: Análisis y evaluación física del tanque de reserva y red externa de agua potable REDAP de la Universidad Nacional de Loja.

OBJETIVOS:

- Manipular el caudalímetro no invasivo disponible en el Laboratorio de Energía y fluidos de la FEIRNNR.
- Registrar caudales quince minútales que salen del tanque principal de reserva la UNL.
- Determinar la eficiencia física de la REDAP-UNL

MATERIALES Y REACTIVOS	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
Cuaderno de apuntes Lápiz, esfero	Medidor de flujo o Caudalímetro Computadora portátil o PC Software Excel

INSTRUCCIONES:

- Colocar las mochilas en los casilleros.
- Prohibido consumo de alimentos.
- Prohibido equipo de diversión, celulares etc.
- Prohibido jugar.
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar equipos o herramientas del taller sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del taller mecánico, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil.
- Mantener buen comportamiento en el desarrollo de la práctica.
- Usar el equipo de manera responsable y adecuada para la medición de caudal.

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR.

- Con base a explicaciones del responsable del Laboratorio de Energía y fluidos, aprenda a manejar de forma adecuada el caudalímetro no invasivo, mismo que será utilizado para medir el caudal a la salida del tanque de reserva principal de la UNL, ubicado cerca de la quinta Punzará de la institución.
- Ubique el caudalímetro a la salida del tanque de reserva. En caso de requerirlo, adecúe el espacio de la tubería donde colocará el caudalímetro. Trate al equipo con mucho cuidado.

- Registre del caudal cada quince minutos durante un día laborable determinado por el docente. Cada grupo tomará los datos en horarios quince minútales desde de 06h00 hasta las 21h00
- Coloque la data de caudales quince minútales en una hoja Excel y obtenga los volúmenes totales de suministro, volúmenes de fugas y volúmenes de consumo de acuerdo con la tabla 1. La explicación se presenta a continuación:

Hora/unidad	Caudal de suministro (l/s)	Vol_15_minutal de suministro(l)	Vol_15_minutal de fugas (l/s)	Vol_15_minutal consumo estimado(l)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
06:00				
21:00				
TOTAL				
		EFICIENCIA FÍSICA (EF)	EF %= Total Vol_15_minutal de consumo estimado / Total Vol_15_minutal suministro	

Tabla 1: Registro de caudal y volúmenes en la REDAP-UNL

- [1] Horario para la toma de caudal, desde las 06h00 hasta las 21h00 horas, cada 15 min.
- [2] Caudal suministro en Lt/s. Este caudal se registra en el caudalímetro no invasivo. El caudal quinceminutal de las 6h00 se considera igual a los caudales desde las 21h00 hasta las 06h00, y por tanto igual a los **caudales quince minútales de fugas** puesto que la actividad académica-administrativa en la UNL es desde las 6h15 hasta las 21h00. Por otro lado, se estima que los caudales de fuga son constantes durante la jornada laboral.
- [3] Volumen quinceminutal de suministro. Este valor se obtiene multiplicando el caudal de suministro (l/s) por el tiempo quinceminutal expresado en segundos (900 s)
- [4] El volumen quinceminutal de las 6h00 se considera igual a los **volúmenes quince minútales de fugas**. Se estima que este valor es constante durante el día.

[5] La diferencia del volumen quinceminutal suministrado [3] con el volumen quinceminutal de fugas [4] representa el **volumen quinceminutal de consumo estimado**.

Con los datos del caudal quinceminutal suministrado, elabore la gráfica caudal-tiempo, similar a la que se presenta en la ilustración 1

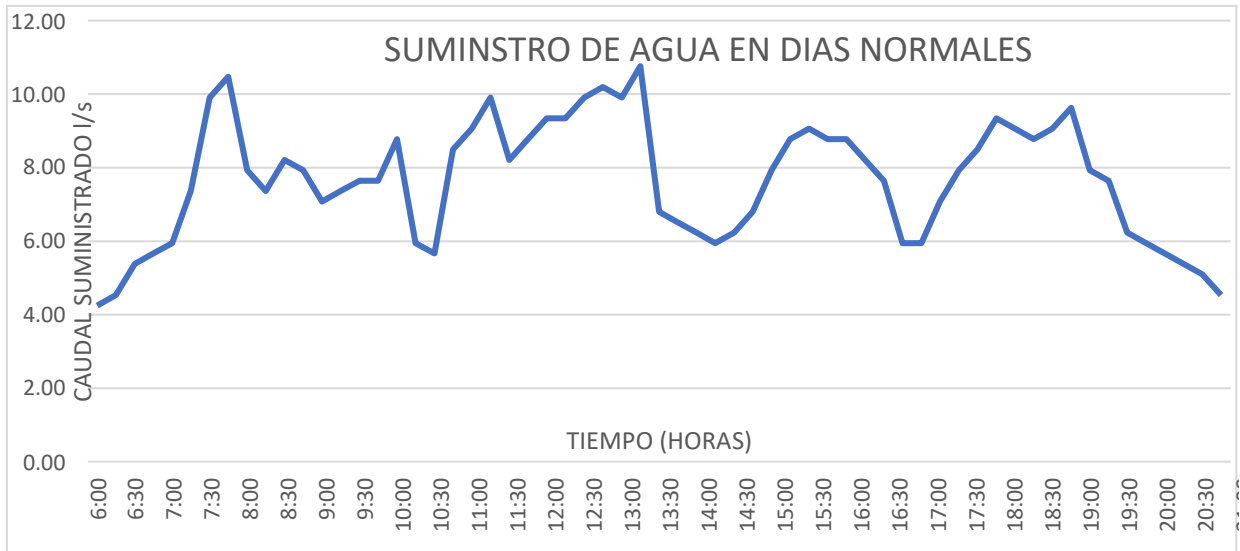


Ilustración 1.- Curva de suministro de caudal total de la UNL

- Solicite la data del caudal quinceminutal suministrado a los grupos restantes, obtenga un promedio y elabore la curva de suministro del caudal promedio (ver ilustración 2). Esta curva se denomina “curva de suministro tipo”

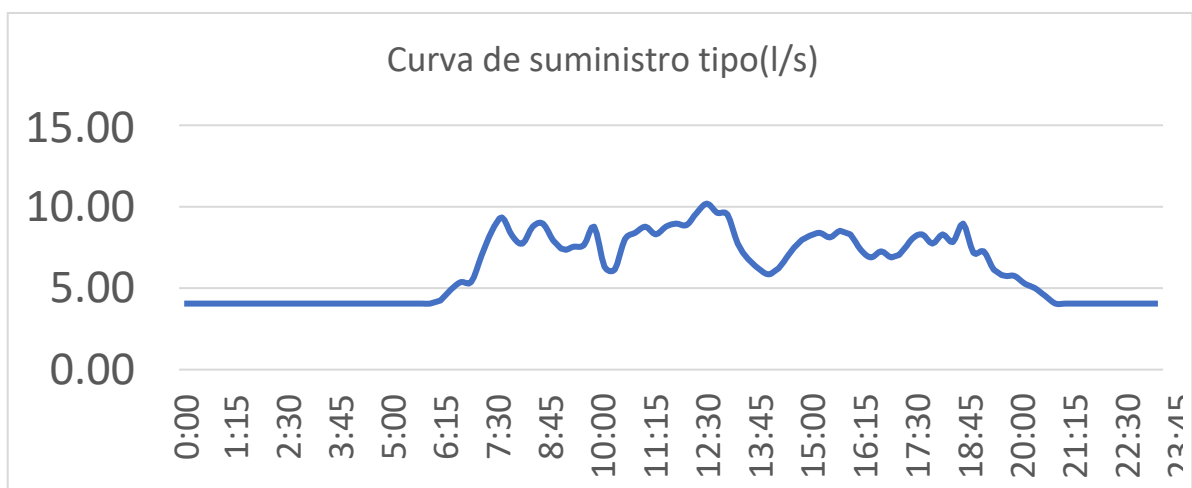


Ilustración 2.- Curva de suministro tipo

Eficiencia física de la REDAP-UNL.- La eficiencia física de la REDAP-UNL se obtiene de la relación porcentual del volumen total de consumo estimado [5] para el volumen total suministrado [3]:

$$\eta_{física} = \text{Volumen total consumo estimado} / \text{Volumen total suministrado} \times 100$$

MARCO TEÓRICO: (elaborar por el estudiante)

RESULTADOS OBTENIDOS: (elaborar por el estudiante)

Escribir los resultados de acuerdo con los objetivos y actividades planteados

DISCUSIÓN: (a elaborar por el estudiante)

Redactar la discusión de acuerdo con los resultados obtenidos

CONCLUSIONES: (elaborar por el estudiante)

Redactar las conclusiones de acuerdo con su discusión

RECOMENDACIONES: (elaborar por el estudiante)

Determine mejoras a la presente práctica con el fin de potenciar las practica de REDAP

PREGUNTAS DE CONTROL (deben ser contestadas por el estudiante)

- 1.- ¿Qué entiende por un sistema de distribución de agua potable?
- 2.- ¿Cómo está conformado un sistema de distribución de agua potable?
- 3.- ¿Qué entiende por caudalímetro?
- 4.- ¿Qué entiende por eficiencia física?

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

PRACTICA # 2

ASIGNATURA: Máquinas de fluidos

RESULTADO DE APRENDIZAJE DE LA PRÁCTICA:

Analiza los parámetros científicos – técnicos que intervienen en el diseño de bombas e instalaciones de bombeo que le permitirá determinar las características de construcción de los rodetes, además de tener claramente identificados los aspectos técnicos que debe constar en una instalación de fluido.

TIEMPO PLANIFICADO EN EL SILABO: 2 horas

TIEMPO DE LA PRÁCTICA POR GRUPO: 2 horas

NÚMERO ESTUDIANTES POR GRUPO: 4 estudiantes

TEMA: Análisis de la eficiencia hidráulica de la red externa de agua potable-REDAP de la Universidad Nacional de Loja.

OBJETIVOS:

1. Exportar la REDAP AutoCAD de la UNL a Epanet, mediante EPACAD.
2. Determinar el Caudal Máximo Probable-QMP en todas las edificaciones de la UNL, considerando la norma NEC-11 y la base de datos de aparatos sanitarios que se presenta en la tabla 1
3. Simular la REDAP-UNL en régimen permanente y generar un reporte gráfico y estadístico del comportamiento de la red donde se demuestre su operación de acuerdo con la norma NEC-11.

MATERIALES Y REACTIVOS	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
Texto guía	Computadora portátil o PC Software AutoCAD Software EPACAD Software Epanet y Excel

INSTRUCCIONES:

Colocar las mochilas en los casilleros.

Prohibido consumo de alimentos.

Prohibido equipo de diversión, celulares etc.

Prohibido jugar.

Prohibido mover o intercambiar los equipos del edificio de laboratorios.

Prohibido sacar los equipos del edificio de laboratorios sin autorización.

Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.

Uso adecuado de equipos.

Uso obligatorio del mandil.

Mantener buen comportamiento en el desarrollo de la práctica.

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR

1.- Considerando el plano AutoCAD de REDAP-UNL elaborado por la Unidad de Desarrollo Físico de la UNL, obtenga el plano REDAP-UNL en formato EPANET.

Utilice para ello el software EPACAD.

2.-Cargue los datos de las propiedades de todos los objetos de la REDAP_UNL: Embalse, tanque, conexiones, tuberías, válvula reductora de presión y demanda base en las edificaciones (representada por el caudal máximo probable-QMP).

Embalse: Tanque principal de suministro de agua a la UNL de 200 m³. Se debe colocar la cota de acuerdo al plano AutoCAD REDAP-UNL

Tanque: Tanque de reserva de 50 m³ que se encuentra cerca de la carrera de Turismo de la UNL. Colocar la siguiente información en los datos de las propiedades del tanque

Cota

Nivel inicial = 0,5 m

Nivel mínimo= 0,5 m

Nivel máximo =2,5 m

Diámetro = 3,25 m

Conexiones: Se debe colocar la cota de acuerdo al plano AutoCAD REDAP-UNL.

Tuberías: Epcad exporta a EPANET la longitud de las tuberías desde el plano AutoCAD REDAP-UNL. Se debe agregar los diámetros en milímetros de las tuberías y la rugosidad absoluta expresada en mm.

Válvula reguladora de presión: Después de realizar una primera simulación en régimen permanente, se debe colocar una válvula reguladora de presión a la altura de la facultad de Educación Artes y Comunicación y calibrarla de manera que la presión de acometida en cualquier edificio de la UNL cumpla con la norma NEC 2011, misma que señala que no debe ser superior a 50 mca.

Demanda base de las edificaciones- (QMP). La metodología de cálculo del caudal máximo probable-QMP se explica a continuación, considerando el Edificio de laboratorios de la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos naturales no renovables.

- [1] Determinar el número de aparatos sanitarios que se encuentran en el edificio.
- [2] Coloque el caudal instantáneo de cada aparato sanitario (Ver anexo 2).
- [3] Multiplique el número de aparatos [1] por el caudal instantáneo [2] según el tipo de aparato. Sume estos valores para obtener el **caudal instantáneo tota**

Aparato sanitario	Inodoro con flujo	Inodoro con depósito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con flujo	Fregaderos	Grifos	Duchas	Caudal instantáneo total (Lt/s)
Cantidad [1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal instantáneo mínimo [2]		0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal instantáneo mínimo * Número de aparatos [3]	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Determinamos el factor F según el tipo de edificación (Ver anexo 4)

Código bloque	Edificio	Tipo de edificación (NEC - 11)	Factor (F)
A2			

- Determinamos el coeficiente de simultaneidad mediante la ecuación

$$ks = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0,04 + 0,04 * \log(\log(n)))$$

Donde:

n: es el número de aparatos sanitarios

F: factor según edificación

- Calcule el caudal máximo probable-QMP, multiplicando el factor de simultaneidad-ks por el caudal instantáneo total de la edificación. Aplique la ecuación del QMP para cada edificio, llene la tabla según el siguiente formato:

$$QMP = ks * \sum qi$$

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Código de bloque	Edificio UNL	Edificación	Inodoro con fluxor	Inodoro con deposito	Lavabos	Urinario con llave	Urinario con fluxor	Fregaderos	Grifos	Duc has	Tota l, aparatos	Caudal tota l	Factor f	Coefficiente k	QMP (Lt/s)
A2	Edificio de laboratorios FEIRNNR	Universidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

3- Simule la red EPANET-UNL en régimen permanente y analice los resultados de acuerdo con la velocidad, caudal, presión, nodos, tuberías, etc. Considere la norma NEC-11 para evaluar los resultados de eficiencia hidráulica.

Red de presiones de acometida

Velocidad en las tuberías

4.- Desarrolle los Parámetros de evaluación hidráulica

- **Consumo unitario de usuarios.** - De acuerdo a una encuesta o estudio realizado en la universidad determine el uso promedio de consumo de una persona por día:

Necesidad	Volumen promedio (Lt)
Sanitario (inodoro, urinario)	
Lavado de manos	
Consumo propio	
Total, de consumo por persona	

- **Dotación.** - Es la dotación que debe consultar en la norma NEC-11 según la dependencia donde se realiza el estudio en este caso (Universidades)
- **Evaluación del volumen de reserva**
 - 1.- Mediante un estudio de proyección de población futura (método geométrico o exponencial) determine la población futura según lo recomendado por la norma NEC de acuerdo con la vida útil de la tubería que desee colocar (PVC).
 - 2.- Con el volumen de consumo por persona y con la población actual y futura calculada determine el volumen requerido considere las pérdidas permitidas por la norma NEC-11 (20%) y compare con la capacidad actual y futura de los tanques de reserva. Determine si se encuentran correctamente dimensionados.
- **Presión de acometida a todas las edificaciones de la UNL**

Con la simulación en Epanet realice un estudio de velocidad, presión, diámetros, etc. según lo recomendado por la norma NEC-11 y determine estadísticamente si cumplen los rangos permitidos.
- En caso de no cumplir la norma NEC-11, modifique los parámetros de funcionamiento de tuberías y evalúe presión, caudal y velocidad de acuerdo a los rangos permitidos.

MARCO TEÓRICO: (a elaborar por el estudiante)

RESULTADOS OBTENIDOS (a elaborar por el estudiante)

Escribir los resultados de acuerdo con los objetivos y actividades planteados

DISCUSIÓN (a elaborar por el estudiante)

Redactar la discusión de acuerdo con los resultados obtenidos

CONCLUSIONES (a elaborar por el estudiante)

Redactar las conclusiones de acuerdo con su discusión

RECOMENDACIONES (elaborar por el estudiante)

Determine mejoras a la presente práctica con el fin de potenciar las practica de REDAP

PREGUNTAS DE CONTROL (deben ser contestadas por el estudiante)

¿Qué entiende por eficiencia hidráulica?

¿Qué rango de presión, velocidad y caudal son los recomendados por la norma NEC-11?

¿Qué parámetros le permiten evaluar la eficiencia hidráulica de la red de agua potable?

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

PRACTICA # 3

ASIGNATURA: Máquinas de fluidos

RESULTADO DE APRENDIZAJE DE LA PRÁCTICA:

Interpreta las curvas de presión, cota, etc. desde el punto de vista energético de una red para determinar su eficiencia .

TIEMPO PLANIFICADO EN EL SILABO: 2 horas

TIEMPO DE LA PRÁCTICA POR GRUPO: 2 horas

NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO: 4 estudiantes

TEMA: Análisis de los perfiles de cota, presión y altura de la desde el tanque de reserva de agua potable de la UNL hasta el edificio de laboratorios de la FEIRNNR

OBJETIVOS:

- Analizar la eficiencia energética de la instalación
- Analizar las rutas critica del sistema de agua potable

MATERIALES Y REACTIVOS	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
Texto guía	Computadora portátil o PC Software AutoCAD Software EPACAD Software Epanet, Excel

INSTRUCCIONES:

Colocar las mochilas en los casilleros.

Prohibido consumo de alimentos.

Prohibido equipo de diversión, celulares etc.

Prohibido jugar.

Prohibido mover o intercambiar los equipos del edificio de laboratorios.

Prohibido sacar los equipos del edificio de laboratorios sin autorización.

Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.

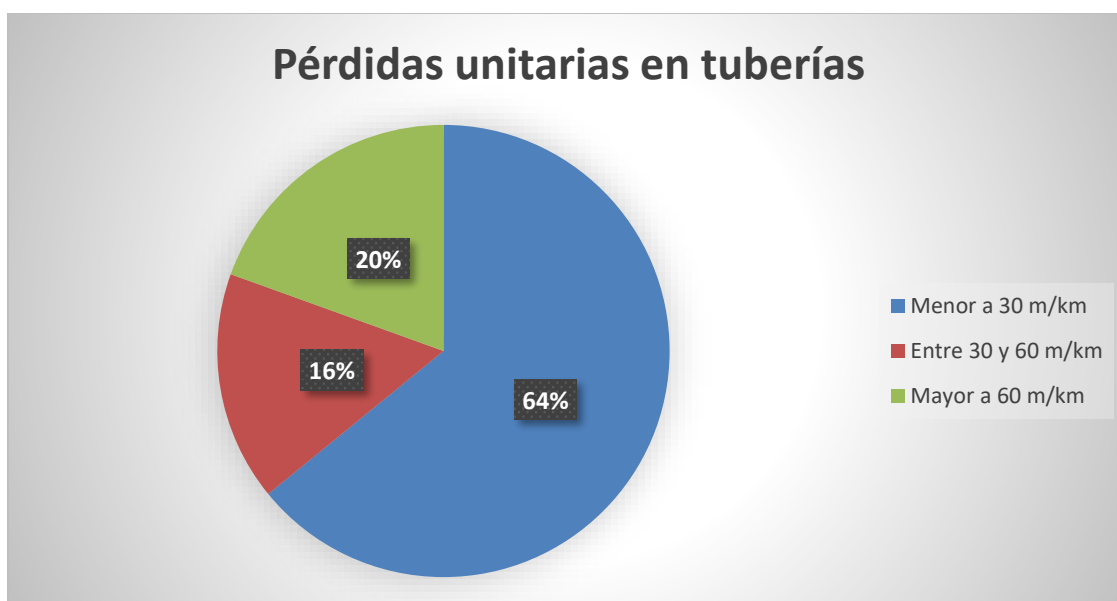
Uso adecuado de equipos.

Uso obligatorio del mandil.

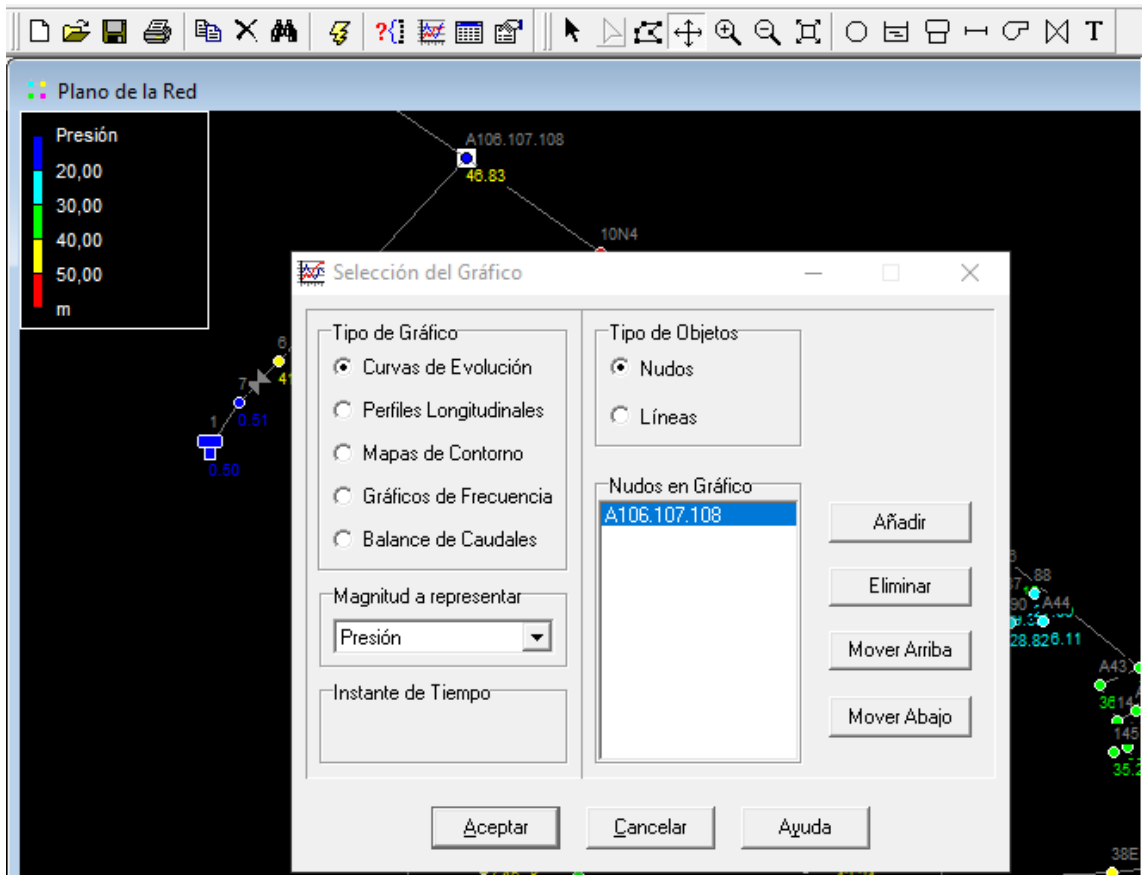
Mantener buen comportamiento en el desarrollo de la práctica.

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR

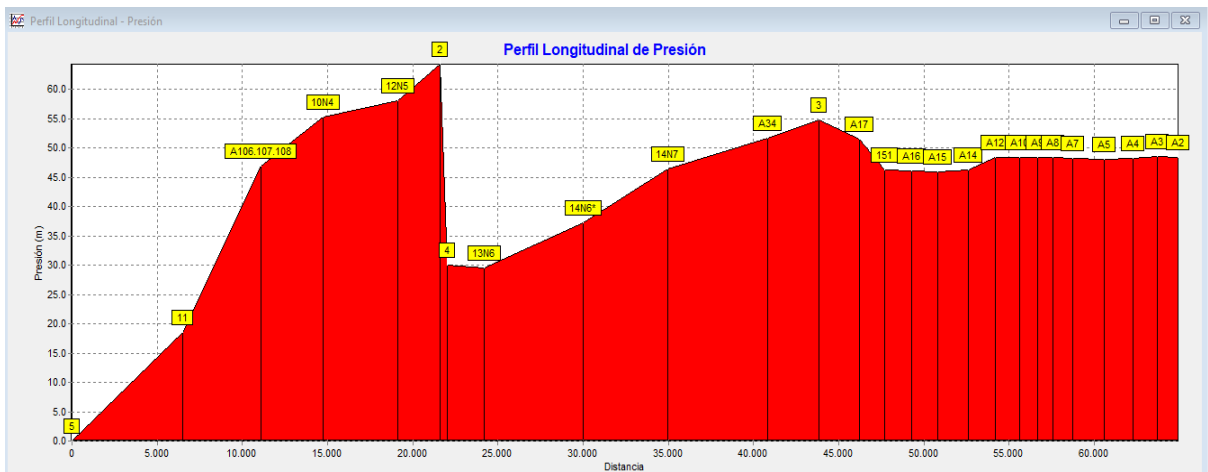
- Analice la red desde el tanque de reserva [5] hasta el edificio de laboratorios de la FEIRNNR [bloque A2] y mediante Epanet determine la pérdida unitaria de la tubería. Realice un análisis estadístico de acuerdo a lo que indica la norma NEC-11, determine rangos permitido y grafique:



- En Epanet en la barra de herramienta seleccione **Gráficos**, en tipo de gráfico seleccione perfil longitudinal, a continuación, en magnitud a representar, elija la magnitud a representar gráficamente, eligiendo en **nudos del gráfico** la ruta que desea analizar y graficar:



- Obtenga los perfiles de presión, cota y altura para analizar la diferencia entre una ruta y otra como la que se muestra a continuación:



MARCO TEÓRICO: (a elaborar por el estudiante)

RESULTADOS OBTENIDOS (a elaborar por el estudiante)

Escribir los resultados de acuerdo con los objetivos y actividades planteados

DISCUSIÓN (a elaborar por el estudiante)

Redactar la discusión de acuerdo con los resultados obtenidos

CONCLUSIONES (a elaborar por el estudiante)

Redactar las conclusiones de acuerdo con su discusión

RECOMENDACIONES (elaborar por el estudiante)

Determine mejoras a la presente práctica con el fin de potenciar las practica de REDAP

PREGUNTAS DE CONTROL (deben ser contestadas por el estudiante)

- 1.- ¿Que entiende por eficiencia energética de una red?
- 2.- ¿Qué e la altura piezométrica ?
- 3.- ¿Que la altura geométrica?
- 4.- ¿Qué son las cargas de pérdida?

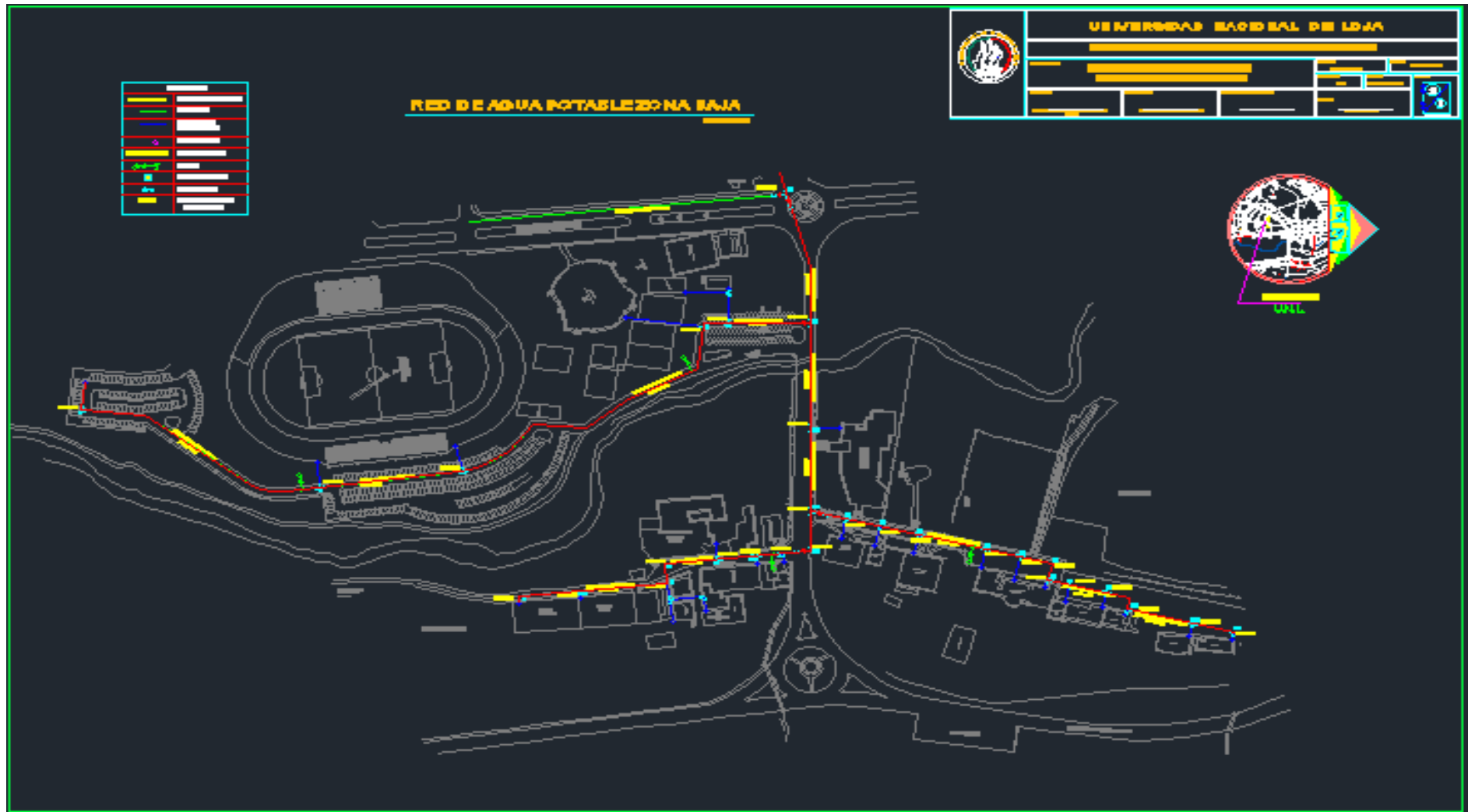
BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

Anexo 8.- Plano de red externa zona alta



Anexo 9.- Plano de red eterna zona baja



Anexo 10: Evidencias de socialización



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Dirección de
Desarrollo Físico

Oficio Circular 053-DDF-UNL
Loja, 8 de febrero de 2021

Asunto: convocatoria a socialización de proyectos

Ing. Hernán Fabricio Alvarado Romero, Mg. Sc.
Ing. Byron José Córdova Cevallos
Ing. Sonia Aydeé Remache Guerrero
Ing. Néstor Fabricio Silverio Fierro, Mg. Sc.

FUNCIONARIOS DE LA DIRECCIÓN DE DESARROLLO FÍSICO
Ciudad Universitaria

De mi consideración:

Me permito efectuar una convocatoria formal para asistir a la socialización de resultados de dos proyectos de titulación que están siendo desarrollados por estudiantes de la Carrera de Electromecánica de nuestra Universidad, mismos que podrían servir para mejorar el sistema de dotación de agua potable para las edificaciones del Campus Argelia. Dichos proyectos son:

1. Evaluación del sistema de agua potable de la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables-FEIRNRR de la Universidad Nacional de Loja. Expositor Sr. Pablo Jara;
2. Análisis físico, hidráulico y energético de la red externa de agua potable de la ciudad universitaria "Guillermo Falconi Espinosa" de la Universidad Nacional de Loja. Expositor Sr. Jhon Ulloa.

Esta sesión se llevará a cabo vía zoom el día martes 9 de febrero de 2021, a partir de las 09:00 mediante el siguiente enlace: <https://cedia.zoom.us/j/91012371160>

Esperando contar con su valiosa presencia, me suscribo de ustedes,

Atentamente,

**EN LOS TESOROS DE LA SABIDURÍA
ESTÁ LA GLORIFICACIÓN DE LA VIDA**



JULIO
MAXIMILIANO
ORDONEZ VIVANCO

Ing. Julio Ordóñez Vivanco, Mg. Sc.,
DIRECTOR DE DESARROLLO FÍSICO

c.c. Ing. Marco Rojas Moncayo, Docente FEIRNRR
Archivo numérico.

072-54 7252 Ext 134
Ciudad Universitaria "Guillermo Falconi Espinosa",
Casilla letra "S", Sector La Argelia - Loja - Ecuador