



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURADA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO S.A, EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021”

Presentado por:

Corimanya Carreño, Jhan Paul

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Carlos Alberto Mosqueira Lovón

CUSCO – PERÚ

2022



EPS ILO S.A.



CONSTANCIA

Por medio de la presente, se deja constancia que el Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Andina del Cusco, Jhan Paul Corimanya Carreño, identificado con DNI 47379325, ha realizado la Investigación denominada: "DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021".

Brindando a dicho estudiante información, equipos e instrumentos de medición y la asistencia técnica necesaria para que los resultados sean los más representativos posibles.

Ilo, Enero del 2022


E.P.S. ILO S.A.
CPC. SOLANGE GERAMONTE FLORES
GERENTE GENERAL
C.O. MATRÍCULA 20-186

EL PERÚ PRIMERO

www.epsilo.com.pe



Dedicatoria

A Dios, por permitirme lograr mis metas y brindarme las oportunidades necesarias para cumplir con mis objetivos. A mi madre, Ligia Carreño Guarnizo, por su amor, confianza y apoyo incondicional; a mi padre, Porfirio Corimanya Barrio de Mendoza, por ser mi mentor, por haberme motivado a seguir el camino de la Ingeniería e incentivar me a ser un buen profesional. A mis tíos Irma y Miguel, por su inmenso corazón y brindarme su cariño en todo momento; a Verioska, Paul y Mariela, a quienes considero mis hermanos y que estuvieron a mi lado desde pequeño dándome buenos consejos siempre.

A mi familia, por haberme inculcado valores y principios, por enseñarme a ser una persona de bien y animarme a seguir adelante pese a las adversidades, nada de esto sería posible sin ustedes, los amo desde lo más profundo de mí ser.

Jhan Paul Corimanya Carreño



Agradecimiento

Agradezco a mi asesor de Tesis Ing. Carlos Alberto Mosqueira Lovón, por su apoyo, orientación y guía a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, por compartir sus conocimientos y experiencia profesional.

A la EPS Ilo S.A. por brindarme la información, asistencia técnica, acceso a equipos y demás facilidades; además, del aprendizaje y experiencia adquirida, a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de carrera, por el apoyo y experiencias vividas a lo largo de esta etapa académica.

Muchas gracias por todo.

Jhan Paul Corimanya Carreño



Resumen

La presente tesis titulada “Determinación y Gestión del Agua no Facturada (ANF) en los Componentes Operacional y Comercial en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A., en la localidad de Ilo – 2021”, cuyo objetivo es determinar y cuantificar los componentes y nivel de agua no facturada del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. y partir de ello, gestionar el Agua no Facturada, con la finalidad de reducir su porcentaje a un nivel técnico y económico razonable.

Para determinar y cuantificar el Agua no Facturada (ANF) se aplicó la Metodología de Balance Hídrico del IWA (International Water Association), cuyo cálculo se realizó a partir de información histórica inherente al Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, brindada por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A.; e información recolectada mediante la ejecución y medición de pruebas en campo.

Para gestionar el Agua no Facturada, en el caso de las pérdidas operacionales, se propuso la implementación de una Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales, haciendo uso de la tecnología orientada a pre-localizar y localizar las fugas en la red de distribución de agua potable de la EPS Ilo S.A; asimismo programar su reparación; cabe mencionar, que esta metodología permite seleccionar los tramos de redes a intervenir con programas de control de pérdidas y tramos de redes a sustituir.

Para el caso de gestión de las pérdidas comerciales, se utilizó información histórica comercial de los últimos 05 años, para elaborar un modelo matemático mediante la regresión lineal múltiple, la cual, permite realizar estimaciones de reducción de Agua no Facturada en base a la reducción del volumen producido o el aumento de la micromedición, lo cual permite gestionar este componente a niveles técnicos y económicos más razonables.

El trabajo de investigación, determinó un porcentaje de Agua no Facturada de 42.2% en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.

Palabras Clave: Agua no Facturada, Pérdidas Operacionales, Perdidas Comerciales, Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales, Modelo Matemático, Volumen Producido, Micro-medición.



Abstract

The present thesis entitled "Determination and Management of Unbilled Water (ANF) in the Operational and Commercial Components in the Drinking Water Supply System of E.P.S. Ilo S.A., in the town of Ilo - 2021". The objective is to determine and quantify the components and levels of unbilled water in the Drinking Water Supply System of EPS Ilo S.A. and from this, manage the unbilled water, in order to reduce its percentage to a reasonable technical and economic level.

In order to determine and quantify the Unbilled Water (ANF), the IWA (International Water Association) Water Balance Methodology was applied, whose calculation was based on historical information inherent to the Drinking Water Supply System, provided by the Operations and Commercial Management of EPS Ilo S.A.; and information collected through the execution and measurement of field tests.

To manage unbilled water, for operational losses, the implementation of an Operational Loss Control Strategy was proposed, making use of technology aimed at pre-locating and locating leaks in the EPS Ilo S.A. potable water distribution network, as well as scheduling their repair; it is worth mentioning that this methodology allows selecting the network sections to be intervened with loss control programs and network sections to be replaced.

For the management of commercial losses, historical commercial information of the last 05 years was used to develop a mathematical model using multiple linear regression, which allows estimating the reduction of unbilled water based on the reduction of the volume produced or the increase of micro-metering, which allows managing this component at more reasonable technical and economic levels.

The research work determined a percentage of unbilled water of 42.2% in the Potable Water Supply System of EPS Ilo S.A.

Keywords: Unbilled Water, Operational Losses, Commercial Losses, Operational Loss Control Strategy, Mathematical Model, Volume Produced, Micrometering.



Introducción

El problema del agua no facturada (ANF) en el Perú y en el mundo, es un inconveniente que afecta directamente a la estabilidad económica y financiera de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento, redundando en la deficiente calidad del servicio en términos de cobertura, continuidad, presión y otros indicadores empresariales, en el Perú el índice de agua no facturada fluctúa aproximadamente entre el 24 al 70 %, generando grandes pérdidas económicas a las empresas, siendo esta, una de las principales causales para que, de las 50 empresas prestadoras de servicio de saneamiento a nivel nacional, 19 empresas se encuentren en el Régimen de Administración Transitoria-RAT, para ser administradas por el Organismo Técnico de los Servicios de Saneamiento-OTASS.

La EPS Ilo S.A. se encuentra incorporada en RAT y administrada por el OTASS desde el 17 de diciembre del 2015, en este periodo el agua no facturada no tuvo una reducción importante, alcanzando para finales del 2020 un índice del agua no facturada del 47.96 %, evidenciando que la EPS Ilo S.A. no cuenta con un programa de reducción del agua no facturada.

La presente investigación tiene por objeto determinar y cuantificar los componentes y nivel de agua no facturada del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. y partir de ello, poder gestionar el agua no facturada, con la finalidad de reducir a un nivel técnico y económico razonable.



Índice General

Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Índice General	8
Capítulo I: Planteamiento de Problema	16
1.1. Identificación del Problema.....	16
1.1.1. Descripción del Problema	16
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	18
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....	19
1.2.1. Justificación técnica	19
1.2.2. Justificación social	19
1.2.3. Justificación por viabilidad	19
1.2.4. Justificación por relevancia	20
1.3. Limitaciones de la investigación	20
1.4. Objetivo de la Investigación.....	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
Capítulo II: Marco Teórico	23
2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual	23
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional	23
2.1.2. Antecedentes a Nivel internacional	26
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes.....	28
2.2.1. Balance Hídrico (Metodología de la IWA- International Water Association).....	28
2.2.2. Agua No Facturada (ANF)	31
2.2.3. Principios fundamentales de la hidráulica.....	33
2.2.4. Importancia del recurso hídrico.....	35
2.2.5. Estructura del sistema de agua potable.....	35
2.2.6. Descripción de los Instrumentos y Equipos	39
2.2.7. Regresión lineal simple y múltiple.....	41
2.3. Hipótesis.....	47
2.3.1. Hipótesis General.	47
2.3.2. Sub Hipótesis.....	47
2.4. Definición de Variables.....	48



2.4.1.	Variable Independiente.....	48
2.4.2.	Variabes Dependientes.....	48
2.4.3.	Cuadro de Operacionalización de Variables	50
Capítulo III: Metodología.....		52
3.1.	Metodología de la Investigación	52
3.1.1.	Enfoque de la Investigación	52
3.1.2.	Nivel o alcance de la Investigación.....	52
3.1.3.	Método Investigación.....	52
3.2.	Diseño de la Investigación.....	53
3.2.1.	Diseño Metodológico	53
3.2.2.	Diseño de Ingeniería.....	54
3.3.	Población y Muestra.....	55
3.3.1.	Población.....	55
3.3.2.	Muestra.....	55
3.3.3.	Criterios de inclusión.....	57
3.4.	Instrumentos	57
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	57
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería	60
3.5.	Procedimiento de Recolección de Datos	64
3.5.1.	Volumen de Ingreso al Sistema.....	65
3.5.2.	Consumo Autorizado.....	72
3.5.3.	Pérdida de Agua (Agua no comercializada).....	93
3.5.4.	Sectorización de Sub Zonas de Presión:.....	101
3.5.5.	Comprobación de hermeticidad de válvulas:	102
3.5.6.	Prueba de Caudal Mínimo Nocturno :.....	108
3.5.7.	Medición de presiones (24 horas):	119
3.6.	Procedimiento de Análisis de datos.....	126
3.6.1.	Procesamiento Balance Hídrico (Metodología IWA)	126
3.6.2.	Procesamiento – Modelo Matemático	168
3.6.3.	Procesamiento – Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales	188
Capítulo IV: Resultados		196
4.1.	Resultado del Balance Hídrico – Metodología IWA.....	196
4.2.	Resultado de Volumen Pérdidas Operacionales – Prueba de Caudal Mínimo Nocturno.	201
4.3.	Resultados – Dotación de la EPS Ilo. S.A. para el año 2021.	202
4.4.	Resultados – Modelo Matemático para Gestión de Pérdidas Comerciales	203
4.5.	Resultados- Proyección de incremento a futuro del Agua no Facturada (ANF)	204
4.6.	Resultados – Estrategia de Control de Pérdidas Físicas Operacionales	205



Capítulo V: Discusión	207
5.1. Contraste de resultados referentes al marco teórico	207
5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	208
5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis	209
5.4. Aporte de la investigación.....	211
Glosario	213
Conclusiones	216
Recomendaciones	218
Referencias	220
Referencias de internet	221
Anexos	223
Anexo 1. Formulario de control operacional diario de PTAP II - Pampa Inalámbrica.....	223
Anexo 2. Certificado de lavado y desinfección de Reservorios	224
Anexo 3. Reporte de los indicadores de gestión de la EPS. Ilo. S.A.....	225
Anexo 4. Presupuesto de Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales	241
Anexo 5. Análisis de Precios Unitarios.....	243
Anexo 6. Panel Fotográfico.....	252
Anexo 7. Planos.....	265
Anexo 8. Matriz de Consistencia	267



Índice de Tablas

Tabla N° 1. Cuadro de elección de Muestras.....	21
Tabla N° 2. Balance Hídrico Estandarizado	29
Tabla N° 3. Dotación promedio de consumo.....	32
Tabla N° 4. Determinación de la Muestra	56
Tabla N° 5. Resultado de Muestra.....	56
Tabla N° 6. Ficha de registro de purgas en hidrantes	58
Tabla N° 7. Ficha de registro de prueba de hermeticidad de válvulas.....	58
Tabla N° 8. Ficha de registro de prueba de caudal mínimo nocturno.....	59
Tabla N° 9. Ficha de registro de medición de presiones	59
Tabla N° 10. Balance Hídrico – Volumen de entrada al sistema.....	65
Tabla N° 11. Volumen de Producción Ilo - 2017	69
Tabla N° 12. Volumen de Producción Ilo - 2018	70
Tabla N° 13. Volumen de Producción Ilo - 2019	70
Tabla N° 14. Volumen de Producción Ilo - 2020	71
Tabla N° 15. Volumen de Producción Ilo - 2021	71
Tabla N° 16. Balance Hídrico – Consumo Autorizado	72
Tabla N° 17. Balance Hídrico – Consumo Autorizado Facturado.....	72
Tabla N° 18. Volumen Facturado Ilo -2017	74
Tabla N° 19. Volumen Facturado Ilo -2018	75
Tabla N° 20. Volumen Facturado Ilo -2019	75
Tabla N° 21. Volumen Facturado Ilo -2020	76
Tabla N° 22. Volumen Facturado Ilo -2021	76
Tabla N° 23. Balance Hídrico – Consumo Autorizado no Facturado.....	77
Tabla N° 24. Volumen Consumo no Facturado Medido -2017	79
Tabla N° 25. Volumen Consumo no Facturado Medido -2018.....	80
Tabla N° 26. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2019.....	80
Tabla N° 27. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2020.....	81
Tabla N° 28. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2021	81
Tabla N° 29. Datos de Reservorios Operativos – Ilo 2021.....	83
Tabla N° 30. Plan de Mantenimiento de Redes – Ilo 2021.....	89
Tabla N° 31. Datos recolectados – Purgas en redes de distribución.....	91
Tabla N° 32. Datos recolectados – Consumo Contra Incendio	93
Tabla N° 33. Balance Hídrico – Pérdidas de Agua.....	94
Tabla N° 34. Balance Hídrico – Pérdidas Comerciales	94
Tabla N° 35. Volumen de Consumo no Autorizado.....	96
Tabla N° 36. Conexione Clandestinas – Cata Catas Ilo 2021.....	96
Tabla N° 37. Conexiones. Clandestinas – Pampa Inalámbrica Ilo 2021	97
Tabla N° 38. Reconexiones Indevidas – Cata Catas Ilo 2021	97
Tabla N° 39. Reconexiones Indevidas – Pampa Inalámbrica Ilo 2021.....	97
Tabla N° 40. Estudio Estadístico – Inexactitud en Micro medición.....	99
Tabla N° 41. Balance Hídrico – Pérdidas Operacionales	99
Tabla N° 42. Muestras evaluadas – Pérdidas Operacionales.....	101
Tabla N° 43. Prueba de Hermeticidad de Válvulas – 2B-3 – Urb. San Pedro.....	106
Tabla N° 44. Prueba de Hermeticidad de Válvulas - 6F-1 – Urb. Las Glorietas	107
Tabla N° 45. Prueba de Caudal Mínimo Nocturno – 2B-3 – Urb. San Pedro	116
Tabla N° 46. Medición de Presiones – 2B-3 – Urb. San Pedro.....	117



Tabla N° 47. Prueba de Caudal Mínimo Nocturno – 6F-1 – Urb. Las Glorietas.....	118
Tabla N° 48. Medición de Presiones - 6F-1 – Urb. Las Glorietas	119
Tabla N° 49. Medición de Presiones (24horas) – 2B-3 – Urb. San Pedro.....	122
Tabla N° 50. Medición de Presiones (24horas) – 6F-1 – Urb. Las Glorietas	123
Tabla N° 51. Resumen - Información brindada por la EPS Ilo	126
Tabla N° 52. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2017	127
Tabla N° 53. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2018	127
Tabla N° 54. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2019	128
Tabla N° 55. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2020	128
Tabla N° 56. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2021	129
Tabla N° 57. Resumen Consumo no Facturado no Medido	130
Tabla N° 58. Cálculo - volumen para lavado de reservorios	130
Tabla N° 59. Cálculo de Caudal de salida en Hidrantes	133
Tabla N° 60. Cálculo de Volumen de agua para limpieza de redes.....	134
Tabla N° 61. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-136.....	137
Tabla N° 62. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-180.....	137
Tabla N° 63. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-76.....	138
Tabla N° 64. Volumen Total Contra Incendios	138
Tabla N° 65. % de Conexiones Clandestinas por sistema	139
Tabla N° 66. % de Reconexiones Indebidas por sistema	139
Tabla N° 67. Calculo de Volumen por Consumo no Autorizado	140
Tabla N° 68. Inexactitud en Micro medición	141
Tabla N° 69. Conexiones según antigüedad de medidores.....	142
Tabla N° 70. Cálculo - Pérdidas por Inexactitud en Micromedición.....	142
Tabla N° 71. Volumen de Pérdidas por Inexactitud en Micromedición.....	143
Tabla N° 72. Método de cálculo – Balance Hídrico	145
Tabla N° 73. Cálculo - Balance Hídrico Ilo 2021.....	145
Tabla N° 74. Cálculo - Balance Hídrico Ilo 2021.....	146
Tabla N° 75. Balance Hídrico Ilo 2021	147
Tabla N° 76. Balance Hídrico Ilo 2020	148
Tabla N° 77. Balance Hídrico Ilo 2019	148
Tabla N° 78. Balance Hídrico Ilo 2018	149
Tabla N° 79. Balance Hídrico Ilo 2017	149
Tabla N° 80. Componentes de ANF por año.....	150
Tabla N° 81. Comparación ANF SUNASS – ANF IWA.....	150
Tabla N° 82. Resumen del Balance Hídrico por año.....	152
Tabla N° 83. Determinación Consumo Promedio Mensual	153
Tabla N° 84. Zonas – Caudal Mínimo Nocturno.....	156
Tabla N° 85. Resultados – Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 2B-3.....	157
Tabla N° 86. Resultados – Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 6F-1	158
Tabla N° 87. Medición de Presiones 24 horas – Sub Zona 2B-3	159
Tabla N° 88. Medición de Presiones 24 horas – Sub Zona 6F-1	160
Tabla N° 89. Resumen – Prueba Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 2B-3	162
Tabla N° 90. Prueba Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 6F-1.....	162
Tabla N° 91. Corrección de Caudal por Índice de Fugas –2B-3	165
Tabla N° 92. Corrección de Caudal por Índice de Fugas – 6F-1.....	165
Tabla N° 93. Caudal de Pérdida Total Operacional – 2B-3.....	166
Tabla N° 94. Caudal Total de Pérdida Operacional - 6F-1.....	166



Tabla N° 95. Resultado- Prueba Caudal Mínimo Nocturno	167
Tabla N° 96. Comparación Pérdidas Operacionales.....	167
Tabla N° 97. Incidencia en el Balance Hídrico	167
Tabla N° 98. Datos – Modelo Matemático Ilo 2017.....	168
Tabla N° 99. Datos – Modelo Matemático Ilo 2018.....	169
Tabla N° 100. Datos – Modelo Matemático Ilo 2019.....	169
Tabla N° 101. Datos – Modelo Matemático Ilo 2020.....	170
Tabla N° 102. Datos – Modelo Matemático Ilo 2021.....	171
Tabla N° 103. Procesamiento - Modelo Matemático 2017	171
Tabla N° 104. Procesamiento - Modelo Matemático 2018	172
Tabla N° 105. Procesamiento - Modelo Matemático 2019	173
Tabla N° 106. Procesamiento - Modelo Matemático 2020	173
Tabla N° 107. Procesamiento - Modelo Matemático 2021	174
Tabla N° 108. Error (ANF Real y ANF - Modelo Matemático).....	180
Tabla N° 109. ANF (Volumen producido y Nivel de micro medición ajustado)	183
Tabla N° 110. Evaluación de Valores Extremos	184
Tabla N° 111. % Incremento Anual – Volumen de Producción.....	185
Tabla N° 112. Proyección para los años (2022-2024)	185
Tabla N° 113. Proyección ANF (2022-2024).....	186
Tabla N° 114. Proyección ANF – Modelo Matemático	187
Tabla N° 115. Costo por Personal Técnico.....	193
Tabla N° 116. Presupuesto - Control de Pérdidas Operacionales.....	194
Tabla N° 117. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2017	196
Tabla N° 118. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2018.....	197
Tabla N° 119. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2019	197
Tabla N° 120. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2020.....	198
Tabla N° 121. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2021	198
Tabla N° 122. Resumen – Componentes ANF – Metodología IWA.....	199
Tabla N° 123. Resultados – Prueba Caudal Mínimo Nocturno	201
Tabla N° 124. Resultados - Comparación Pérdidas Operacionales	202
Tabla N° 125. Incidencia en el Balance Hídrico	202
Tabla N° 126. Resultados – Dotación – Ilo - 2021	202
Tabla N° 127. Porcentaje de error – Modelo Matemático.....	203
Tabla N° 128. Proyección ANF (2022-2024).....	205
Tabla N° 129. Resumen Presupuesto - Control de Pérdidas Operacionales	206



Índice de Figuras

Figura N° 1. Ubicación de la investigación, departamento de Moquegua.....	17
Figura N° 2. Ubicación de la zona de la investigación, provincia de Ilo.....	18
Figura N°3. Diagrama de un sistema de distribución de agua potable convencional.....	34
Figura N° 4. Diagrama de un sistema de distribución de agua potable convencional.....	37
Figura N° 5. Tipos convencionales de válvulas de aire.....	38
Figura N° 6. Tipos convencionales de válvulas de purga.....	39
Figura N° 7. Caudalímetro ultrasónico SebaKMT UDM 300.....	39
Figura N° 8. DataLogger Metrolog.....	40
Figura N° 9. Geófono acústico digital – Aquaphon A200.....	41
Figura N° 10. Correlador Digital – SECORR C 200.....	41
Figura N° 11. Pasos – Regresión Lineal Excel.....	43
Figura N° 12. Verificación – Regresión Lineal Excel.....	44
Figura N° 13. Gráfico de Residuales – Regresión Lineal Excel.....	45
Figura N° 14. Comparación Gráfico Residuales.....	46
Figura N° 15. Comparación Gráfico de Dispersión.....	46
Figura N° 16. Caudalímetro SebaKMT UDM 300.....	61
Figura N° 17. Geófono acústico Teufel Massive.....	61
Figura N° 18. Data Logger Lolog Vista.....	62
Figura N° 19. Manómetro.....	63
Figura N° 20. Cinta Métrica.....	63
Figura N° 21. Programas utilizados.....	64
Figura N° 22. Computador Portátil.....	64
Figura N° 23. Tablero de lectura de macro medidor electromagnético (PTAP I Cata Catas).....	66
Figura N° 24. Macro medidor Siemens Sitrans F y Tablero de Lectura.....	67
Figura N° 25. Medidor Tipo Parshall.....	68
Figura N° 26. Verificación del medidor de caudal en PTAP Pampa Inalámbrica.....	68
Figura N° 27. Instalaciones PTAP – I Cata Catas.....	78
Figura N° 28. Instalaciones PTAP – II Pampa Inalámbrica.....	78
Figura N° 29. Manómetro conectado al hidrante mediante tubería de 2” y válvulas globo.....	84
Figura N° 30. Apertura de hidrante con llave Tee.....	85
Figura N° 31. Toma de datos, purgas en redes.....	85
Figura N° 32. Toma de datos, purgas en redes.....	86
Figura N° 33. Toma de datos, purgas en redes.....	86
Figura N° 34. Lectura de presión mediante manómetro conectado a hidrante.....	87
Figura N° 35. Lectura de presión mediante manómetro instalado en cámaras de monitoreo.....	87
Figura N° 36. Compañía de Bomberos B-76.....	92
Figura N° 37. Compañía de Bomberos B-180.....	92
Figura N° 38. Compañía de Bomberos B-136.....	93
Figura N° 39. Plano utilizado para ubicar válvulas la sub zona 2B-3 – San Pedro.....	103
Figura N° 40. Cierre de Válvula de frontera.....	103
Figura N° 41. Verificación de Hermeticidad en Válvulas con geófono Acústico.....	104
Figura N° 42. Registro de Sonido Bajo – Válvula Hermética.....	104
Figura N° 43. Apertura de válvula.....	105
Figura N° 44. Equipo de Trabajo y Personal de Apoyo – Pruebas de Campo.....	109
Figura N° 45. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 2B-3 – Urb. San Pedro.....	110
Figura N° 46. Llave de Cerradura Magnética.....	110



Figura N° 47. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 6F-1 – Urb. Las Glorietas.....	111
Figura N° 48. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 6F-1 – Urb. Villa Municipal.....	111
Figura N° 49. Instalación de Caudalímetro en la tubería de ingreso.	112
Figura N° 50. Programación de Caudalímetro en la tubería de ingreso.	112
Figura N° 51. Toma de lectura de caudal y volumen acumulado, cada 10min.	113
Figura N° 52. Toma de registro fotográfico.	113
Figura N° 53. Caudalímetro en operación – Sub Zona 6F-1 Urb. Las Glorietas.....	114
Figura N° 54. Manómetro – Cámara de Monitoreo – Sub Zona 2B-3 Urb. San Pedro.	114
Figura N° 55. Manómetro – Cámara de Monitoreo – Sub Zona 6F-1 Urb. Las Glorietas.	115
Figura N° 56. Cámara de monitoreo Sub Zona 2B-3 – Urb. San Pedro.....	120
Figura N° 57. Instalación de Data Logger - Sub Zona 2B-3.	120
Figura N° 58. Cámara de Monitoreo Sub Zona 6F-1 – Urb. Las Glorietas – Villa Municipal.....	121
Figura N° 59. Instalación de Data Logger - Sub Zona 6F-1.....	121
Figura N° 60. Cuadro de Volumen de Lavado de Reservorios – Ilo 2021.	131
Figura N° 61. Método de la Escuadra.....	132
Figura N° 62. Regresión Lineal – Ecuación de la Recta (Presión-Caudal).	133
Figura N° 63. Cuadro de distribución de medidores por antigüedad.....	144
Figura N° 64. Comparación Anual ANF SUNASS – ANF IWA.....	151
Figura N° 65. Distribución de Componentes Balance Hídrico 2021.....	152
Figura N° 66. Diagrama – Pérdidas Físicas en función de la presión.....	163
Figura N° 67. Diagrama – Sub Zona 2B-3.....	164
Figura N° 68. Diagrama – Sub Zona 6F-1.....	164
Figura N° 69. Proceso de cálculo – Regresión lineal múltiple - Microsoft Excel.....	175
Figura N° 70. Primera Verificación – Modelo Matemático.....	176
Figura N° 71. Segunda Verificación – Modelo Matemático.....	176
Figura N° 72. Gráfico de Residuales – Volumen Producido.....	177
Figura N° 73. Gráfico de Residuales – Nivel de Micromedición Ajustado.....	178
Figura N° 74. Tercera Verificación – Gráfico de Residuales - Modelo Matemático.....	178
Figura N° 75. Curva de Regresión Ajustada.....	179
Figura N° 76. Coeficientes de la Regresión Lineal Múltiple.....	179
Figura N° 77. Pre Localización con Loggers de Sonido.....	190
Figura N° 78. Comparación de zonas de fugas - Loggers de Sonido.....	190
Figura N° 79. Pre localización de fugas - Correlador Digital.....	191
Figura N° 80. Localización de fugas - Geófono Acústico.....	191
Figura N° 81. Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales – Diagrama de Gantt.....	195
Figura N° 82. Distribución del Balance Hídrico – EPS Ilo - 2021.....	199
Figura N° 83. Distribución de Agua Facturada y Agua no Facturada – EPS Ilo.....	200
Figura N° 84. Distribución de los Componentes de Agua no Facturada – EPS Ilo.....	200
Figura N° 85. Variación del Agua no Facturada – EPS Ilo.....	201
Figura N° 86. Proyección Incremento del ANF.....	205



Capítulo I: Planteamiento de Problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Dentro de los principales problemas e inconvenientes, a los que deben de enfrentar las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), se encuentra, el alto índice del Agua No Facturada (ANF). Este problema genera menores ingresos económicos por concepto de la facturación en la prestación del servicio (pérdidas comerciales) y paralelamente origina mayores gastos en la producción del agua potable (pérdidas operacionales); lo que, a largo plazo provoca insolvencia económica y financiera en dichas empresas.

Además, este problema no es afrontado de manera técnica por la mayoría de empresas prestadoras de servicio de saneamiento; tanto así, que gran parte de las EPS, al contar con recursos hídricos disponibles, prefieren producir más agua potable que gestionar de forma eficiente la reducción de las pérdidas de agua sin tomar en cuenta que, en la actualidad debido a procesos naturales y antrópicos como el calentamiento global y contaminación de las fuentes, el recurso hídrico es cada vez más escaso, provocando problemas de carácter económico, ambiental y político en nuestra sociedad; y consecuentemente, también genera un impacto negativo en dichas empresas, al no poder cumplir con los indicadores operacionales, comerciales y de gestión, que impactan en la sostenibilidad e imagen de las EPS.

Cabe destacar que, el indicador económico financiero negativo, es una de las principales causales para que las empresas prestadoras de los servicios de saneamiento sean incorporadas en el Régimen de Administración Transitoria (RAT), para ser administradas por el Organismo Técnico de Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) para su reflotamiento.

En el Perú existen 50 empresas prestadoras de servicio de saneamiento de las cuales 19 empresas están incorporadas en el RAT, siendo una de ellas la EPS Ilo S.A. que ingresó al RAT mediante Resolución del Consejo Directivo N°015-2015-OTASS/CD de fecha 17 de diciembre de 2015. En el reporte del Benchmarking 2021 elaborado por la SUNASS con indicadores de gestión 2020, el promedio del ANF para las EPS de tamaño mediano a nivel nacional fue 46.25%, debiendo tener en cuenta que la EPS Ilo S.A para el mismo periodo tuvo un índice de ANF de 47.90 %.

Considerando que la EPS Ilo S.A. tuvo un nivel de ANF de 50.91 % en el año 2019 y 47.96 % el año 2020, dicha EPS tuvo una disminución en este indicador operacional de 2.95%, lo que



no es suficiente para lograr una mejora sustancial; es por ello que, la presente investigación busca proponer una metodología integral para determinar el Agua No Facturada (ANF) y gestionar las pérdidas, desde una perspectiva técnica y económica, con la finalidad de mejorar la eficiencia del sistema de distribución de la EPS Ilo S.A. y que sirva como un referente para poder ser utilizado en otros sistemas de distribución de agua potable de las 50 EPS a nivel nacional, con altos índices de ANF.

El ámbito de influencia del estudio es la red de distribución de agua potable, administrada por la E.P.S. Ilo S.A. comprende a los Distritos de Ilo, Pacocha y El Algarrobal, de la Provincia de Ilo, en la Región Moquegua. La EPS Ilo S.A. cuenta con una población estimada en 86,980 habitantes; de los cuales 83,666 habitantes cuentan con el servicio de agua potable, y 78,125 habitantes con el servicio del alcantarillado.

El ámbito geográfico del presente trabajo de investigación se visualiza en las Figuras N° 01 y N°02.



Figura N° 1. Ubicación de la investigación, departamento de Moquegua.

Fuente: Adaptada de Google, 2021



Figura N° 2. Ubicación de la zona de la investigación, provincia de Ilo.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el porcentaje de Agua No Facturada (ANF) determinado mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

▪ Problema Específico N°01

¿Cuál es el porcentaje de pérdidas operacionales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021?

▪ Problema Específico N°02

¿Cuál es el porcentaje de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021?

▪ Problema Específico N°03

¿Cuál es la relevancia al gestionar el Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021?

▪ Problema Específico N°04

¿Cuál es la relevancia al gestionar el Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación de un modelo matemático utilizando el método de Regresión Lineal Multivariable para el



control de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021?

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación técnica

La investigación se encuentra dentro del ámbito y área de estudio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, dentro de la especialidad de Hidráulica – Abastecimientos. La cual propone una metodología eficiente para la determinación del Agua no Facturada (ANF), a través del análisis de información existente e información generada en campo referidas a las pérdidas comerciales y operacionales, mediante la elaboración del Balance Hídrico propuesto por la IWA (International Water Association).

La investigación también propondrá estrategias y alternativas viables para gestionar la reducción de pérdidas operacionales a través de la pre-localización, localización y detección de fugas; y estrategias de gestión comercial utilizando un modelo matemático, tomando en consideración criterios técnico y económico con la finalidad de alcanzar un porcentaje de ANF óptimo.

1.2.2. Justificación social

La presente investigación tiene una significativa relevancia social, considerando que la provincia de Ilo se encuentra ubicada en zona de costa, donde el recurso hídrico es escaso y no cubre la demanda, existiendo racionamiento tanto para el uso poblacional, uso agrícola, uso pecuario y otros; por tanto, con la presente investigación se propone el uso eficiente del recurso hídrico, preservando la calidad y cantidad, ya que, en el futuro los costos de producción aumentarán por la disminución de las fuentes hídricas de origen superficial y subterránea, lo que hace necesario buscar soluciones inmediatas al problema de pérdidas de agua potable en las redes de distribución que conlleva a reducir los volúmenes de producción con el propósito que el recurso recuperado cubra la demanda para abastecer otras zonas que no cuentan con el servicio, así como para cubrir la demanda para otros usos en la provincia de Ilo.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La investigación desarrollada en la provincia de Ilo es viable como zona de estudio, considerando que la E.P.S. Ilo S.A. tiene un alto índice de agua no facturada llegando a 47.90 % al mes de setiembre del 2021, asimismo dicha empresa, como responsable de brindar los servicios de agua potable y alcantarillado cuenta con información histórica operacional y comercial para realizar dicho estudio, complementariamente para generar información faltante cuenta con los equipos e instrumentos necesarios, además que existe singular interés por parte



de los funcionarios de la EPS Ilo S.A para desarrollar el presente estudio, reflejado en el compromiso de brindar asesoría técnica por parte de los profesionales especialistas de la EPS Ilo S.A en el uso de los equipos necesarios para la ubicación de las fugas de carácter operático como (Correlador, Geófono Acústico, Caudalímetro Portátil, Data Loggers), dentro del tiempo programado para la obtención de los datos requeridos para culminar dicha investigación.

1.2.4. Justificación por relevancia

La presente investigación es relevante tanto para la E.P.S. Ilo S.A, como para las EPS's a nivel nacional puesto que los índices de agua no facturada en las empresas prestadoras de servicio de agua potable en el Perú son altos comparados con los promedios en latino América, estos altos índices de agua no facturada afectan la sostenibilidad económica y financiera de las empresas; como consecuencia de este problema, dichas entidades poseen una reducida facturación y elevados e innecesarios costos de producción. Asimismo, con el presente estudio se propone implementar una metodología para gestionar adecuadamente la reducción del ANF que repercute positivamente en los indicadores de cobertura, continuidad y presiones del servicio de agua potable en la EPS Ilo S.A., con la finalidad de mejorar la calidad del servicio para los usuarios; además de servir como una alternativa para reducir el (ANF) basado en un estudio más detallado, la cual puede ser aplicada en otras EPS's bajo ciertas condiciones y a su vez, como pauta para posteriores estudios.

1.3. Limitaciones de la investigación

- La investigación propone recolectar, determinar y evaluar únicamente parámetros de Agua no Facturada del Sistema de Distribución de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.
- La investigación busca determinar el volumen de pérdidas operacionales del sistema de abastecimiento de la EPS Ilo S.A
- La investigación busca determinar el volumen de pérdidas comerciales del sistema de abastecimiento de la EPS Ilo S.A.
- Recolectar datos inherentes al sistema de abastecimiento de agua potable administrada por la EPS Ilo S.A de los años 2017 – 2018 – 2019 – 2020 y 2021 de las Gerencias de Operaciones y Comercial de la entidad, entre los meses de octubre y noviembre del 2021.
- Se recurrió a un estudio estadístico existente realizado por (GIZ – PROAGUA II, en el desarrollo del Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS, el cual fue realizado utilizando información comercial real de las EPS Seda Cusco, Seda Ayacucho, SEDAM Huancayo, EPS Chavín, Seda Huánuco, SEDALIB), para determinar el volumen de pérdidas por imprecisión en la micro medición de medidores, debido a que la EPS Ilo S.A,



no cuenta con un Laboratorio para realizar las pruebas de medidores, y el estudio realizado, considera las mismas marcas y modelos de medidores utilizados por la EPS Ilo S.A.

- Recolectar datos y mediciones in situ, con la finalidad de determinar y verificar el volumen de pérdidas operacionales mediante la ejecución de la Prueba de Caudal Mínimo Nocturno, entre los meses diciembre del 2021 y enero de 2022, en la sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1), tomadas como muestras y que comprenden las Urbanizaciones San Pedro, Las Glorietas y Villa municipal.
- Las Sub Zonas de Presión tomadas como muestra, se consideran no probabilísticas, debido a que su elección no fue determinada de forma aleatoria, sino que deben cumplir con ciertos requisitos que serán detallados a continuación:
 - ✓ Las sub zonas de presión elegidas como muestras, representan a cada sub sistema que conforma la red de distribución, los cuales son el Sub Sistema Cata Catas (Sub Zona de Presión 2B-3 perteneciente a la Urb. San Pedro) y el Sub Sistema Pampa Inalámbrica (Sub Zona de Presión 6F-1 perteneciente a la Urb. Las Glorietas y Villa Municipal).
 - ✓ Las sub zonas de presión elegidas como muestras, mantienen una continuidad aproximada a la continuidad promedio del sistema, que para el año 2021 es de 16.78 horas, según la Memoria Anual de la EPS Ilo S.A. actualizada para el año 2021, mostrada en la Tabla N°01.
 - ✓ Las sub zonas de presión elegidas como muestras, mantienen una presión cercana a la presión de servicio del sistema, que para el año 2021 es de 33.5 (mca), según la Memoria Anual de la EPS Ilo S.A. actualizada para el año 2021, mostrada en la Tabla N°01.

Tabla N° 1. Cuadro de elección de Muestras

Elección de Muestras		
Sistema	Continuidad promedio (horas)	Presión de Servicio (mca)
Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.	16.78	33.5
Sub Zona de Presión 2B-3 - Sub Sistema Cata Catas	17.15	32.19
Sub Zona de Presión 6F-1 - Sub Sistema Pampa Inalámbrica	16.25	34.77



- ✓ Las sub zonas de presión elegidas como muestras, son de material PVC (el cual es el material predominante en la red de distribución) con una antigüedad promedio de 8 a 10 años y presentan un recurrencia de roturas media.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar y gestionar el porcentaje de Agua No Facturada (ANF) mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021.

1.4.2. Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico N°01**

Determinar el porcentaje de pérdidas operacionales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021.

- **Objetivo Específico N°02**

Determinar el porcentaje de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021.

- **Objetivo Específico N°03**

Gestionar la reducción del Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021.

- **Objetivo Específico N°04**

Gestionar la reducción del Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación del modelo matemático a través de la Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

2.1.1.1. Antecedente Nacional N°01

Título: “Evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS EMAPA San Martín S.A – Unidad Operativa de Bellavista (Bellavista, Limón y El Porvenir)”

Autores: César Ramón Guillén
Ángel Augusto Ramírez Carrasco

Institución: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto

Lugar: Tarapoto, Perú.

Fecha: 2019.

Resumen:

La investigación busca plantear una solución al problema de cobertura que viene atravesando las localidades de Bellavista, Limón y El Porvenir, correspondiente al ámbito de cobertura de la EPS EMAPA San Martín S.A, con la finalidad de evaluar, para reducir y recuperar los volúmenes de agua perdidos en todo el sistema de distribución.

Se plantea la implementación de programas de evaluación y reducción de pérdidas de agua en la jurisdicción de la Unidad Operativa de Bellavista; la investigación se centra en la reducción de las pérdidas de agua, causado por fugas de toda índole, mala operación del sistema, falta de mantenimiento y otros problemas; por ello se propone un plan de acción para disminuir estas pérdidas a partir de un plan piloto en el distrito de Bellavista, con el fin de evaluarlo y analizar estos resultados para posteriormente aplicarlo en las demás áreas del ámbito de la Unidad Operativa de Bellavista.

Conclusiones:

Para lograr reducir las pérdidas por error y falta de micro medición, se instauró un área piloto ubicada en el sector operacional N° 04, que compren 843 usuarios. Con la implementación del programa se logra obtener una micro-medición al 100 %. Para ello se elaboró un presupuesto que estima el costo de instalación de medidores de 719 usuarios que no cuentan con el mismo; ya que solo existen 124 usuarios con medidor en el área piloto.



En la Unidad Operativa no cuentan con un registro de conexiones clandestinas, por ello se asume un 10% de las conexiones existentes, este parámetro será ajustado conforme se vaya actualizando el catastro comercial de los usuarios. El volumen promedio mensual de agua potable consumido por las conexiones clandestinas de enero a junio del 2018 es de 7,057 m³ en toda la Unidad Operativa de Bellavista.

La unidad operativa de Bellavista, cuenta con un 67.92% de volumen no medido respecto al volumen facturado; sin embargo, este volumen representa volúmenes asignados y promediados que son facturados, esto se debe a la poca micro medición; ya que solo existe un 36.31 % de la misma.

La inmediata atención de las fugas visibles y las fugas no visibles, ayuda en gran medida a mejorar la eficiencia de servicio en la entidad, rescatando volúmenes considerables de pérdidas de agua potable.

La Unidad Operativa de Bellavista cuenta con 3536 conexiones del servicio agua potable de las cuales 3,337 conexiones son facturadas y 199 conexiones son inactivas que representa el 5.63%. Además de un total de 1467 medidores instalados solo existe 1284 medidor operativos; esto se debe a la falta de mantenimiento.

El índice de pérdidas es 23.26 % que representa 13723.93 m³ y el agua no contabilizada es 7.42% que representa 4348.66 m³. Esto se debe a que el volumen medido es el 32.08 %, el volumen promediado es el 13.93% y el volumen asignado es el 53.99%.

Aporte:

La investigación aporta el logro de una eficaz gestión en la unidad operativa de Bellavista de la EPS EMAPA San Martín, evidenciando la reducción de pérdidas y por consiguiente el aumento en la facturación del servicio brindado.

2.1.1.2. Antecedente Nacional N°02

Título: “Análisis y Determinación de Agua no Contabilizada en Pérdidas Operativas y Comerciales, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Zona III E.P.S Seda Cusco S.A.”

Autores: Cahuana Enríquez, Bryan Rommel

Institución: Universidad Andina del Cusco.

Lugar: Cusco, Cusco, Perú.

Fecha: 2019

Resumen:

Dicha tesis busca analizar y determinar el porcentaje de volumen de pérdida de Agua No Contabilizada (ANC) del sistema de abastecimiento de agua potable de la Zona III, en sus dos



componentes que son: pérdidas operativas (fugas visibles y fugas no visibles) y pérdidas comerciales (micro medición, clandestinaje y hurto), mediante la realización de un inventario de pérdidas.

En la investigación se realizó la recolección de datos necesarios de toma de lectura de caudales de ingreso hacia la Zona III, toma de presiones dentro de la Zona III, para la recolección de datos de pérdidas operativas de agua se dio inicio a la auscultación en las cajas de registro de los usuarios para situar la fuga, luego se desarrolló la correlación para detectar las fugas en las redes, acometidas y abrazaderas, posteriormente se realizó la puntualización de las fugas detectadas y la respectiva exposición, los datos de pérdidas comerciales de agua fueron proporcionados por la EPS Seda Cusco S.A. Para así poder determinar el porcentaje de volumen de Agua No Contabilizada en la Zona III.

Conclusiones:

No se logró demostrar la hipótesis general que decía “El porcentaje de volumen de Agua No Contabilizada en pérdidas operativas y comerciales con respecto a la dotación en el sistema de abastecimiento de agua potable en la zona III EPS SEDACUSCO S.A. es superior al 30%.”, ya que, se determinó el porcentaje de volumen de Agua No Contabilizada un total de 22%, por lo tanto, la hipótesis planteada no quedó demostrada resultando un valor inferior en 8% de lo considerado en la hipótesis general. Con un volumen de pérdida de agua potable total de 12379.088 m³/mes.

No se logró demostrar la sub hipótesis N° 01 que decía “El porcentaje de volumen de ANC de pérdidas operativas respecto al sistema de abastecimiento de agua potable en la zona III será superior al 20%”. Ya que, se determinó el porcentaje de pérdidas operativas un total de 17.3%, por lo tanto, la sub hipótesis planteada no quedó demostrada resultando un valor inferior en 2.7% de lo considerado en la sub hipótesis N° 01. Con un volumen de pérdida de agua potable operativo de 9827.848 m³/mes

No se logró demostrar la sub hipótesis N° 02 que decía “El porcentaje de volumen de ANC de pérdidas comerciales respecto al sistema de abastecimiento de agua potable en la zona III será superior al 10%”. Ya que, se determinó el porcentaje de pérdidas ANC de pérdidas comerciales un total de 4.5%, por lo tanto, la sub hipótesis planteada no quedó demostrada resultando un valor inferior en 5.5% de lo considerado en la sub hipótesis N° 02. Con un volumen de pérdida de agua potable comercial de 2551.24 m³/mes.

La EPS Seda Cusco S.A. tiene una buena gestión de control de fugas en el sistema de abastecimiento de agua potable Zona III, ya que tiene un porcentaje de pérdida de agua potable



del 22%, que está por debajo del promedio de porcentaje promedio de Agua No Contabilizada en la ciudad del Cusco.

Aporte:

La investigación aporta el procedimiento detallado para la obtención de datos in situ, mediante la utilización de los equipos e instrumentos de medición, para determinar el ANF físico-operativo en la red de distribución estudiada.

2.1.2. Antecedentes a Nivel internacional

2.1.2.1. Antecedente Internacional N°01

Título: “Metodología para la Reducción de Pérdidas en Redes de Agua Potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM”

Autores: Ojeda Ramírez Maricela.

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México

Lugar: Ciudad Universitaria – México - México.

Fecha: 2012

Resumen:

La atención al problema de las fugas se convierte en el aspecto fundamental de este trabajo, exponiendo en el primer capítulo un panorama en cuestión del abastecimiento de agua potable alrededor del mundo y las implicaciones de las fugas en el abastecimiento de agua en la Zona Metropolitana del Valle de México, así como abordar una breve explicación de lo que son las fugas y cómo se clasifican éstas. Tras esta abstracción, el segundo capítulo ahonda en la clasificación de las fugas y los factores que inciden en la aparición de las mismas, poniendo especial énfasis en la relación entre la presión en las redes y las fugas en ellas. El capítulo tres explica algunas de las estrategias, los equipos y métodos que existen para la detección y control de las fugas, así como para la gestión del tema. De todos estos, se seleccionaron los más adecuados para Ciudad Universitaria, considerando las características de la red, los requerimientos y los recursos disponibles para lograr integrar en la medida de lo posible los equipos y métodos más avanzados para lograr la recuperación de caudales. Una vez que se tuvo conocimiento de la tecnología e información disponible, fue fundamental conocer también de manera empírica el funcionamiento de los equipos y los resultados particulares de los métodos implementados, ya que esto llevó a la integración de una estrategia que, apoyada en la experiencia adquirida y el respaldo de expertos, permitió observar resultados favorables en la recuperación de importantes cantidades de agua. Todo esto se plasma en el capítulo cuatro. Ya



en el capítulo cinco se exponen las conclusiones del trabajo realizado y así mismo, se procura encontrar las razones por las que no se pudieron alcanzar los resultados esperados a pesar de los éxitos logrados. Así mismo, se profundiza en la importancia de cohesionar la gestión con la técnica, encontrando las oportunidades de acción, de manera que se pueda lograr la sostenibilidad del programa y así la ambicionada recuperación de caudales.

Conclusiones:

Los trabajos de campo de la sectorización de la red de Ciudad Universitaria (CU) están al 100%, la eliminación de fugas llegó a sumar hasta 21 lps de agua, aunque teniendo como consecuencia el ligero aumento en la presión de la red dentro de cada sector y, por lo tanto, la transferencia de esos flujos a otra parte de la red. Las válvulas reguladoras de presión están en proceso de instalación, con lo que se logrará ahorrar hasta el 50% del agua que aún se pierde en fugas. La micro medición ha avanzado notablemente, llegando a representar aproximadamente el 60% de los usuarios; al llegar al 100% de la medición esperado, se contará con elementos suficientes para la realización de un balance con resultados concretos y, como consecuencia de la operación de las VRP, la reducción en el suministro será evidente. Por otro lado, es importante mencionar que en paralelo a estas tareas, se han llevado a cabo campañas de concientización en cuanto al consumo responsable y cuidado del recurso, con lo que han mejorado los hábitos de consumo de la población y la reacción ante las eventualidades, como fugas visibles e incluso probables flujos de agua de fugas en el drenaje, con lo que la capacidad de los operadores para dar respuesta y pronta atención a las fugas se ha incrementado favorablemente. Uno de los logros fundamentales del programa ha sido incentivar la participación de los operadores de la red, a pesar de las diversas dificultades que se han presentado a lo largo del desarrollo de las actividades, sin embargo, con el tiempo se han ido integrando al programa, sin dejar de lado sus actividades normales. Se les ha dado a entender que al reducir su actividad en cuanto a atención a fugas, dispondrán de más tiempo para dar mantenimiento preventivo a la red.

Aporte:

La investigación aporta mecanismos de gestión para el control de pérdidas físico operacionales, mediante el control de presiones y detección de fugas; así como, mecanismos de concientización para el cuidado del recurso hídrico por parte de los usuarios de la red de distribución estudiada.

2.1.2.2. Antecedente Internacional N°02

Título: “Proceso de Evaluación de Volúmenes de Agua No Contabilizada en Sistemas de Distribución de Agua Potable. Caso de Estudio: Cerro del Carmen”

Autores: Pedro Ricardo Arévalo González.



Institución: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Lugar: Guayaquil - Ecuador.

Fecha: 2007

Resumen:

La investigación fue realizada en el sector denominado Cerro del Carmen. Cuyo objetivo principal consiste en medir el volumen de Agua No Contabilizada (ANC) en el sistema de distribución de agua potable del Cerro del Carmen. Redes con una antigüedad de 35 años en donde se instaló dentro del sector el primer sistema de distribución que contaba con una línea de impulsión (aún vigente) y pequeñas líneas primarias y secundarias.

El objetivo del estudio consiste en la reducción del agua no contabilizada (%ANC) en el Cerro del Carmen. Adicionalmente, se pretende optimizar el funcionamiento del sistema actual, obteniendo como resultado un sistema controlable y regulable en el tiempo estimado.

Conclusiones:

El proyecto propuesto ayudará a que la distribución de agua en la zona sea más óptima, continua y regulable, pero es urgente que se vaya estructurando un nuevo y completo sistema de distribución de AAPP. La falta de cultura de consumo y con ello el crecimiento poblacional serán causas principales para que en un futuro las pérdidas físicas y aparentes nuevamente aparezcan, es por esto que el nuevo sistema de distribución del AAPP para los habitantes del Carmen es sumamente necesario, recordando que el sistema actual tiene una vigencia de 35 años atrás tiempo en que la población de ese entonces era el 30% de la actual, que según el censo realizado para esta tesis es de 5694 habitantes.

Aporte:

La investigación aporta mecanismos de gestión para el control de pérdidas comerciales haciendo hincapié en la detección de conexiones clandestinas (debido al alto porcentaje de clandestinaje y hurto en dicho sistema), mediante sectorizaciones y actualización de las bases de datos. Además, del control de las pérdidas físico operacionales, mediante la detección y reparación de fugas en la red de distribución estudiada; cabe destacar, que dicha red posee 35 años de antigüedad.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Balance Hídrico (Metodología de la IWA- International Water Association)

Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.



La Asociación Internacional del Agua (IWA, 2000) realizó un análisis del balance hídrico teniendo en cuenta las mejores prácticas internacionales, a partir del cual es adaptado y reconocido mundialmente, dicho balance nos permite identificar los componentes con mayor cantidad de pérdidas de agua potable (Ver Tabla N° 02), los datos de volumen son para un periodo de referencia que generalmente es un año.

Tabla N° 2. Balance Hídrico Estandarizado

Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido	
		Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
		Consumo no facturado no medido		
	Pérdidas	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado	
			Inexactitud en micromedición	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)			

Fuente: IWA (International Water Association), 2020

Los componentes que se muestran en la Tabla 1.son:

- **Volumen de entrada al sistema.**

Es el volumen de ingreso al sistema de suministro de agua cuyas mediciones se hacen desde macro medidores.

- **Consumo Autorizado.**

El volumen de agua medida y/o no medida tomada a los clientes registrados por el proveedor de agua potable y otros autorizados a hacerlo.

- **Consumo Autorizado Facturado (Agua Facturada)**

- **Consumo Facturado Medido**

Es el consumo que se determina con el registro de lecturas de los medidores.

- **Consumo Facturado No Medido**

Es el consumo determinado por consumo promedio (es establecido cuando por razones ajenas a la EPS, no se logró realizar la lectura de los medidores, y se asume un consumo promedio en base a las lecturas de los 3 últimos meses); en el caso de



que la conexión domiciliaria no cuente con medidor, se asigna una tarifa plana.

- **Consumo Autorizado No Facturado**

Es un consumo legítimo que no genera ningún ingreso.

- **Consumo No Facturado Medido**

Es el consumo que se calcula en base a estimaciones o normas.

- **Consumo No Facturado No Medido**

Este consumo incluye el agua usada para caso de incendios, lavado de reservorios y lavado y purgas de redes de distribución.

Según las características propias de cada sistema, mediante la metodología IWA, se evalúa considerar o no, el volumen de agua utilizado por entidades públicas para el riego de áreas verdes o limpieza de calles, que al ser facturados, deberían considerarse dentro del Volumen Facturado Medido; caso contrario, si la EPS no realiza la medición de este consumo, se considera dentro de este componente de pérdidas.

- **Pérdidas de Agua (Agua no comercializada)**

Volumen de pérdidas, siendo la diferencia entre el volumen producido menos el volumen facturado.

- **Pérdidas comerciales**

Son pérdidas que se entregan al cliente, pero no se mide o registra con exactitud, esta pérdida puede ser recuperada y no permanece en el tiempo ya que el cliente puede ajustar su consumo en periodos posteriores a su detección. Estas pérdidas pueden ser por:

- **Consumo de Agua no Autorizado (Robo de Agua)**

Son conexiones ilegales, medidores vandalizados o manipulados por los usuarios y otros que evitan la lectura de medidores.

- **Inexactitudes de los medidores**

Esta pérdida es debido a la mala selección de medidores, instalación incorrecta y deterioro a través del tiempo.

- **Pérdidas Operacionales**

Son volúmenes de agua perdidos por fugas y roturas en las redes de distribución o en accesorios que conforman la red, para ser consideradas pérdidas operativas deben estar ubicadas antes de las conexiones domiciliarias. Son de 2 tipos:

- **Fugas de Agua Visibles**



Por su propia denominación el agua que fuga aparecerá en la superficie dependiendo de la presión y orificio de la fuga, este tipo de fugas se encuentran en uniones y tuberías de distribución. Por lo general usuarios son los que alertan de la fuga de agua a la empresa.

- **Fugas de Agua No Visibles**

Es el escape del agua por un orificio provocado accidentalmente, o a través de un accesorio de la red por fatiga y/o deterioro. Este tipo de fugas son difíciles de detectar por su bajo caudal y tiempo de fugas largos. Las fugas en una tubería con presión crean un ruido que viaja a través de las paredes del tubo y del terreno que lo rodea, por lo cual para su detección y localización requiere el uso de instrumentos especializados como son el geófono, y correlador.

2.2.2. Agua No Facturada (ANF)

El Agua No Facturada (ANF) es uno de los problemas más persistentes en los sistemas de suministro de agua, el término describe al agua que es producida, pero se pierde o no se contabiliza en el sistema.

La tasa de Agua No Facturada es hallada con la siguiente ecuación:

$$ANF = \left(\frac{V. producido - V. facturado}{V. producido} \right) 100$$

Donde:

- ANF: es el Agua No Facturada, en %;
- V. producido: es el volumen de aguadistribuida, en m³
- V. facturado: es el volumen de agua facturado, en m³.

La reducción de pérdidas de agua requiere de más acciones: una mayor prontitud de detección de fugas por sí sola no resolverá el problema si la infraestructura se deteriora al mismo tiempo. Además, incluso si se dispone de recursos financieros, no tendrán un resultado efectivo salvo que la empresa de agua tenga estructuras adecuadas y tome un enfoque proactivo hacia el manejo de las pérdidas de agua. (SUNASS, 2018).

- **Dotación**



Se considera como el total del agua promedio proporcionado (hab/día), expresado en (litros/hab/día). Este resultado servirá para determinar gastos de las redes de distribución que serán aplicadas a la población para su consumo.

El consumo de agua varía con las estaciones del año, en los días de la semana y durante las horas del día, los cuales dependen directamente de factores tales como los climáticos, tamaño de la ciudad y su grado de industrialización, presión, calidad del agua, etc. (Reglamento Nacional de Edificaciones – R.N.E., 2016).

La (Norma OS.100, 2016) establece que la Dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en información estadística comprobada.

Si no existieran estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se consideran los siguientes valores:

Tabla N° 3. Dotación promedio de consumo

LOTES MAYORES A 90 M2	
Climas fríos:	180 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	220 lt/hab/día.
LOTES MENORES A 90 M2	
Climas fríos:	120 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	150 lt/hab/día.

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017)

Al tener un clima templado y cálido el proyecto en estudio le corresponde una Dotación de 220 lt/hab/día.

- **Consumo Doméstico**

Es la cantidad de agua que se suministra en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y cambia en algunos casos por las siguientes causas: presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costo del agua. (SUNASS, 2018).

- **Demanda**

En el marco de la hidráulica, la demanda es considerada como el consumo de los usuarios del recurso hídrico, esta es variable según las 24 horas del día y estaciones climatológicas del año, usualmente es expresada en l/s.



- **Velocidad**

La velocidad máxima según (Norma O.S.050, 2016), será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

- **Presiones**

En los sistemas hidráulicos se trabaja con la presión manométrica. El reglamento nacional de edificaciones según (Norma OS.050, 2016), establece como presiones admisibles lo siguiente: la presión estática no será mayor de 50 m en la red. En circunstancias de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m. En caso de abastecimiento por piletas, la presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta.

- **Gestión de la Presión**

Se puede definir la gestión de la presión como la práctica de manipular las presiones del sistema a niveles adecuados de servicio, a la vez que se garantiza un suministro suficiente y eficiente para usos legítimos. (Caporali, 1989).

- **Métodos de Reducción de Pérdidas Comerciales**

Para la reducción de pérdidas comerciales es necesario tener un parque de medidores confiable para lo cual es recomendable realizar un seguimiento al estado de operación de los micro-medidores. Adicionalmente una adecuada gestión de la facturación optimizará la recaudación de las EPS. (Caporali, 1989).

- **Métodos de Reducción de Pérdidas Físicas**

Respecto a las pérdidas físicas, es necesario implementar la táctica planteada por el IWA el cual, la labor se enfoca en aumentar la gestión de la infraestructura física (renovación de redes deterioradas), tener un control activo de las fugas (monitoreo sistemático en zonas identificadas con grandes pérdidas de agua en tubería), optimizar la atención de las reparaciones y el control activo de presiones. (Caporali, 1989).

2.2.3. Principios fundamentales de la hidráulica

- **Línea de Gradiente Hidráulico**

La línea de gradiente hidráulico se define como la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua; es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, medida en el sentido del flujo de agua (Rebollo, 2011).

- **Presión**



que se pierde en cada punto de la sección de la tubería. Para el cálculo de la pérdida de carga unitaria, pueden utilizarse muchas ecuaciones, sin embargo, la más empleada en cálculos de conductos a presión, es la ecuación de Hazen y Williams:

$$Q = 0.0004264CD^{2.64}h_f^{0.54}$$

Donde:

D= Diámetro de la tubería. (pulg.) Q= Caudal (l/s)

H_f = Pérdida de carga unitaria (m/Km)

C= Coeficiente de Hazen – Williams (pie)

Darcy, Weisbach y otros sostienen que la pérdida de energía en las tuberías se produce por la fricción que se genera entre el agua y las paredes de la tubería; se calcula con la ecuación:

$$h_f = f \frac{L}{d} \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga.

f= Factor de fricción que depende únicamente del número de Reynolds y la rugosidad relativa.

L= Es la longitud de la tubería.

d= Es el diámetro interior de la tubería.

$V^2/2g$ = Carga de velocidad

2.2.4. Importancia del recurso hídrico

El recurso hídrico es el elemento natural que configura los sistemas medioambientales, e imprescindible para el equilibrio y para la vida en el planeta por ser el vector que desarrolla los procesos biológicos. Instrumento estratégico de sustento y crecimiento económico a través de su uso en agricultura, pesca, producción de energía e industria. Esencial en la regulación del clima así como elemento clave para la salud y la calidad de vida. Requisito imprescindible para el desarrollo de las poblaciones. (Piqueras, 2015)

2.2.5. Estructura del sistema de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua por gravedad está compuesto por los siguientes



elementos: Captación, línea de conducción, reservorio, línea de aducción desde el reservorio hasta la primera casa o donde comienza la red de distribución, como lo representa en la Figura N° 4:

- **Captación**

Se realiza mediante estructuras de captación que permiten derivar el caudal de diseño de la fuente de abastecimiento de forma directa o con obras de regulación. El diseño de las obras deberá garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario protegiendo a la fuente de la contaminación (Reglamento Nacional de Edificaciones – R.N.E., 2016).

- **Línea de conducción**

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión. (Rodríguez, 2001).

- **Reservorio**

Los reservorios son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable ya que permiten la preservación del líquido para el uso de la población donde se construyen y a su vez compensan las variaciones horarias de su demanda. La utilización de estos reservorios garantiza una permanente disponibilidad de líquido en los lugares que se requiera. A su vez proporcionan un aumento en la presión y caudal del agua, siempre y cuando estén sus tuberías correctamente instaladas. Los reservorios se pueden clasificar en dos tipos: Reservorios enterrados y apoyados. Y reservorios elevados. (Rodríguez, 2001).

- **Línea de aducción**

Es la tubería que une el reservorio con la red de distribución

- **Red de distribución**

La red de distribución de agua potable, es el conjunto de tuberías que tienen como finalidad proporcionar agua al usuario, ya sea mediante hidrante de toma pública o a base de toma domiciliaria. La distribución se inicia en el tanque de Regularización y las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterrados en la vía



pública, es decir en terrenos propiedad del Municipio (nunca en terrenos de propiedad particular), a los que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a los Edificios. (Rodríguez, 2001).

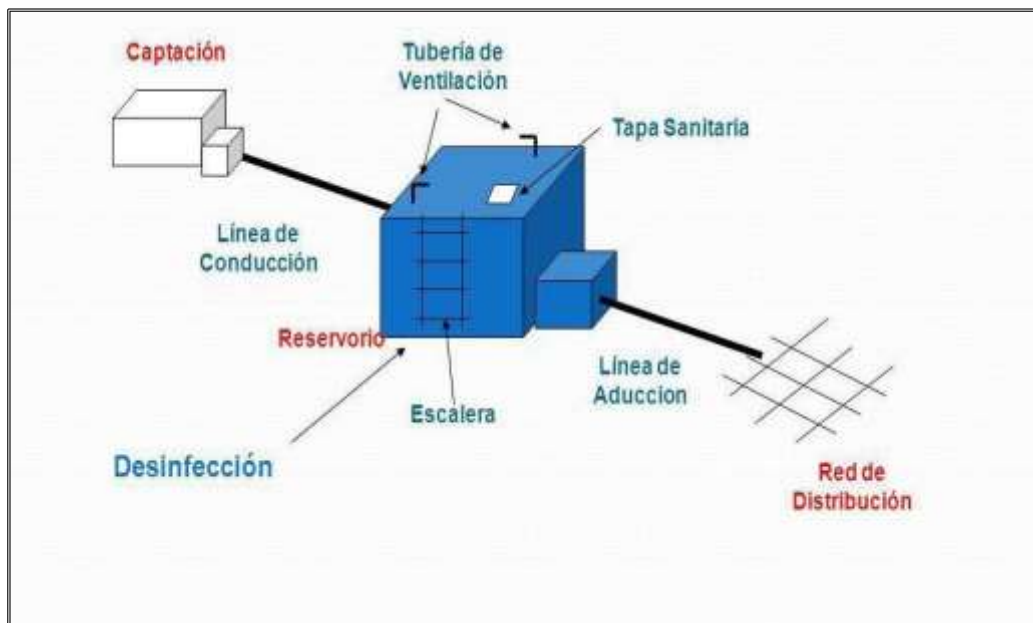


Figura N° 4. Diagrama de un sistema de distribución de agua potable convencional
Fuente: ircwash.org, 2021

- **Cámara rompe presión**

Si se presenta bastante desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción se pueden generar presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería. Para minimizar este efecto se colocan válvulas reductoras de presión o se construye una cámara rompe-presión. La selección obedece a criterios económicos. La construcción de una cámara de rompe-presión disipa la energía y reduce la presión relativa a cero (presión atmosférica) evitando los daños en la tubería. Cuando se disminuye la presión se requieren tuberías de una menor clase y se reduce el costo. (Rodríguez, 2001).

- **Válvulas**

Son accesorios que sirven de reducción de presiones y evacuaciones de sedimentos. Para el transporte y distribución del agua se requiere utilizar diferentes accesorios, los mismos que tienen diferentes funciones, se seleccionan de acuerdo al requerimiento que presenta el sistema de abastecimiento de agua. (Agüero, 1997).



- **Válvulas de aire**

Son colocados en los puntos más elevados del tendido de la tubería, donde se presenta presiones negativas sobre el perfil de la línea de gradiente hidráulica en la línea de conducción. (Agüero, 1997). Existen varios tipos como muestra la Figura N° 5.



Figura N° 5. Tipos convencionales de válvulas de aire.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

- **Válvulas de purga**

Son accesorios que se abre para permitir la evacuación de sedimentos y en los momentos en que se efectúa la desinfección y mantenimiento del sistema, generalmente son instalados en los puntos más bajos de las líneas de conducción y en los puntos finales de la red de distribución (Agüero, 1997), existen varios tipos como muestra la Figura N° 6.



Figura N° 6. Tipos convencionales de válvulas de purga.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

2.2.6. Descripción de los Instrumentos y Equipos

2.2.6.1. Caudalímetro Ultrasónico - SebaKMT UDM 300

El caudalímetro ultrasónico está diseñado para medir la velocidad de fluidos en tuberías a presión o cerradas. El sistema funciona de acuerdo a la diferencia en el tiempo de tránsito del fluido medido y determina la velocidad del flujo midiendo el tiempo de recorrido de un impulso de un transductor al próximo. Los transductores electro acústicos reciben y emiten impulsos ultrasónicos a través del líquido del tubo. Los transductores se colocan de forma vertical en ambos lados de los tubos medidos. La pantalla indica rápidamente la velocidad de flujo. Este equipo puede utilizarse en tubos metálicos, de plástico, PVC o de caucho.



Figura N° 7. Caudalímetro ultrasónico SebaKMT UDM 300.

Fuente: Adaptada de Google, 2021



2.2.6.2. Data Loggers - Metrolog

Los Data Loggers son equipos utilizados para monitorear y recopilar datos adherentes a la red de distribución de agua, normalmente en zonas críticas en donde es necesario mantener ciertos niveles de caudal y presión para el correcto funcionamiento de la red. Estos equipos permiten recopilar data en largos intervalos de tiempo y se pueden programar para almacenar dicha información en una base de datos para su posterior análisis.



Figura N° 8. DataLogger Metrolog.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

2.2.6.3. Geófono Acústico - AQUAPHON A200

Estos equipos permitirán localizar el sonido transmitido por el suelo, independientemente de si existen o no accesorios que establecen el contacto directo con la tubería durante la pre localización. El geófono se coloca sobre la superficie del terreno y el sonido captado nos llevará a detectar la fuga. También en este caso el sonido de la fuga es más alto cuando el operador se encuentra cerca de la fuga y se reduce cuando sobrepasa dicho punto. A través del uso de los geófonos se procederá a ubicar el punto exacto donde se ubica la fuga.



Figura N° 9. Geófono acústico digital – Aquaphon A200.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

2.2.6.4. Correlador digital - SECORR C 200

El principio de funcionamiento de este equipo consiste en la localización de sonidos que surgen debido a una fuga de agua. Estos sonidos se transmiten a ambos lados del punto con fuga y, dependiendo de la velocidad del sonido en el material de la tubería, llegan a diferentes tiempos a los puntos de contacto donde se han posicionado los micrófonos.



Figura N° 10. Correlador Digital – SECORR C 200.

Fuente: Adaptada de Google, 2021

2.2.7. Regresión lineal simple y múltiple

Según Garmendia (2020), cuando un par de variables están relacionadas, muchas veces es necesario obtener más información sobre esa relación, en especial si la relación es lineal y, de serlo, obtener una fórmula para predecir los valores de una variable (dependiente) en función de la otra (independiente).



El principio de la regresión lineal múltiple es similar al de la regresión lineal simple, solamente que en la múltiple se incluyen más de dos variables, de las cuales una es la variable dependiente y el resto son variables independientes.

Hay muchas formas de determinar cuál de dos variables es dependiente y cual es independiente. En principio, lo más intuitivo es determinar qué variable está influenciada por la otra, por ejemplo si al variar los valores de la variable “X”, se espera una respuesta de la variable “Y”, entonces “X” es la variable independiente y “Y” la variable dependiente.

Por el contrario, si al variar los valores de la variable “X” no se espera una respuesta de la variable “Y”, entonces es probable dos cosas: que la variable “Y” sea una variable independiente o que ambas variables sean independientes.

Es necesario aclarar que la explicación en este libro excluye las fundamentaciones formales y tradicionales de un libro de texto de estadística. En este contexto, este texto trata de proporcionar explicaciones sencillas y accesibles para su aplicación en una hoja de cálculo Microsoft Excel, para un lector que no necesariamente es, ni será, profesional en estadísticas; sino, para un lector que necesita utilizar estadísticas a fin de resolver problemas y tomar decisiones propias de su contexto profesional.

Para ejecutar el análisis en una hoja de cálculo – Microsoft Excel, nos ubicamos en la opción “Regresión”, la cual se encuentra en Datos > Análisis de datos (Paso 1), seguidamente seleccionamos los datos, primeramente se seleccionan los datos de la variable dependiente (Y) (Paso 2) y luego los de la variable independiente (X) (Paso 3); ponemos “check” en la opción “Rótulos”, si en la selección se incluyeron los nombres de las variables (Paso 4); ponemos “check” en el “Nivel de confianza” y dejamos el mismo, o se cambia según convenga (Paso 5); luego seleccionamos la opción de salida, para el caso particular de este ejemplo se seleccionó la opción “Rango de salida” (Paso 6) y definimos la celda donde se pondrá la tabla de resultados dentro de la hoja de cálculo deseada (C1) (Paso 7). Seleccionamos los residuales, poniendo “check” en las opciones “Residuos” (Paso 8), “Gráfico de residuales” (Paso 9) y “Curva de regresión ajustada” (Paso 10). El resto de las opciones se dejarán a criterio del lector, según le convenga, de la Figura N°11

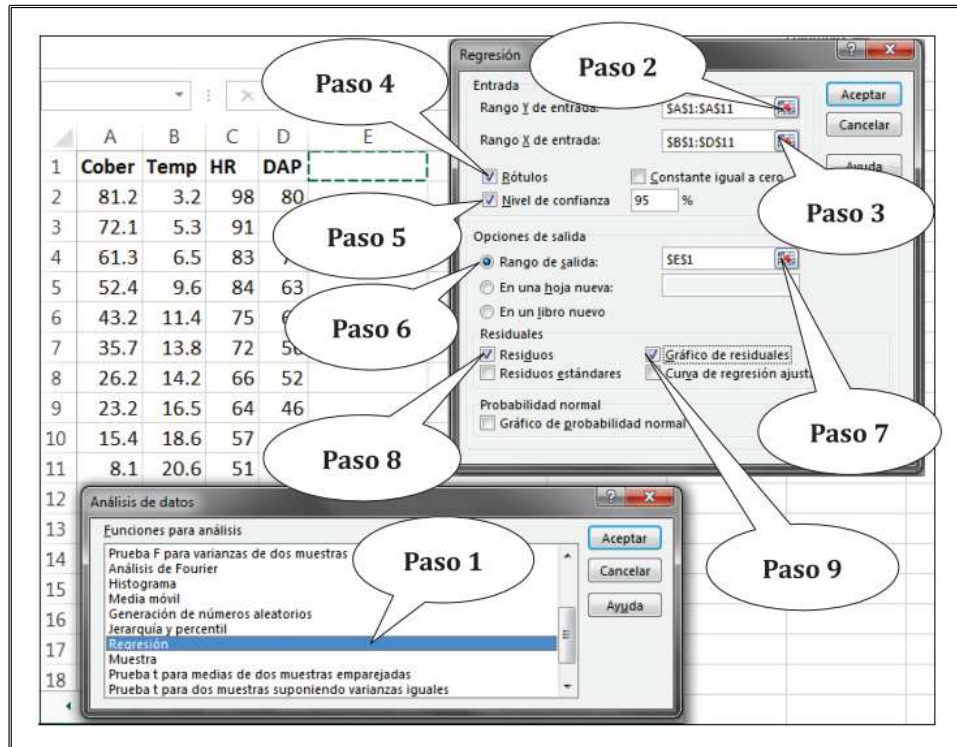


Figura N° 11. Pasos – Regresión Lineal Excel.

Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel-2020

Los primeros tres aspectos que debemos examinar en la Figura N°12 de la regresión, son el coeficiente de determinación (R^2), el valor crítico para F, y el valor y significancia de los coeficientes.

El coeficiente de determinación (R^2) (Examinar 1) indica cuánto cambio en la variable dependiente ha sido explicado por la independiente, o sea qué tanto de la información (que se usó en el cálculo de regresión) está siendo incluida en el modelo. En el caso del ejemplo $R^2=0.99$, lo que indica que el 99% de la variación en “Y” es explicada por el modelo.

Si el valor crítico para F (Examinar 2) es menor de 0.05, significa que al menos uno de los coeficientes es significativamente diferente a cero, y expresa que el modelo como un todo es significativo, lo contrario ($p \geq 0.05$) indica que ninguno de los coeficientes es diferente a cero y el modelo de regresión no es útil. En el caso del ejemplo, el valor de p (0.00068) es muy pequeño comparado con 0.05, por lo que concluimos que el modelo es significativo.

Los coeficientes son el intercepto y la pendiente de la línea de regresión del modelo y el valor de p (probabilidad) para cada coeficiente (Examinar 3) determina las variables significativas a ser mantenidas en el modelo.



		Análisis de los residuales			Examinar 4			
Resumen		Observación	Pronóstico	Cover	Residuos			
<i>Estadísticas de la regresión</i>		1	80.91512457	0.28488				
Coefficiente de correlación múltiple	0.9969864	2	70.27669556	1.8233				
Coefficiente de determinación R ²	0.993982	3	60.87490869	0.42509				
R ² ajustado	0.990973	4	55.23967316	-2.8397				
Error típico	2.3324731	5	43.09991179	0.10009				
Observaciones	10	6	33.55411018	2.14589				
ANÁLISIS DE VARIANZA		7	29.99772438	-3.7977				
		8	23.23737916	-0.0374				
		9	14.73247247	0.66753				
		10	6.87200052	1.228				
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	3	5391.493415	1797.164472	330.3349574	4.75694E-07			
Residuos	6	32.64258471	5.440430785					
Total	9	5424.136						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	63.16353696	41.24891931	1.531277377	0.17658138	-37.76893254	164.0960065	-37.76893254	164.0960065
Temp	-3.857116594	1.171884965	-3.29137817	0.01658526	-6.724615803	-0.989617385	-6.724615803	-0.989617385
HR	0.862408687	0.321837758	2.679637998	0.036553789	0.074900061	1.649917312	0.074900061	1.649917312
DAP	-0.682427154	0.413796785	-1.64918428	0.150204426	-1.694951412	0.330097104	-1.694951412	0.330097104

Figura N° 12. Verificación – Regresión Lineal Excel.

Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel-2020

Los residuos se obtienen de la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión, esta resta puede generar tanto valores positivos como negativos (Examinar 4). Dada la lista de observaciones y sus residuos, debemos identificar los valores muy altos o muy bajos en relación a cero, estos valores identificados están por encima o por debajo de los valores predichos y pueden ser potenciales valores atípicos como muestra la figura N°13.

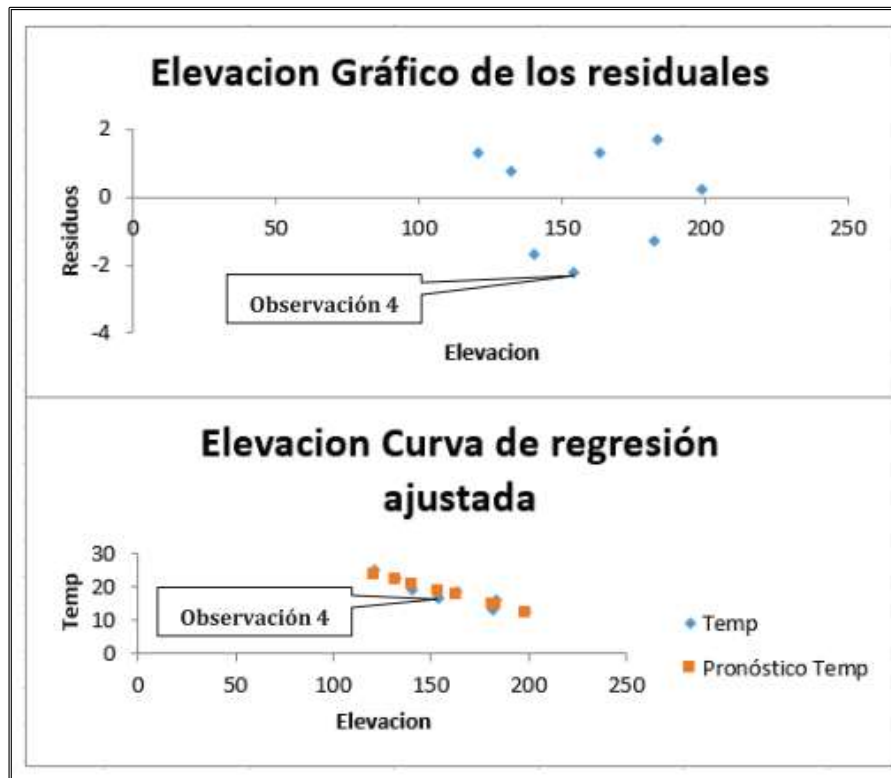


Figura N° 13. Gráfico de Residuales – Regresión Lineal Excel.
Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel-2020

En la Figura N°13 observamos los puntos dispersos uniformemente, con las distancias de los puntos a la línea de cero (0) casi similares arriba y debajo. Incluso el punto más distante a la línea 0 (Observación 4: residuo= -2.2388) no se observa alejado del resto de los puntos, ubicados en la parte negativa del eje de residuos, por lo que no se podría considerarlo un valor atípico.

En la Figura N°14 se presentan seis ejemplos, que ilustran la distribución de los puntos en un gráfico de residuales, de los cuales solamente el primero (A) es el que muestra una distribución normal de los residuos; o sea, que los puntos se distribuyen uniformemente arriba y debajo de la línea punteada con origen en cero, y que, además, los puntos se observan a distancias regulares entre ellos. Los restantes cinco ejemplos (B – F) muestran situaciones atípicas, que nos pueden advertir sobre un problema en el modelo de regresión lineal o que los datos siguen otra forma de relación (Garmendia 2020).

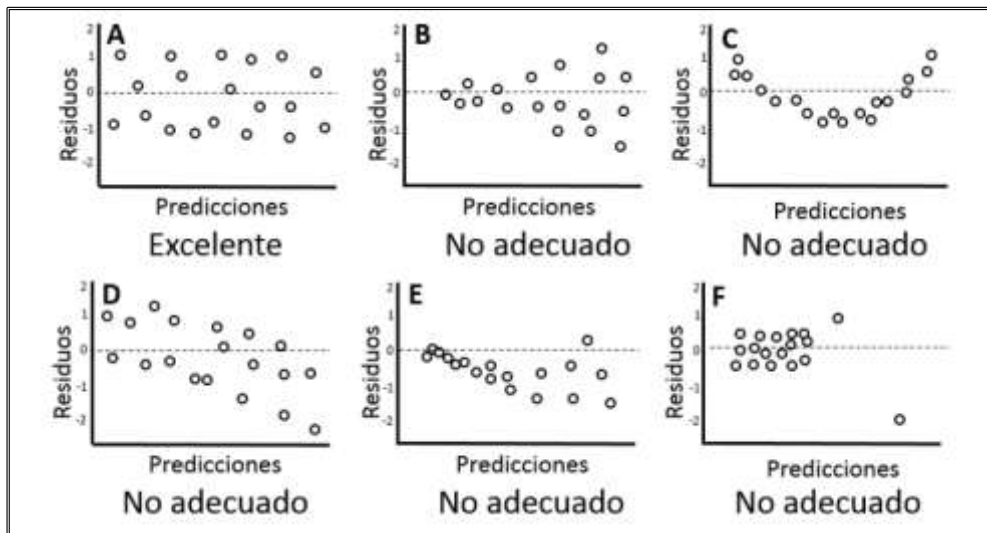


Figura N° 14. Comparación Gráfico Residuales.

Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel-2020

Coefficiente de correlación (R)

Las correlaciones se determinan y evalúan mediante el coeficiente de correlación, en este sentido se pueden obtener valores estadísticos que miden la significancia, fuerza y dirección de la relación.

De manera general, y como primer paso, la relación se explora de forma gráfica utilizando un gráfico de dispersión de puntos. Si la relación existe, se observará una nube de puntos agrupados en una forma más o menos elíptica dirigida hacia la parte superior derecha o superior izquierda del gráfico a como se muestra en la Figura N° 15

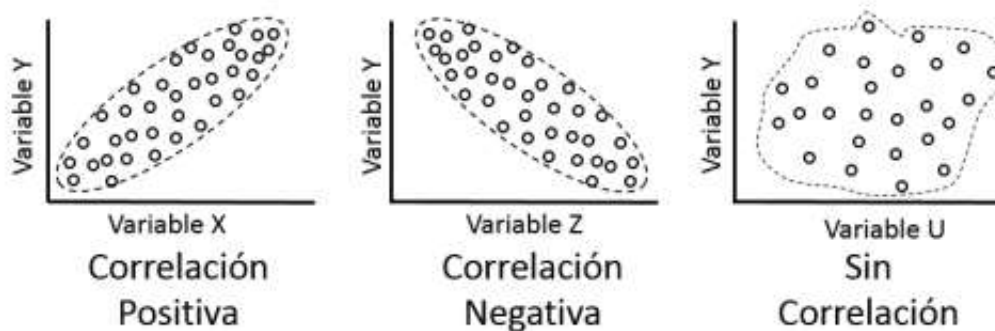


Figura N° 15. Comparación Gráfico de Dispersión.

Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel-2020

A la izquierda se muestra una relación positiva entre las variables “Y” y “X”; en el centro una relación negativa entre las variables “Y” y “Z”; a la derecha no se observa patrón de relación entre las variables “Y” y “U”



Una correlación positiva indica que los valores de una variable incrementan, al incrementar los valores de la otra o disminuyen al disminuir los valores de la otra; una correlación negativa significa que los valores de una variable decrecen al incrementar los valores de la otra o viceversa; cuando no hay correlación, las variables se comportan de forma independiente.

El Coeficiente de Correlación o coeficiente de Correlación de Pearson varía de 0 a 1, acercándose a 0 cuando la correlación es muy débil y acercándose a 1 cuando la correlación es muy fuerte. El mismo coeficiente confirma la dirección y tendencia de la relación con un signo negativo (-) si la relación es negativa y sin signo (+), si la relación es positiva.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General.

El porcentaje de agua no facturada (ANF) determinada mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 40% para el año 2021.

2.3.2. Sub Hipótesis.

Sub Hipótesis N°01

El porcentaje de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 25% para el año 2021.

Sub Hipótesis N°02

El porcentaje de pérdidas comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 15% para el año 2021.

Sub Hipótesis N°03

Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales, será la medida de gestión que tenga mayor relevancia para reducir el ANF.

Sub Hipótesis N°04

Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación del modelo matemático a través de la Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales, será la medida de gestión que tenga mayor relevancia para reducir el ANF.



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variable Independiente

Volumen de Producción de Agua Potable (X1): También definido como volumen de entrada al Sistema, según la Metodología del Balance Hídrico (IWA).

Es la cantidad de agua que al ser producida y almacenada en los reservorios, es distribuida a los usuarios dentro de la zona de influencia de cada reservorio; e incluye todos los servicios en un día medio anual, considerando todas las pérdidas operativas y comerciales. Sus indicadores son:

Indicadores

- Volumen en (m³).
- Porcentaje (%)

2.4.2. Variables Dependientes.

Pérdidas Operacionales (Y1): Comprende todas las pérdidas de volumen de agua que se produce durante el proceso de suministro a la población, identificado por consecuencia de la operación del sistema, por fugas visibles (en redes de distribución) y no visible (redes, abrazaderas y acometidas), cuyos indicadores son:

- Volumen en (m³).
- Porcentaje (%)

Pérdidas Comerciales (Y2): Comprende todas las pérdidas de agua que se producen durante el proceso de facturación del servicio de agua potable a la población, ya sea por error en la medición del parque de medidores (sub medición a consecuencia de una defectuosa instalación o porque ya cumplieron con su vida útil) o por robo de agua por clandestinos o hurto de agua, cuyos indicadores son:

- Volumen en (m³).
- Porcentaje (%)

Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales (Y3): Implementación de una estrategia con el objetivo de establecer un procedimiento para la detección de fugas operacionales. Dicha estrategia comprende un plan de capacitación del personal técnico en campo, mediante el manejo adecuado de todos los equipos de detección de fugas necesarios para cumplir con dicho plan; asistencia técnica en la metodología adecuada



para el procedimiento de detección de fugas no visibles en redes primarias y secundarias con el equipamiento adecuado; así como la reparación de las redes afectadas por las fugas encontradas durante la ejecución de la estrategia, para determinar el volumen de pérdidas que se logrará recuperar y su incidencia en el índice de pérdidas total del sistema, cuyos indicadores basados en el Balance Hídrico son:

- Volumen en (m³).
- Porcentaje (%)

Modelo Matemático de Regresión Lineal Multivariable para Control de Pérdidas

Comerciales (Y4): Modelo Matemático que tiene como objetivo, explicar los valores del ANF a través de variables comerciales (micro medición), mediante correlaciones de índole estadístico, y aplicar dicho cálculo como estrategia de reducción de pérdidas comerciales, para determinar el volumen de pérdidas que se logrará recuperar y su incidencia en el índice de pérdidas total del sistema., cuyos indicadores basados en el Balance Hídrico son:

- Volumen en (m³).
- Porcentaje (%)



2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tipo de Variable		Denominación de la Variable	Descripción de Variable	Nivel	Indicadores	Equipos/ Instrumentos
Dependiente	Y1	Pérdidas Operacionales	Comprende todas las pérdidas de volumen de agua que se producen durante el proceso de suministro a la población, identificadas por consecuencia de la operación del sistema, por fugas visibles (en redes de distribución) y no visibles (redes, abrazaderas y acometidas)	Pérdida Alta	(m3) %	Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300, Geófono Acústico y Data Logger
				Pérdida Media		
				Pérdida Baja		
Dependiente	Y2	Pérdidas Comerciales	Comprende todas las pérdidas de agua que se producen durante el proceso de facturación del servicio de agua potable a la población, ya sea por error en la medición del parque de medidores (sub medición a consecuencia de una defectuosa instalación o porque ya cumplieron con su vida útil) o por robo de agua por clandestinos o hurto de agua	Pérdida Alta	(m3) %	Base de Datos Comercial de la EPS Ilo S.A. Hoja de Cálculo Excel
				Pérdida Media		
				Pérdida Baja		
Dependiente	Y3	Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales	Implementación de una estrategia con el objetivo de establecer un procedimiento para la detección de fugas operacionales. Dicha estrategia comprende un plan de capacitación del personal técnico, mediante el manejo adecuado de todos los equipos de detección de fugas; asistencia técnica en la metodología adecuada la detección de fugas no visibles en redes con el equipamiento adecuado; así como la reparación de parte de las redes afectadas por las fugas encontradas.	Mayor relevancia	(m3) %	Correlador digital para detección de fugas en redes, Geófono Acústico para detección de fugas puntuales y Data Loggers S10/MS-Project
				Menor Relevancia		
Dependiente	Y4	Modelo Matemático de Regresión Lineal Multivariable para Control de Pérdidas Comerciales	Modelo Matemático que tiene como objetivo, explicar los valores del ANF a través de variables comerciales (micro medición), mediante correlaciones de índole estadístico, y aplicar dicho cálculo como estrategia de reducción de pérdidas comerciales.	Mayor relevancia	(m3) %	Base de Datos Comercial de la EPS Hoja de Cálculo - Excel
				Menor Relevancia		



Independiente	X1	Volumen de Producción de agua potable	También definido como volumen de entrada al Sistema, según la Metodología del Balance Hídrico (IWA). Es la cantidad de agua que al ser producida y almacenada en los reservorios, es distribuida a los usuarios dentro de la zona de influencia de cada reservorio; e incluye todos los servicios en un día medio anual, considerando todas las pérdidas operativas y comerciales.	Caudal Alto Caudal Medio Caudal Bajo	(m3) %	Caudalímetro Portátil Ultrasónico Macro-medidores
----------------------	-----------	---------------------------------------	--	--	-----------	---



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la Investigación

La presente investigación busca determinar el porcentaje actual del ANF (Agua No Facturada) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo mediante la metodología de la IWA (International Water Association), y disminuir dichas pérdidas mediante alternativas de gestión propuestas por dicho estudio, los cuales serán determinados mediante mediciones numéricas; que según Sampieri (2006), la investigación cuantitativa usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías; por lo que el tipo de investigación se considera cuantitativa.

La metodología y los equipos que se utilizarán en la presente investigación permiten realizar mediciones y obtención de datos numéricos, los cuales muestran indicadores del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona de estudio.

3.1.2. Nivel o alcance de la Investigación

El nivel de la presente investigación es de tipo descriptivo, ya que según Sampieri (2006), dentro del proceso de la investigación, una vez realizada la recolección de datos de manera exploratoria, se realiza la descripción de los datos, el análisis de datos y la interpretación de los resultados.

Únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o de manera conjunta sobre las variables y poder describirlos cada una de ellas. El presente trabajo de investigación busca cuantificar, medir y evaluar el ANF (Agua No Facturada) en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo S.A., con su respectivo análisis y gestión de dichas pérdidas.

3.1.3. Método Investigación.

El método de la presente investigación es hipotético deductivo; ya que, según Behar Rivero (2008), busca establecer la veracidad o falsedad de las hipótesis propuestas, a partir de la veracidad o falsedad de las consecuencias observacionales.

Esta investigación es considerada hipotética deductiva pues se fundamenta en hipótesis propuestas, debido a que busca analizar y determinar el ANF del sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo y las alternativas para reducir este indicador serán validadas o no, a través de deducciones al concluir la investigación.



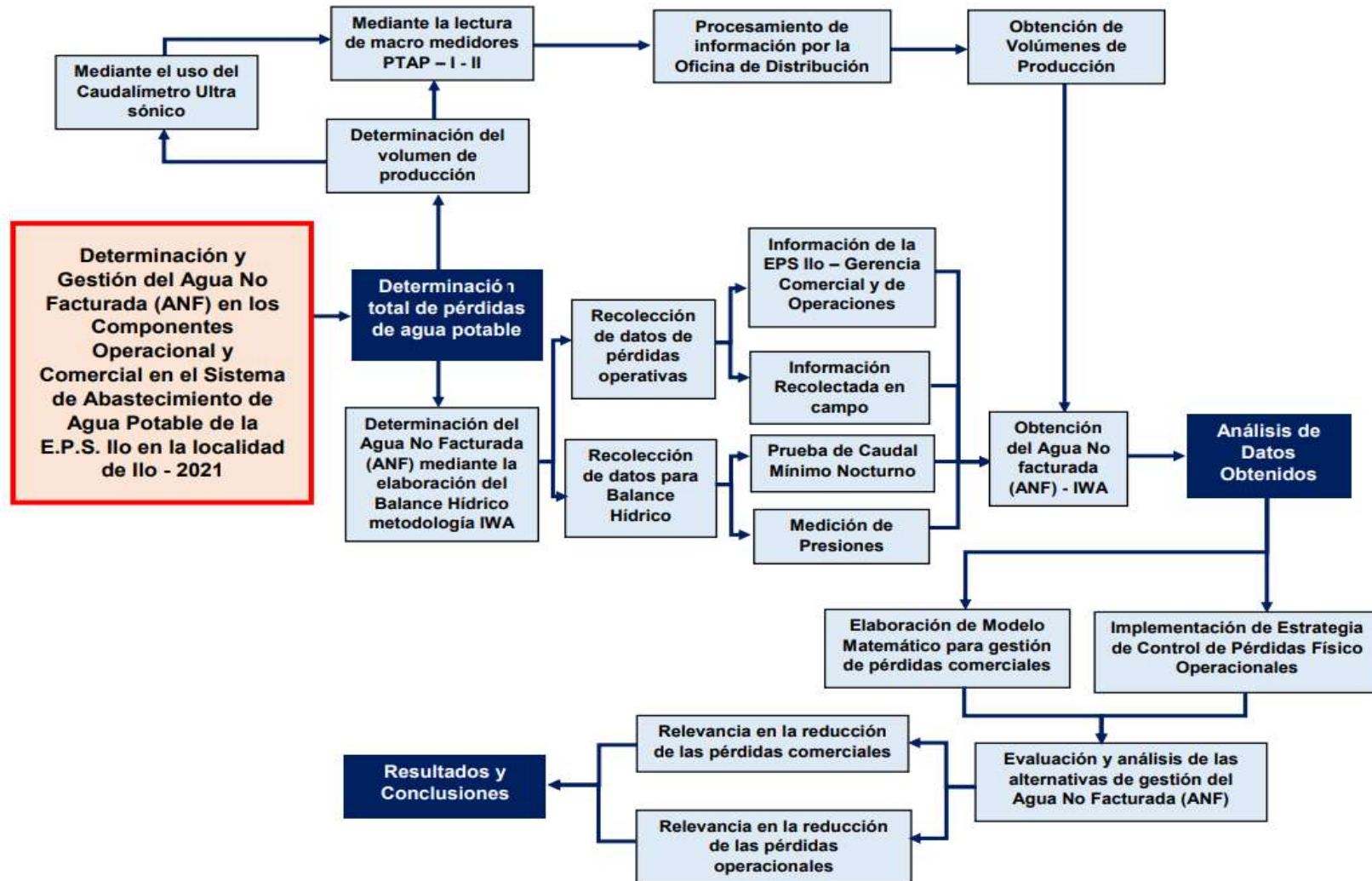
3.2. Diseño de la Investigación.

3.2.1. Diseño Metodológico

El presente trabajo de investigación se considera de diseño no experimental transversal, ya que busca realizar la obtención de datos sin alterar dichos datos, sin modificar sus componentes. Según Sampieri (2006), la investigación no experimental trata sobre estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos; y en donde los datos obtenidos se dieron en un único momento de tiempo.



3.2.2. Diseño de Ingeniería



Determinación y gestión del agua no facturada (ANF) en los componentes operacional y comercial, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A, en la localidad de Ilo - 2021



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población está conformada por el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS ILO S.A. que abastece a los distritos de Ilo, Pacocha y el Algarrobal, de la provincia de Ilo, dicho sistema es abastecido por 02 Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), las cuales son la PTAP I (Cata Catas) y la PTAP II (Pampa Inalámbrica).

Debido a que el método de Balance Hídrico propuesto por el IWA requiere datos e información operacional y comercial de la EPS Ilo S.A., dicha información es generada, procesada y actualizada por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., y están referidas al 100% de las redes de distribución y conexiones domiciliarias respectivamente.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población corresponde al total de los usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable de los distritos de Ilo, Pacocha y el Algarrobal, de la provincia de Ilo, el cual cuenta con 29,945 conexiones domiciliarias, de las cuales 20,662 conexiones conforman el sistema Cata Catas y 9,283 conforman el Sistema Pampa Inalámbrica.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la Muestra

Para la presente investigación, como ya fue mencionado, se consideró el 100% de la población abastecida mediante el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo S.A.; sin embargo, para la determinación del ANF del componente operacional se utilizó como muestra 02 sub zonas de presión, de las cuales 01 forma parte de la zona abastecida por la PTAP I (Cata Catas) y 01 forma parte de la zona abastecida por la PTAP II (Pampa Inalámbrica).

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

El cálculo fue realizado, utilizando 02 muestras en el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo S.A., de las cuales 01 forma parte de la PTAP I (Cata Catas) y 01 forma parte de la PTAP II (Pampa Inalámbrica), que comprenden la zona de influencia de las Sub Zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1), respectivamente.

El sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo S.A. cuenta con 29,945 conexiones domiciliarias, por lo que se determinó un tamaño de muestra según el cálculo para poblaciones finitas, descrito en la Tabla N°4



Tabla N° 4. Determinación de la Muestra

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LA INVESTIGACIÓN			
“DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021”			
Tamaño de Muestra	n	201.39	$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$
Tamaño de la Población	N	29945	
Distribución de Gauss	Z _α	1.96	
Proporción esperada	p	0.95	
1 - p	q	0.05	
Error o Precisión	i	0.03	

Fuente: Murray y Larry (2018)

Del cálculo se obtuvieron 02 muestras (251 y 217) de conexiones domiciliarias respectivamente, las cuales cuentan con medidor y sin medidor, descritas en la Tabla N° 5:

Tabla N° 5. Resultado de Muestra

PTAP	Nombre	Reservorio de influencia	Sub Zona de presión	Nº Conexiones	Long Tubería (m)
CATA CATAS	Urb. San Pedro	R-2	2-B-3	251	2221.25
PAMPA INALÁMBRICA	Urb. Las Glorietas y Villa Municipal	R-8	6-F-1	217	1915.03

3.3.2.3. Método de muestreo

La determinación de la muestra no depende de la probabilidad, por lo que es considerado “no probabilístico” debido a que la elección de la muestra depende de las características de la investigación, que en este tipo de investigación, la muestra representativa depende de las características: presión de servicio en la red, continuidad del servicio, número de conexiones domiciliarias, volumen de producción, y volumen facturado.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Para la evaluación de las 02 muestras utilizadas para la determinación del ANF del componente operacional se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Se tomaron 02 muestras, con un tamaño cercano al determinado, mediante la fórmula de poblaciones finitas, con la finalidad de representar a ambos sub sistemas



(Cata Catas y Pampa Inalámbrica), y ponderar la muestra según el porcentaje de influencia de cada sub sistema, que conforma el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S Ilo. S.A.

- La obtención de datos se realizó dentro de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1), debido a que representan zonas con recurrencia media de roturas; asimismo, representan la continuidad promedio y presión de servicio del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S Ilo. S.A.
- Las sub zonas de presión tomadas como muestras, se encuentran delimitadas y cuentan con una entrada y una salida, las cuales fueron verificadas y monitoreadas para realizar la recolección de datos.
- Debido a que las muestras en las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1), contaban con más de una salida, se decidió delimitar la zona de estudio, cerrando las válvulas de las salidas alternas, dichas válvulas se consideraron como válvulas de frontera.

3.3.3. Criterios de inclusión

- La obtención de datos se realizó dentro de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1), que comprenden las Urbanizaciones San Pedro, Las Glorietas y Villa municipal.
- Se utilizó data loggers para la medición de presiones en puntos representativos de la red, dicha data fue almacenada según la programación del periodo de medición y la unidad de medida de presión en (metros de columna de agua – mca), para ser procesado y analizado posteriormente.
- Las redes primarias y secundarias de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1) tienen tubería de poli cloruro de vinilo (PVC).
- La red de distribución de agua potable de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1) cuenta con tubería con una antigüedad de 8 a 10 años.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se utilizaron las siguientes fichas, las cuales contienen los apartados necesarios para ordenar de mejor forma los datos obtenidos en campo.



Tabla N° 6. Ficha de registro de purgas en hidrantes



"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Purgas en Hidrantes de Redes de Distribución		
	Lugar:			
	Fecha:			
	Zona:			
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Lugar/Dirección	X (m)	Y (m)	D (pulg)	Presion (PSI)

Tabla N° 7. Ficha de registro de prueba de hermeticidad de válvulas





"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Hermeticidad de Válvulas		
	Lugar:			
	Fecha:			
Zona:				
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Lugar/Dirección	Operatividad	Hermeticidad	Nº Vueltas

Tabla N° 8. Ficha de registro de prueba de caudal mínimo nocturno





"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Caudal Mínimo Nocturno		
	Lugar:			
	Fecha:			
Zona:				
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	HORA	Q (l/seg)	VOL (litros)	

Tabla N° 9. Ficha de registro de medición de presiones



"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Medición de Presiones		
	Lugar:			
	Fecha:			
	Zona:			
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Hora	Lugar/Dirección	Presión (PSI)	Presión (MCA)

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

3.4.2.1. Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300

El Caudalímetro por ultrasonidos, SebaKMT UDM 300 es un instrumento versátil y fácil de operar, su función consiste en monitorear el flujo del agua en tuberías a alta presión; su instalación es bastante simple, ya que no es invasiva y consiste en colocar los sensores en la parte exterior de la tubería, y brinda la ventaja de obtener datos con una precisión muy alta.

Este equipo fue utilizado en la prueba de Caudal Mínimo Nocturno, para medir el caudal de entrada a la red, dentro de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1) que comprenden las Urbanizaciones San Pedro, Las Glorietas y Villa municipal.



Figura N° 16. Caudalímetro SebaKMT UDM 300.
Fuente: Adaptada de Google, 2021

3.4.2.2. Geófono acústico Teufel Massive

El geófono acústico es un equipo que sirve para detectar y amplificar el ruido generado por fugas en accesorios y redes presurizadas. Su instalación es muy simple, ya que consiste en colocar la varilla en la parte externa de la tubería o en el accesorio como válvulas o hidrantes. Este equipo fue utilizado en la prueba de Caudal Mínimo Nocturno, para verificar la hermeticidad de las válvulas ubicadas dentro de la red de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1).



Figura N° 17. Geófono acústico Teufel Massive.
Fuente: Adaptada de Google, 2021.



3.4.2.3. Datalogger portátil con visor Lolog Vista

Los Data Loggers son equipos utilizados para monitorear y recopilar datos inherentes a los parámetros hidráulicos la red de distribución de agua, permite almacenar información programando su lectura durante varios días o meses en intervalos de 10 – 15 – 30 – 60 min y almacenar estos datos para su posterior análisis.

Este equipo fue utilizado para medir las presiones en la red dentro de las sub zonas de presión (1-A-3) y (6-F-1) facilitando su medición en una base de datos.



Figura N° 18. Data Logger Lolog Vista.

Fuente: Adaptada de Google, 2021.

3.4.2.4. Manómetro

Se utilizó el manómetro para medir la presión de salida de agua en los hidrantes, información necesaria para el cálculo del volumen de agua utilizada en las purgas de la red de distribución. Asimismo se utilizó el manómetro para medir las presiones durante la prueba del caudal mínimo nocturno dentro de la red de las sub zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1).



Figura N° 19. Manómetro.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.5. Cinta Métrica

Se utilizó una cinta métrica para realizar las mediciones (horizontal y vertical) del chorro de agua proveniente de los hidrantes para la determinación del volumen de purga en la red de distribución.



Figura N° 20. Cinta Métrica

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.6. Software (Autocad 2020 – Microsoft Excel 2016 – S10)

Se utilizó el programa Microsoft Excel 2016, para el procesamiento de los datos recopilados, mediante la elaboración de hojas de cálculo.

Se utilizó el programa Autocad 2020, en su versión en inglés para la visualización y edición de planos, así como para delimitar las zonas de estudio, de la red de distribución en base al plano de catastro proporcionado por la EPS Ilo S.A.



Se utilizó el programa S10 – Presupuestos, para la elaboración del presupuesto necesario para la elaboración de la estrategia de gestión para reducir las pérdidas operativas y el Project 2016 para la elaboración del cronograma de actividades, presentado en Diagrama de Gantt.



Figura N° 21. Programas utilizados

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.7. Computador Portátil

Se utilizó un computador portátil (laptop) para ejecutar los programas antes mencionados.



Figura N° 22. Computador Portátil

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el método del Balance Hídrico (Metodología de la IWA- International Water Association), el cual permite determinar los componentes de Agua No Facturada (ANF), utilizando información histórica de la EPS Ilo S.A., considerando periodo de evaluación, que generalmente es de un año.



A continuación, se detallará los datos necesarios para aplicar la Metodología IWA y el proceso de obtención de datos; cabe mencionar que parte de la información recolectada fue entregada por las gerencias de operaciones y comercial de la EPS Ilo S.A., en coordinación con las diferentes oficinas que conforman dichas gerencias, mientras que la información faltante fue recolectada por el tesista durante el proceso de recolección de datos.

Los componentes del balance Hídrico son los siguientes:

3.5.1. Volumen de Ingreso al Sistema

Esta es la primera parte del Balance Hídrico del IWA, los datos recolectados permiten conocer el volumen de entrada al sistema en (m³) el cual corresponde al volumen de producción neta el sistema, como se encuentra resaltado la tabla N° 10 y su desarrollo será detallado a continuación:

Tabla N° 10. Balance Hídrico – Volumen de entrada al sistema

Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)	Inexactitud en micromedición		

El sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo S.A., dispone de dos plantas de tratamiento de agua potable (PTAP):

3.5.1.1. PTAP I - Planta de Tratamiento de Cata Catas

a) Descripción

La PTAP I - Planta de Tratamiento de Cata Catas, tiene como fuente, las aguas superficiales el río Locumba y cuenta con licencia de uso de agua con fines no agrarios



por parte de la Autoridad Local del Agua de Locumba por 150 lps; asimismo tiene como fuente secundaria la captación Pasto Grande proveniente del Rio Osmore.

b) Fuente de Información

La lectura del caudal (l/s), se realiza mediante un macro medidor electromagnético Siemens Sitrans F, con transmisor MAG 8000 de 3 años de antigüedad como muestra la Figura N° 24, el cual se encuentra ubicado en una cámara en la línea de conducción a la salida de la PTAP I.

Su registro se almacena de forma automática mediante el sistema SCADA, generando una base de datos. Dicha información es procesada por la Oficina de Distribución de la EPS Ilo S.A.



Figura N° 23. Tablero de lectura de macro medidor electromagnético (PTAP I Cata Catas)

Fuente: Elaboración propia

c) Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Distribución)

Dicho cálculo es procesado por la Oficina de Distribución de la Gerencia de Operaciones de la EPS Ilo S.A.



Figura N° 24. Macro medidor Siemens Sitrans F y Tablero de Lectura
Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2. PTAP II - Planta de Tratamiento de Pampa Inalámbrica

a) Descripción

La PTAP II - Planta de tratamiento de Pampa Inalámbrica, tiene como fuente las aguas superficiales el río Osmore (Captación Pasto Grande) y cuenta con licencia de uso agua superficial con fines no agrarios por parte de la Autoridad Local del Agua Moquegua por 250 lps., sin embargo la planta posee una capacidad de 80 lps

b) Fuente de Información

La lectura del caudal (lps) se realiza mediante un medidor tipo Parshall en la línea de conducción ubicado al ingreso PTAP II mostrada en la Figura N° 25; la lectura se realiza cada hora, y es registrada de forma manual en el “Formulario de Control Operacional Diario Planta de Tratamiento de Pampa Inalámbrica” (Anexo 1)



Figura N° 25. Medidor Tipo Parshall
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 26. Verificación del medidor de caudal en PTAP Pampa Inalámbrica
Fuente: Elaboración propia



a) Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Distribución)

Se realiza en una hoja de cálculo en archivo Excel. El caudal diario se determina, mediante la suma de los caudales horarios (en 24 horas). Dicho cálculo es procesado por la Oficina de Distribución de la Gerencia de Operaciones de la EPS Ilo.

Ambas plantas poseen una capacidad de 560lps; sin embargo, en la actualidad operan a 247 lps (172 lps en Cata Catas y 75 lps en Pampa Inalámbrica).

b) Datos obtenidos

El volumen de ingreso al sistema fue entregado por la Gerencia de Operaciones, mediante la Oficina de Distribución de la EPS Ilo, referente a los últimos 5 años (2017-2018-2019-2020-2021), como se muestra en las Tablas N°11, N°12, N°13, N°14, N°15, respectivamente.

Tabla N° 11. Volumen de Producción Ilo - 2017

Volumen de Entrada al Sistema de la EPS Ilo S.A.				
Año	Meses	PTAP-1 Cata Catas	PTAP-2 Pampa Inalámbrica	Total (M3)
2017	Enero	401,293 m3	156,119 m3	557,411 m3
	Febrero	373,638 m3	128,949 m3	502,587 m3
	Marzo	476,427 m3	184,612 m3	661,038 m3
	Abril	429,871 m3	189,696 m3	619,567 m3
	Mayo	410,061 m3	189,415 m3	599,476 m3
	Junio	356,083 m3	159,474 m3	515,558 m3
	Julio	359,702 m3	164,387 m3	524,089 m3
	Agosto	383,780 m3	179,892 m3	563,672 m3
	Septiembre	344,532 m3	158,397 m3	502,928 m3
	Octubre	372,635 m3	176,390 m3	549,025 m3
	Noviembre	357,423 m3	164,799 m3	522,223 m3
	Diciembre	400,341 m3	194,439 m3	594,780 m3
	Total		4,665,786 m3	2,046,568 m3
Caudal		148.0 l/s	64.9 l/s	212.8 l/s



Tabla N° 12. Volumen de Producción Ilo - 2018

Volumen de Entrada al Sistema de la EPS Ilo S.A.				
Año	Meses	PTAP-1 Cata Catas	PTAP-2 Pampa Inalámbrica	Total (M3)
2018	Enero	441,729 m3	171,850 m3	613,578 m3
	Febrero	427,615 m3	147,577 m3	575,192 m3
	Marzo	451,282 m3	174,869 m3	626,150 m3
	Abril	411,627 m3	181,645 m3	593,272 m3
	Mayo	380,644 m3	175,826 m3	556,470 m3
	Junio	365,895 m3	163,869 m3	529,764 m3
	Julio	355,225 m3	162,341 m3	517,566 m3
	Agosto	380,389 m3	205,489 m3	585,879 m3
	Septiembre	401,920 m3	184,781 m3	586,701 m3
	Octubre	382,955 m3	181,275 m3	564,230 m3
	Noviembre	398,102 m3	183,555 m3	581,658 m3
	Diciembre	392,429 m3	189,354 m3	581,783 m3
	Total	4,789,812 m3	2,122,432 m3	6,912,244 m3
	Caudal	151.9 l/s	67.3 l/s	219.2 l/s

Tabla N° 13. Volumen de Producción Ilo - 2019

Volumen de Entrada al Sistema de la EPS Ilo S.A.				
Año	Meses	PTAP-1 Cata Catas	PTAP-2 Pampa Inalámbrica	Total (M3)
2019	Enero	427,071 m3	166,147 m3	593,218 m3
	Febrero	396,617 m3	142,368 m3	538,984 m3
	Marzo	399,321 m3	155,985 m3	555,306 m3
	Abril	396,659 m3	140,911 m3	537,570 m3
	Mayo	383,038 m3	165,360 m3	548,397 m3
	Junio	374,697 m3	164,375 m3	539,071 m3
	Julio	380,955 m3	174,100 m3	555,055 m3
	Agosto	367,811 m3	172,407 m3	540,218 m3
	Septiembre	363,238 m3	166,997 m3	530,235 m3
	Octubre	385,375 m3	199,462 m3	584,837 m3
	Noviembre	392,406 m3	197,528 m3	589,935 m3
	Diciembre	395,808 m3	213,758 m3	609,566 m3
	Total	4,662,996 m3	2,059,396 m3	6,722,393 m3
	Caudal	147.9 l/s	65.3 l/s	213.2 l/s



Tabla N° 14. Volumen de Producción Ilo - 2020

Volumen de Entrada al Sistema de la EPS Ilo S.A.				
Año	Meses	PTAP-1 Cata Catas	PTAP-2 Pampa Inalámbrica	Total (M3)
2020	Enero	452,525 m3	176,050 m3	628,575 m3
	Febrero	420,315 m3	124,351 m3	544,666 m3
	Marzo	401,666 m3	155,643 m3	557,309 m3
	Abril	403,810 m3	195,847 m3	599,657 m3
	Mayo	400,938 m3	203,677 m3	604,615 m3
	Junio	431,898 m3	220,300 m3	652,198 m3
	Julio	488,420 m3	223,213 m3	711,632 m3
	Agosto	493,858 m3	231,489 m3	725,347 m3
	Septiembre	482,390 m3	221,776 m3	704,167 m3
	Octubre	469,012 m3	222,011 m3	691,023 m3
	Noviembre	441,202 m3	203,428 m3	644,630 m3
	Diciembre	428,712 m3	213,031 m3	641,743 m3
	Total	5,314,747 m3	2,390,816 m3	7,705,563 m3
	Caudal	168.1 l/s	75.6 l/s	243.7 l/s

Tabla N° 15. Volumen de Producción Ilo - 2021

Volumen de Entrada al Sistema de la EPS Ilo S.A.				
Año	Meses	PTAP-1 Cata Catas	PTAP-2 Pampa Inalámbrica	Total (M3)
2021	Enero	469,306 m3	182,579 m3	651,885 m3
	Febrero	447,672 m3	154,499 m3	602,171 m3
	Marzo	452,757 m3	198,302 m3	651,059 m3
	Abril	459,170 m3	202,625 m3	661,795 m3
	Mayo	440,167 m3	203,321 m3	643,488 m3
	Junio	428,220 m3	191,781 m3	620,001 m3
	Julio	416,834 m3	190,497 m3	607,331 m3
	Agosto	405,009 m3	189,843 m3	594,852 m3
	Septiembre	388,537 m3	178,628 m3	567,165 m3
	Octubre	401,772 m3	190,182 m3	591,954 m3
	Noviembre	406,405 m3	187,384 m3	593,789 m3
	Diciembre	459,055 m3	213,873 m3	672,928 m3
	Total	5,174,904 m3	2,283,514 m3	7,458,418 m3
	Caudal	164.1 l/s	72.4 l/s	236.5 l/s



3.5.2. Consumo Autorizado

Comprende el volumen de agua autorizado en (m³), el cual es de conocimiento de la EPS Ilo S.A., que a su vez, se divide en Consumo Autorizado Facturado y Consumo Autorizado no Facturado en (m³), como se encuentra resaltado en la Tabla N° 15, su desarrollo será detallado a continuación:

Tabla N° 16. Balance Hídrico – Consumo Autorizado

Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado	
			Inexactitud en micromedición	

3.5.2.1. Consumo Autorizado Facturado

Comprende el volumen en (m³) que es facturado por la EPS Ilo S.A., dicho volumen comprende el consumo facturado medido y el consumo facturado no medido, como se encuentra resaltado en la tabla N° 17 descritos a continuación:

Tabla N° 17. Balance Hídrico – Consumo Autorizado Facturado

Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado	
			Inexactitud en micromedición	



- **Consumo Facturado Medido:**

- a) **Descripción:**

- Es el consumo registrado en volumen en (m³), determinado mediante la diferencia de lecturas de los micro-medidores, segmentados según las categorías: domésticas, sociales, comerciales, industriales y estatales.

- b) **Fuente de Información:**

- Los registros son obtenidos a través de las lecturas de los micro medidores instalados, estos dispositivos de medición cuentan con una antigüedad promedio de dos años, y sus lecturas son realizadas de forma manual utilizando tablets o teléfonos celulares, los cuales son procesados por la Oficina de Catastro Comercial, Medición y Facturación (Oficina de Catastro Comercial) de la Gerencia de Comercial de la EPS Ilo S.A.

- c) **Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Catastro Comercial)**

- El cálculo del volumen facturado medido en (m³) es determinado mediante la diferencia en la lectura de los medidores. Estos son procesados a través de un Software comercial denominado Ciinco Web. El procesamiento de la información está a cargo de la Oficina de Catastro Comercial.

- **Consumo Facturado No Medido:**

- a) **Descripción:**

- Es el consumo registrado en volumen (m³), determinado por el consumo promedio (es generado, cuando por razones ajenas a la EPS no se logró tomar las lecturas de los micro-medidores, y se asume un consumo promedio). Asimismo, en el caso de que la conexión domiciliaria no cuente con medidor, se asigna un consumo promedio según la categoría que le corresponda al usuario.

- b) **Fuente de Información:**

- Oficina de Catastro Comercial – Gerencia Comercial

- c) **Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Catastro Comercial)**

- El cálculo de Volumen facturado no medido en (m³) es determinado al sumar los consumos de todas las conexiones domiciliares que no pudieron registrar sus lecturas, promediando los consumos de los últimos 06 meses válidamente facturados.

- En el caso de las conexiones domiciliares que no cuentan con medidor, el Software le asigna un consumo según la categoría, dicha facturación es constante durante el tiempo, hasta que se instale un medidor. Finalmente, se suman todos los consumos, promedio y asignados en (m³), para obtener el volumen facturado no medido mensual. Su cálculo



es procesado por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A.

d) Datos obtenidos

El volumen de Consumo autorizado facturado (conformado por el consumo facturado medido y el consumo facturado no medido) fue entregado por la Gerencia Comercial, mediante la Oficina de Catastro Comercial de la EPS Ilo, referente a los últimos 5 años (2017-2018-2019-2020-2021), como se muestra en las Tablas N°18, N°19, N°20, N°21, N°22, respectivamente.

Tabla N° 18. Volumen Facturado Ilo -2017

Volumen Facturado					
Año	Meses	Vol. facturado Medido (m3)	Vol. Facturado - Promedio (m3)	Vol. facturado Asignado (m3)	Volumen Total (m3)
2017	Enero	276,045	6,216	2,746	285,007
	Febrero	292,804	5,982	2,651	301,437
	Marzo	275,312	8,713	2,633	286,658
	Abril	294,107	9,046	2,601	305,754
	Mayo	290,712	9,488	2,653	302,853
	Junio	233,886	9,699	13,565	257,150
	Julio	237,890	9,125	12,908	259,923
	Agosto	261,145	9,325	13,332	283,802
	Septiembre	244,848	9,428	13,945	268,221
	Octubre	242,783	11,223	13,978	267,984
	Noviembre	240,051	11,278	15,724	267,053
	Diciembre	269,833	11,638	16,102	297,573
TOTAL		3,159,416	111,161	112,838	3,383,415



Tabla N° 19. Volumen Facturado Ilo -2018

Volumen Facturado					
Año	Meses	Vol. facturado Medido (m3)	Vol. Facturado - Promedio (m3)	Vol. facturado Asignado (m3)	Volumen Total (m3)
2018	Enero	255,272	26,772	16,612	298,656
	Febrero	276,646	29,528	9,190	315,364
	Marzo	307,949	30,799	8,186	346,934
	Abril	256,292	32,556	7,509	296,357
	Mayo	265,770	31,065	7,478	304,313
	Junio	246,458	32,479	6,915	285,852
	Julio	244,896	36,172	6,960	288,028
	Agosto	239,556	36,978	6,885	283,419
	Septiembre	248,830	32,545	6,825	288,200
	Octubre	239,829	36,461	6,645	282,935
	Noviembre	241,247	39,722	6,660	287,629
	Diciembre	262,725	45,300	6,600	314,625
	TOTAL		3,085,470	410,377	96,465

Tabla N° 20. Volumen Facturado Ilo -2019

Volumen Facturado					
Año	Meses	Vol. facturado Medido (m3)	Vol. Facturado - Promedio (m3)	Vol. facturado Asignado (m3)	Volumen Total (m3)
2019	Enero	258,384	43,294	7,135	308,813
	Febrero	238,664	49,985	7,135	295,784
	Marzo	260,298	43,608	1,949	305,855
	Abril	255,456	39,664	6,055	301,175
	Mayo	251,253	41,656	5,797	298,706
	Junio	254,545	41,163	5,883	301,591
	Julio	217,464	52,186	5,467	275,117
	Agosto	185,296	95,764	4,867	285,927
	Septiembre	250,382	32,349	2,242	284,973
	Octubre	260,087	37,086	2,302	299,475
	Noviembre	259,240	36,541	1,912	297,693
	Diciembre	294,245	37,357	1,913	333,515
	TOTAL		2,985,314	550,653	52,657



Tabla N° 21. Volumen Facturado Ilo -2020

Volumen Facturado					
Año	Meses	Vol. facturado Medido (m3)	Vol. Facturado - Promedio (m3)	Vol. facturado Asignado (m3)	Volumen Total (m3)
2020	Enero	292,844	30,923	1,589	325,356
	Febrero	310,779	29,399	1,360	341,538
	Marzo	269,132	30,392	1,390	300,914
	Abril	67,188	225,937	1,390	294,515
	Mayo	60,439	222,829	1,375	284,643
	Junio	96,575	230,518	1,345	328,438
	Julio	292,523	45,312	1,360	339,195
	Agosto	281,680	46,115	1,345	329,140
	Septiembre	291,355	45,787	1,375	338,517
	Octubre	290,547	34,376	1,450	326,373
	Noviembre	292,086	30,450	1,085	323,621
	Diciembre	308,956	33,228	1,255	343,439
	TOTAL		2,854,104	1,005,266	16,319

Tabla N° 22. Volumen Facturado Ilo -2021

Volumen Facturado					
Año	Meses	Vol. facturado Medido (m3)	Vol. Facturado - Promedio (m3)	Vol. facturado Asignado (m3)	Volumen Total (m3)
2021	Enero	318,508	46,478	1,975	366,961
	Febrero	294,801	42,038	2,005	338,844
	Marzo	324,018	46,407	1,931	372,356
	Abril	294,144	77,545	11,837	383,526
	Mayo	288,576	74,861	10,419	373,856
	Junio	291,343	65,920	9,422	366,685
	Julio	302,528	36,412	1,581	340,521
	Agosto	296,347	54,299	1,584	352,230
	Septiembre	285,019	49,934	1,499	336,452
	Octubre	306,981	39,006	1,645	347,632
	Noviembre	318,029	33,155	1,181	352,365
	Diciembre	304,726	73,632	1,274	379,632
	TOTAL		3,625,020	639,687	46,353



3.5.2.2. Consumo Autorizado No Facturado

Comprende el volumen de agua en (m³) no facturada por la EPS Ilo S.A., este volumen no genera ningún ingreso, está conformado por el consumo no facturado medido y el consumo no facturado no medido, como se encuentra resaltado en la Tabla N° 23 y que serán descritos a continuación:

Tabla N° 23. Balance Hídrico – Consumo Autorizado no Facturado

Balance Hídrico - Metodología IWA					
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada	
			Consumo facturado no medido		
	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado no medido	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada	
			Consumo no facturado no medido		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado		
			Inexactitud en micromedición		
Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)					

- **Consumo No Facturado Medido:**

a) Descripción:

Comprende el volumen en (m³), utilizado por la EPS Ilo S.A. para el lavado de filtros y decantadores de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP I – Cata Catas y PTAP II – Pampa Inalámbrica), este volumen es medido por la EPS Ilo S.A.

La PTAP I - Cata Catas posee a disposición seis filtros de filtración rápida para producción (Figura N° 27). A su vez, la PTAP II - Pampa Inalámbrica posee cuatro filtros de filtración rápida para producción de agua (Figura N° 28).



Figura N° 27. Instalaciones PTAP – I Cata Catas
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 28. Instalaciones PTAP – II Pampa Inalámbrica
Fuente: Elaboración propia

b) Fuente de Información:

Su determinación es realizada mediante un registro obtenido de forma manual, el cual es anotado en el “Registro de retro lavado de filtros y descarga de decantadores”, a cargo del operador de la planta.

c) Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Distribución)

Se realiza en una hoja de cálculo en archivo Excel, el volumen es calculado mediante la fórmula:

$$V = Q * t$$



Donde:

V = volumen.

Q = caudal.

t = tiempo

De esta manera se calcula el volumen de reserva en el filtro, finalmente se suman todos los volúmenes de lavado de filtros; cabe mencionar que este lavado es realizado mensualmente por el personal de la EPS Ilo S.A. Su cálculo es procesado por la Oficina de Distribución de la Gerencia de Operaciones.

e) Datos obtenidos

El volumen de Consumo no facturado medido (conformado por el volumen de lavado de filtros, decantadores y floculadores de la PTAP I – Cata Catas y PTAP II Pampa Inalámbrica) fue entregado por la Gerencia de Operaciones, mediante la Oficina de producción de la EPS Ilo S.A., referente a los últimos 5 años (2017-2018-2019-2020-2021), como se muestra en las Tablas N°24, N°25, N°26, N°27, N°28, respectivamente.

Tabla N° 24. Volumen Consumo no Facturado Medido -2017

Año	Meses	PTAP-I Cata Catas		PTAP-II Pampa Inalámbrica	
		Lavado de Filtros (6 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)	Lavado de Filtros (4 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)
2017	Enero	12,981	240	8,265	205
	Febrero	12,548	167	7,452	182
	Marzo	13,965	252	9,742	230
	Abril	13,223	194	8,082	262
	Mayo	12,889	165	8,194	175
	Junio	13,078	170	8,133	243
	Julio	14,097	189	8,538	175
	Agosto	13,291	163	8,054	228
	Septiembre	13,373	200	8,448	217
	Octubre	13,352	218	8,766	164
	Noviembre	14,116	170	8,211	200
	Diciembre	12,868	223	9,336	226
	TOTAL	159,781	2,351	101,221	2,507



Tabla N° 25. Volumen Consumo no Facturado Medido -2018

Año	Meses	PTAP-I Cata Catas		PTAP-II Pampa Inalámbrica	
		Lavado de Filtros (6 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)	Lavado de Filtros (4 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)
2018	Enero	13,627	253	7,892	257
	Febrero	12,368	255	7,860	184
	Marzo	13,780	172	8,771	237
	Abril	13,044	177	9,292	223
	Mayo	13,171	225	8,235	221
	Junio	13,886	206	9,842	261
	Julio	13,871	167	8,817	197
	Agosto	12,880	205	9,204	202
	Septiembre	13,313	260	9,308	208
	Octubre	13,613	213	8,032	204
	Noviembre	13,429	260	8,446	244
	Diciembre	13,358	163	8,166	239
TOTAL		160,340	2,556	103,865	2,677

Tabla N° 26. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2019

Año	Meses	PTAP-I Cata Catas		PTAP-II Pampa Inalámbrica	
		Lavado de Filtros (6 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)	Lavado de Filtros (4 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)
2019	Enero	12,828	186	9,194	154
	Febrero	12,740	169	7,251	170
	Marzo	13,444	232	7,780	221
	Abril	12,803	195	8,979	205
	Mayo	12,826	175	9,257	155
	Junio	13,251	230	7,869	191
	Julio	13,392	225	9,120	244
	Agosto	13,818	163	9,442	175
	Septiembre	13,211	167	8,325	221
	Octubre	12,924	192	8,782	252
	Noviembre	13,472	227	8,571	173
	Diciembre	13,651	160	8,610	254
TOTAL		158,360	2,321	103,180	2,415



Tabla N° 27. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2020

Año	Meses	PTAP-I Cata Catas		PTAP-II Pampa Inalámbrica	
		Lavado de Filtros (6 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)	Lavado de Filtros (4 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)
2020	Enero	13,488	254	7,903	177
	Febrero	12,345	168	8,145	243
	Marzo	12,854	206	8,571	195
	Abril	0	0	0	0
	Mayo	8,354	228	5,486	155
	Junio	13,356	256	8,002	223
	Julio	14,076	170	9,542	218
	Agosto	13,702	206	8,478	228
	Septiembre	12,858	256	9,708	192
	Octubre	13,814	206	9,346	226
	Noviembre	12,825	220	9,182	157
	Diciembre	13,245	179	9,773	160
TOTAL		140,917	2,349	94,136	2,174

Tabla N° 28. Volumen Consumo no Facturado Medido - 2021

Año	Meses	PTAP-I Cata Catas		PTAP-II Pampa Inalámbrica	
		Lavado de Filtros (6 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)	Lavado de Filtros (4 Filtros) (m3)	Lavado de Decantadores y Floculadores (m3)
2021	Enero	13,795	243	8,446	244
	Febrero	12,153	183	9,075	211
	Marzo	13,114	204	9,838	245
	Abril	13,439	183	9,502	207
	Mayo	13,882	160	9,707	206
	Junio	13,806	227	9,362	238
	Julio	13,665	171	8,119	200
	Agosto	13,261	221	9,110	152
	Septiembre	12,961	185	8,389	171
	Octubre	12,982	226	8,738	241
	Noviembre	13,738	210	9,390	161
	Diciembre	13,094	175	8,007	220
TOTAL		159,890	2,388	107,683	2,496



- **Consumo No Facturado No Medido:**

Comprende el volumen de agua en (m³) que no genera ningún ingreso a la EPS Ilo S.A., y a su vez, no es medido por la entidad, está conformado por el volumen de agua utilizado para el lavado de reservorios, el volumen de agua utilizado para realizar purgas en redes y el volumen de agua utilizado por las compañías de bomberos que prestan servicio en el ámbito de administración de la EPS Ilo S.A.

Cabe mencionar, que el volumen de agua utilizado para el riego de áreas verdes y otros usos de las Municipalidades, si son medidos y facturados por la EPS Ilo S.A. Este volumen es considerado dentro del Volumen Facturado Medido y genera ingresos económicos a la empresa, por lo que no se considera dentro de este componente.

- **Limpieza y Desinfección de Reservorios:**

- a) **Descripción:**

- El volumen de agua proveniente de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP I – Cata Catas y PTAP II Pampa Inalámbrica) es almacenado en 10 reservorios, los cuales son lavados y desinfectados semestralmente; su registro se realiza mediante el "Certificado de lavado y desinfección de Reservorios" (Anexo 2); sin embargo, no se realiza un seguimiento al volumen en (m³) utilizado para tal fin.

- b) **Fuente de Información:**

- Se realizó una entrevista con el encargado del área de la oficina de operaciones de redes de la EPS Ilo S.A. (Sr. Víctor Sánchez Ccance), quien brindó una descripción detallada de las características de los reservorios, así como el tirante de lavado, datos necesarios para el cálculo del volumen de limpieza de reservorios, esta información se muestra en la Tabla N°29.



c) Datos obtenidos:

Tabla N° 29. *Datos de Reservorios Operativos – Ilo 2021*

Características del Reservorio					Datos	
Reservorio	Tipo	Fuente	Altura (m)	Área (m ²)	Capacidad (m ³)	Tirante de Lavado (m)
R1	Apoyado	PTAP -I	2.88	1250.00	3600.00	0.6
R2	Apoyado	PTAP -I	4.12	194.09	800.00	0.8
R3	Apoyado	PTAP -I	5.51	326.85	1800.00	0.8
R4	Apoyado	PTAP -I	6.51	430.05	2800.00	0.8
R5	Elevado	PTAP -II	5.45	165.13	900.00	0.8
R6	Apoyado	PTAP -I	11.23	1870.38	21000.00	0.8
R7	Apoyado	PTAP -II	5.20	153.94	800.00	0.8
R8	Apoyado	PTAP -II	2.89	311.86	900.00	0.6
R9	Apoyado	PTAP -II	3.69	311.86	1150.00	0.6
R10	Apoyado	PTAP -II	4.87	314.16	1530.00	0.8

○ **Purgas y lavados de redes de distribución:**

a) Descripción:

Comprende el volumen de agua utilizado en purgas y lavado de redes, las cuales son realizadas en puntos definidos de la red de distribución, tiene como objetivo, evitar la sedimentación de partículas en las redes de distribución, asegurando la calidad de agua en el sistema en los parámetros de turbidez y presencia de cloro residual.

b) Fuente de Información:

La Oficina de Distribución de la EPS Ilo S.A., brindó la relación de los 62 grifos contra incendio tipo poste de dos bocas, por los cuales se purga toda la red, detallado en el Plan de Lavado y Desinfección de Redes de Distribución. Esta infurción es necesaria para calcular el volumen en (m³) utilizado para realizar las purgas en la red de distribución (duración y diámetro del orificio de descarga de cada purga).

Adicionalmente, se procedió a realizar la recolección de datos en campo, con la finalidad de establecer una correlación entre presión y caudal de purga, utilizando el método de la escuadra.

c) Equipos Utilizados:

- ✓ Manómetro
- ✓ Tubería de 2''
- ✓ 02 Válvulas tipo globo



- ✓ Cinta métrica
- ✓ Llave de apertura de hidrantes (2'')
- ✓ Llave Tee



Figura N° 29. Manómetro conectado al hidrante mediante tubería de 2'' y válvulas globo

Fuente: Elaboración propia

d) Procedimiento

Para determinar el volumen de purga en la red es necesario conocer el caudal de agua que se evacua por el orificio del grifo contra incendio, para tal fin se decidió utilizar el método de la escuadra, el cual permite determinar el caudal, conociendo la distancia X (horizontal) de salida del chorro, y la distancia Y (vertical) que en este caso sería la altura a la que se encuentra el orificio del grifo contra incendio.

- ✓ La recolección de datos se realizó entre los días 03/01/2022 al 05/01/2022, tomando 15 hidrantes, en diferentes zonas del ámbito de servicio de la EPS Ilo S.A.
- ✓ Primero, con ayuda del personal de apoyo de la Oficina de Distribución se ubicaron los 15 hidrantes representativos, utilizando el plano de catastro técnico; estos hidrantes forman parte de la red de distribución de agua potable de la EPS ILO S.A (08 pertenecen al Sistema Cata Catas y 07 al Sistema de Pampa Inalámbrica).
- ✓ El procedimiento consistió en la apertura de los hidrantes con el uso de las llaves de apertura (para el hidrante) y la llave T (para la válvula del hidrante), como muestra la Figura N°30



Figura N° 30. Apertura de hidrante con llave Tee
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 31. Toma de datos, purgas en redes
Fuente: Elaboración propia



Se realizó la medición de la distancia X (horizontal) de salida de chorro, y la altura Y (vertical) al centro del orificio de salida del hidrante con la cinta métrica, como se muestran en las Figuras N° 32, N°33.



Figura N° 32. Toma de datos, purgas en redes
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 33. Toma de datos, purgas en redes
Fuente: Elaboración propia



✓ Seguidamente, se procedió a medir la presión en (metros de columna de agua – m.c.a.), con el uso del manómetro, instalando una tubería de 2” de fierro galvanizado, conectados con 2 válvulas tipo globo, en hidrantes lejanos a las cámaras de monitoreo de control de presiones, como se muestra en la Figura N° 34

✓ Para el caso de hidrantes ubicados en zonas cercanas a cámaras de monitoreo de control de presiones, se realizó la lectura, directamente de los manómetros instalados en dichas cámaras, como se muestra en la Figura N° 35



Figura N° 34. Lectura de presión mediante manómetro conectado a hidrante

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 35. Lectura de presión mediante manómetro instalado en cámaras de monitoreo

Fuente: Elaboración propia



✓ Finalmente se realizó la comparación entre las presiones medidas en campo y las presiones referenciales de la zona, corroborando dicha información.

e) Datos obtenidos

La Oficina de Distribución de la Gerencia de Operaciones de la EPS Ilo S.A., entregó los reportes de purgas de limpieza y desinfección de redes (62 grifos contra incendio de purga), presentado en la Tabla N° 30; a su vez, la información recabada en campo se muestra en la Tabla N° 31.



Tabla N° 30. Plan de Mantenimiento de Redes – Ilo 2021



Datos - Purgas y Mantenimiento de redes					
N°	Tiempo (HRS:MIN)			Diámetro de Orificio	Presión m.c.a.
	Hora Inicial	Hora Final	Diferencia de Tiempo (Min)		
001	14:30	14:40	10	2.0 "	42
002	8:05	8:20	15	2.0 "	38
003	14:56	15:14	18	2.0 "	42
004	17:00	17:15	15	2.0 "	35
005	14:30	14:40	10	2.0 "	38
006	8:05	8:20	15	2.0 "	35
007	14:56	15:12	16	2.0 "	36
008	15:40	15:50	10	2.0 "	40
009	16:10	16:25	15	2.0 "	38
010	17:10	17:20	10	2.0 "	38
011	17:45	18:00	15	2.0 "	36
012	18:30	18:45	15	2.0 "	40
013	8:42	9:00	18	2.0 "	38
014	9:10	9:25	15	2.0 "	42
015	10:00	10:18	18	2.0 "	38
016	10:45	11:05	20	2.0 "	42
017	11:20	11:35	15	2.0 "	38
018	13:40	14:00	20	2.0 "	42
019	8:05	8:23	18	2.0 "	45
020	14:56	15:10	14	2.0 "	40
021	8:47	9:00	13	2.0 "	42
022	10:03	10:20	17	2.0 "	38
023	11:13	11:28	15	2.0 "	38
024	14:07	14:20	13	2.0 "	35
025	14:30	14:45	15	2.0 "	39
026	8:15	8:25	10	2.0 "	40
027	8:40	9:00	20	2.0 "	45
028	9:45	10:05	20	2.0 "	50
029	11:40	11:53	13	2.0 "	39
030	12:15	12:30	15	2.0 "	42
031	11:20	11:35	15	2.0 "	45
032	10:56	11:10	14	2.0 "	38
033	8:15	8:28	13	2.0 "	45
034	8:49	9:08	19	2.0 "	40
035	10:05	10:16	11	2.0 "	38



Datos - Purgas y Mantenimiento de redes					
Nº	Tiempo (HRS:MIN)			Diámetro de Orificio	Presión m.c.a.
	Hora Inicial	Hora Final	Diferencia de Tiempo (Min)		
036	9:15	9:28	13	2.0 "	40
037	10:00	10:15	15	2.0 "	42
038	15:10	15:27	17	2.0 "	45
039	15:35	15:48	13	2.0 "	45
040	10:50	11:05	15	2.0 "	42
041	10:20	10:40	20	2.0 "	39
042	8:00	8:14	14	2.0 "	48
043	8:45	9:00	15	2.0 "	45
044	9:10	9:25	15	2.0 "	38
045	9:30	9:47	17	2.0 "	38
046	10:15	10:27	12	2.0 "	42
047	10:48	11:05	17	2.0 "	48
048	11:20	11:37	17	2.0 "	50
049	8:45	9:00	15	2.0 "	42
050	9:10	9:20	10	2.0 "	45
051	10:00	10:18	18	2.0 "	45
052	10:45	11:04	19	2.0 "	39
053	11:20	11:35	15	2.0 "	50
054	13:40	14:00	20	2.0 "	40
055	8:05	8:23	18	2.0 "	45
056	14:56	15:10	14	2.0 "	42
057	8:47	9:00	13	2.0 "	38
058	10:03	10:15	12	2.0 "	45
059	11:13	11:28	15	2.0 "	42
060	14:07	14:20	13	2.0 "	48
061	14:30	14:40	10	2.0 "	38
062	10:10	10:25	15	2.0 "	50



Tabla N° 31. Datos recolectados – Purgas en redes de distribución

"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"					
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	Prueba:	Purgas en Hidrantes de Redes de Distribución			
	Lugar:	Moquegua - Ilo			
	Fecha:	03/01/2022 - 05/01/2022			
	Zona:	Muestreo en la Ciudad de Ilo			
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño				
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS					
Nº	Lugar/Dirección	X (m)	Y (m)	D (pulg)	Presion (PSI)
1	Interc. Av. Las Torres - Pachacutecq	4.50	0.40	2"	66
2	Av. Miguel Grau - Parque Glorietas	4.50	0.50	2"	65
3	Interc. Av. Mexico - Av. Las Torres	4.20	0.45	2"	62
4	Av. Miguel Grau - Luis E. Varcancel	4.00	0.45	2"	60
5	Av. Malecón - Pasaje 3	3.80	0.40	2"	60
6	Av. Malecón - Pasaje 19	3.50	0.50	2"	58
7	Interc. Calle Cujajone - Miraflores	3.50	0.40	2"	55
8	Interc. Calle Cujajone - Arequipa	3.00	0.40	2"	55
9	Interc. Tupac Amaru - Colon	3.00	0.50	2"	52
10	Interc. Prol. Callao - Tupac Amaru	2.50	0.50	2"	50
11	Av. Ingeniería - Parque del Minero	2.30	0.50	2"	48
12	Interc. Av. Minería - Av. Fundación	2.20	0.50	2"	45
13	Interc. Av del Trabajo - Los Cátodos	1.80	0.40	2"	43
14	Av. Panamericana - Cuadra 8	1.80	0.50	2"	42
15	Av. Panamericana - Cuadra 12	1.50	0.50	2"	42
Instrumentos y Equipos Utilizados:					
Manómetro, Cinta métrica, Llave Tee, Llave de apertura de hidrantes 2", Tubería de 2" y 02 válvulas tipo globo					

o **Volumen Contra Incendios:**

a) **Descripción:**

Comprende el volumen de agua autorizado, el cual es utilizado para atender posibles incendios, es administrado por 03 Compañías de Bomberos en el ámbito de prestación de servicio de la EPS Ilo S.A. (Compañía de Bomberos B-76, Compañía de Bomberos B-180 y Compañía de Bomberos B-136), mostradas en las Figuras N° 36-37-38, respectivamente.



Figura N° 36. Compañía de Bomberos B-76

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 37. Compañía de Bomberos B-180

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 38. Compañía de Bomberos B-136

Fuente: Elaboración propia

b) Fuente de Información:

Se realizó una entrevista con un representante de la XXI Comandancia Departamental Moquegua.

c) Datos Obtenidos

El representante de la XXI Comandancia Departamental Moquegua brindó información referente a la capacidad y número de cisternas de cada Compañía de Bomberos que operan en el ámbito de prestación de servicio de la EPS Ilo S.A., así como el número de llenado de cisternas al mes, que por norma debe cumplirse, esta información se muestra en la Tabla N° 32.

Tabla N° 32. Datos recolectados – Consumo Contra Incendio

Compañía de Bomberos	Cap. de Unidades (gal)	Nº UND	Nº Llenado/mes
B-136	1500.00	2	4
B-180	1500.00	3	4
B-76	1500.00	2	4

3.5.3. Pérdida de Agua (Agua no comercializada)

Comprende el volumen de pérdidas, definido como la cantidad de agua en (m³) que no genera ingresos a la entidad; sin embargo, a diferencia de los otros volúmenes de agua antes descritos,



estas pérdidas pueden ser gestionadas para generar ingresos posteriormente, está conformado por las pérdidas comerciales y las pérdidas operativas o físicas, como se encuentra resaltado en la tabla N° 33 y que serán descritos a continuación:

Tabla N° 33. Balance Hídrico – Pérdidas de Agua

Balance Hídrico - Metodología IWA					
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada	
			Consumo facturado no medido		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Operacionales Pérdidas Comerciales	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
				Consumo no facturado no medido	
			Consumo No autorizado		
			Inexactitud en micromedición		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)				

3.5.3.1. Pérdidas Comerciales

Comprende el volumen de pérdidas en (m³) que son entregadas al usuario, pero no se mide o registra con exactitud, esta pérdida puede ser recuperada y no es permanente en el tiempo, debido a que el cliente puede ajustar su consumo en periodos posteriores a su detección. Estas pérdidas pueden ser por el consumo de agua no autorizado o por inexactitud en la medición de los micro-medidores instalados en las conexiones domiciliarias, como se encuentra resaltado en la tabla N° 34 y que serán descritos con mayor detalle a continuación:

Tabla N° 34. Balance Hídrico – Pérdidas Comerciales

Balance Hídrico - Metodología IWA					
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada	
			Consumo facturado no medido		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
				Consumo no facturado no medido	
			Consumo No autorizado		
			Inexactitud en micromedición		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)				



- **Consumo No Autorizado:**

- a) **Descripción:**

El Consumo no autorizado comprende el volumen de agua en (m³), que es suministrada al usuario sin la autorización de la entidad, está conformado por los usuarios que se conectaron de manera no autorizada a la red de distribución de la empresa (usuarios que no figuran en la base de datos de la EPS Ilo S.A.), y por los usuarios con el servicio cortado, que reconectaron su conexión sin autorización de la EPS Ilo S.A. Por ello se consideraron como conexiones clandestinas y reconexiones indebidas.

- b) **Fuente de Información:**

Esta información es elaborada y procesada por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., mediante un cálculo estadístico, con el objetivo de determinar un valor aproximado de conexiones ilegales o clandestinas y reconexiones indebidas, en relación al número total de conexiones domiciliarias de la EPS ILO S.A.

- c) **Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Catastro Comercial)**

El cálculo es realizado por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., que consiste en ubicar y determinar la muestra en una zona piloto, la cual representa el total de las conexiones clandestinas y reconexiones indebidas.

- ✓ Cabe mencionar, que las conexiones clandestinas, se ubican en zonas donde se instalaron redes de agua potable por ampliación y/o renovación de redes de distribución, ejecutadas generalmente por entidades diferentes a la EPS Ilo S.A.; pero que no fueron conectados al sistema (llamados comúnmente como conexiones proyectadas), las cuales fueron puestas en funcionamiento de forma clandestina.

- ✓ De la misma forma, las reconexiones indebidas son conexiones cortadas en el sistema; sin embargo, son reconectadas por el usuario y permanecen con el servicio por varios meses de manera indebida, dichas conexiones son supervisadas periódicamente por la empresa, para detectar si fueron reconectadas sin autorización.

- ✓ Una vez que se identifica el número de conexiones clandestinas y reconexiones indebidas en la zona piloto (muestra), se calcula el porcentaje de incidencia mediante el cociente del número de conexiones clandestinas entre la muestra que vendría a ser el número total de conexiones domiciliarias (para el caso de conexiones clandestinas).

- ✓ Para calcular el porcentaje de incidencia de las reconexiones indebidas, la muestra sería el número total de conexiones inactivas de la zona piloto.

- ✓ Finalmente, el porcentaje de incidencia de conexiones clandestinas y reconexiones indebidas, se extrapola en función del número total de conexiones domiciliarias de la



EPS Ilo S.A., afectado por el periodo del Balance Hídrico (12 meses) y el consumo promedio mensual. Este muestreo estadístico es realizado anualmente por la Oficina de Catastro Comercial, para estimar el volumen de pérdidas comerciales del periodo fiscal.

d) Datos Obtenidos

La Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., otorgó la información referente al volumen en (m3) por pérdidas por consumo no autorizado de los años 2017 – 2018 – 2019 y 2020 disgregado entre conexiones clandestinas y reconexiones indebidas , presentados en la Tabla N° 35, respectivamente;

A su vez, entregó la estimación estadística, en base a la muestra representativa de las zonas piloto evaluadas en el año 2021, las cuales se encuentran disgregadas para ambos sistemas (Cata Catas y Pampa Inalámbrica), como se muestran en las Tablas N°36, N°37, N°38 y N°39, respectivamente.

Tabla N° 35. Volumen de Consumo no Autorizado

Consumo no Autorizado			
Año	Conexiones Clandestinas (m3)	Reconexiones Indebidas (m3)	Pérdida por consumo no Autorizado (m3)
2017	333,156	45,430	378,586
2018	310,163	42,295	352,458
2019	285,666	38,955	324,621
2020	110,321	15,044	125,365

Tabla N° 36. Conexione Clandestinas – Cata Catas Ilo 2021

Conexiones Clandestinas Reales					
Sistema	Zona de presión	Sector	Conex. Halladas	Muestra (Conex Totales)	%
Cata Catas	1-A3	Bello Horizonte	25	596	4.2%
	1-A5	Nueva Esperanza	28	424	6.6%
	2-B3	San Pedro	26	316	8.2%
	3-C1	Miramar baja - Villa Hermosa	31	755	4.1%
	4-D1	Urb. Ghersi - Urb. Túpac Amaru	28	673	4.2%
	Promedio				



Tabla N° 37. Conexiones. Clandestinas – Pampa Inalámbrica Ilo 2021

Conexiones Clandestinas Reales					
Sistema	Zona de presión	Sector	Conex. Halladas	Muestra (Conex Totales)	%
Pampa Inalámbrica	5-E1	Urb. Olivares -Villa Marina	36	849	4.2%
	6-F2	Nueva Victoria - Las Gardenias	45	633	7.1%
	8-H2	Los Arenales - Ciudad Enersur	51	772	6.6%
	8-H4	Villa Primavera -Vista Azul	39	604	6.5%
	9-I2	Villa Libertad	35	866	4.0%
	PROMEDIO				

Tabla N° 38. Reconexiones Indebidas – Cata Catas Ilo 2021

Reconexiones Indebidas					
Sistema	Zona de presión	Sector	Conex. Halladas	Muestra (Conex. Inactivas)	%
Cata Catas	1-A3	Bello Horizonte	0	35	0.0%
	1-A5	Nueva Esperanza	3	44	6.8%
	2-B3	San Pedro	4	32	12.5%
	3-C1	Miramar baja - Villa Hermosa	5	35	14.3%
	4-D1	Urb. Gheri - Urb. Tupac Amaru	3	24	12.5%
	PROMEDIO				

Tabla N° 39. Reconexiones Indebidas – Pampa Inalámbrica Ilo 2021

Reconexiones indebidas					
Sistema	Zona de presión	Sector	Conex. Halladas	Muestra (Conex. Inactivas)	%
Pampa Inalámbrica	5-E1	Urb. Olivares -Villa Marina	10	36	27.8%
	6-F2	Nueva Victoria - Las Gardenias	8	48	16.7%
	8-H2	Los Arenales - Ciudad Enersur	5	35	14.3%
	8-H4	Villa Primavera -Vista Azul	8	44	18.2%
	9-I2	Villa Libertad	6	36	16.7%
	PROMEDIO				

- **Inexactitud en Micromedición:**

- a) **Descripción:**

Comprende el volumen de pérdidas en (m³), correspondiente al componente de sub registro de medidores, definido como el porcentaje de error en la medición del volumen



de agua ingresado a las viviendas; este tipo de pérdidas son muy frecuentes, y es la consecuencia de varios factores, entre los que destacan, la antigüedad de los medidores, instalación inadecuada, medidores vandalizados, calidad del agua, continuidad o intermitencia en el servicio.

b) Fuente de Información:

Se cuenta con el padrón de usuarios, entregado por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., clasificados por la categoría tarifaria a la que pertenecen, el volumen de consumo mensual y datos referentes del medidor (código, marca y fecha de instalación), dicha información fue entregada por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A.

c) Procedimiento (Elaborado por la Oficina de Catastro Comercial)

Considerando que la EPS Ilo S.A. no cuenta con Banco de Medidores, para realizar las pruebas por inexactitud en la micromedición, se decidió recurrir al Estudio Estadístico elaborado por la GIZ – PROAGUA II, en el desarrollo del Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS.

Dicho estudio desarrolla la metodología para determinar el porcentaje de error en medidores de consumo de agua, según marca, modelo y antigüedad, y su incidencia en el sub registro y sobre registro del consumo medido.

El estudio determina el porcentaje de sub-registro y sobre-registro, utilizando información comercial real de las EPS Seda Cusco, Seda Huancayo, EPS Chavín, Seda Huánuco, SEDALIB (Cooperación Técnica Alemana – GIZ – PROAGUA II, 2015).

La información esta segmentado, según 03 marcas de medidores y 05 modelos, y la antigüedad segmentado 05 grupos (menores a 03 años, entre 3 y 5 años, entre 5 y 8 años, entre 8 y 10 años; y mayores a 10 años).

d) Datos Obtenidos

El Estudio Estadístico elaborado por la GIZ – PROAGUA II, en el desarrollo del Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS, determina altos porcentajes de sub-registro por año de antigüedad, estableciendo una tendencia ascendente entre el sub-registro y los años de antigüedad, como se muestra en la Tabla N° 40



Tabla N° 40. Estudio Estadístico – Inexactitud en Micro medición

Antigüedad del medidor (años)	Total de medidores	N° de medidores muestreados	% de medidores que subregistran	% medidores que sobrerregistran	Error promedio
<= 3	953	31	9,68%	0,00%	- 3,26%
>3 ; <=5	4.343	141	28,13%	1,56%	- 5,15%
>5 ; <=8	389	15	33,91%	1,72%	- 7,51%
>8 ; <=10	2.139	67	53,03%	1,52%	- 22,30%
>10	3.245	91	70,00%	0,00%	- 49,50%
Subregistro promedio del parque medidor					- 10,27 %

Fuente: Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS – GIZ PROAGUA II

Esta información será utilizada para determinar el volumen de pérdida por inexactitud en la micro medición, considerando que la EPS Ilo S.A. utiliza las mismas marcas y modelos de medidores de consumo, evaluados en dicho estudio.

3.5.3.2. Pérdidas Operacionales

Comprende el volumen de pérdidas en (m³), como consecuencia de fugas en caja de registro, roturas de redes de distribución y fugas en abrazaderas; para ser consideradas pérdidas físicas deben estar ubicadas antes de las conexiones domiciliarias, como se encuentra resaltado en la Tabla N° 41 y que será descrito con mayor detalle a continuación:

Tabla N° 41. Balance Hídrico – Pérdidas Operacionales



Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado	
			Inexactitud en micromedición	

- **Fugas de Agua Visibles**

Es el volumen de pérdida, cuya fuga aparecerá en la superficie dependiendo de la presión y orificio de la fuga, se caracterizan por poseer un caudal alto, este tipo de fugas se encuentran en uniones y tuberías de distribución, y son generadas por la incompatibilidad entre la presión de servicio y la clase de la tubería, antigüedad de la tubería y por cargas externas. Por lo general son los usuarios quienes reportan la fuga de agua a la empresa debido a que no cuentan con servicio, o disminuye la presión de servicio.

- **Fugas de Agua No Visibles**

Es el volumen de pérdida, cuya fuga es de un caudal bajo, por ello son difíciles de detectar y se mantienen largos periodos de tiempo. Las fugas en una tubería a presión crean un ruido que viaja a través de las paredes de la tubería, del terreno que lo rodea, por lo que es necesario, el uso de instrumentos especializados como el geófono, y correlador, para su detección

Dado que el Balance Hídrico – Metodología IWA es un análisis que se realiza de arriba hacia abajo (inicia por el volumen de entrada al sistema, considerado el total, al cual se le va restando los volúmenes determinados, a medida que se desarrolla el balance); el componente de pérdidas operacionales o físicas (al ser el último), se le asigna el volumen restante.

Sin embargo, para fines académicos y con el objetivo de comprobar el volumen de pérdidas físicas calculado por el Balance Hídrico – Metodología IWA, se realizó la recopilación de datos en campo, con la ayuda del personal de apoyo de la EPS Ilo S.A.; de esta manera, se realizaron trabajos de sectorización, comprobación de hermeticidad de válvulas, medición de presiones y la prueba del caudal mínimo nocturno, utilizando como muestra, 02 sub



zonas de presión, de las cuales 01 forma parte de la PTAP I (Cata Catas) y 01 forma parte de la PTAP II (Pampa Inalámbrica), como se muestra en la Tabla N° 42

Tabla N° 42. Muestras evaluadas – Pérdidas Operacionales

Sistema	Nombre	Sub Zona de presión	Nº Conexiones	Long Tubería (m)
Cata Catas	Urb. San Pedro	2-B-3	251	2,221.25
Pampa Inalámbrica	Urb. Las Glorietas y Villa Municipal	6-F-1	217	1,915.03

3.5.4. Sectorización de Sub Zonas de Presión:

a) Descripción:

La sectorización se realizó con la supervisión del personal de la Oficina de Catastro de la EPS Ilo S.A., dada su experiencia y conocimiento del sistema de abastecimiento del ámbito de servicio de la EPS Ilo S.A.

b) Fuente de Información

La oficina de Catastro Técnico otorgó el plano de catastro del sistema de agua potable de la EPS Ilo S.A.

c) Equipos Utilizados:

- ✓ Computadora Portátil - Laptop
- ✓ Plano de catastro técnico del sistema de abastecimiento de la EPS Ilo.

d) Procedimiento

Con el plano de catastro técnico, se procedió a realizar la sectorización de las zonas de estudio, ubicando las entradas y salidas, dirección de flujo y las válvulas de frontera. Considerando los siguientes criterios:

- ✓ Las 02 zonas de estudio representan a ambos sistemas (01 de Cata Catas y 01 de Pampa Inalámbrica), debiendo de indicar que para la selección de las zonas de estudio se ha considerado que estas representen las condiciones operativas del sistema de abastecimiento de la EPS Ilo S.A. en términos de continuidad del servicio, presión de servicio, incidencias de roturas y reparación de tuberías, diámetro promedio de tubería, antigüedad de tubería y material de la tubería predominante.
- ✓ Las zonas cuentan con una entrada y una salida.



✓ Debido a que las zonas de presión (2-B-3) y (6-F-1) contaban con más de una salida, se decidió delimitar las zonas de estudio, ubicando las válvulas de las salidas alternas, dichas válvulas se consideraron como válvulas de frontera y serán cerradas, para realizar la prueba del caudal mínimo nocturno.

e) Datos obtenidos

La delimitación de la zona de estudio se realizó utilizando el programa Autocad 2020, como se muestra en los (Anexo N°7)

3.5.5. Comprobación de hermeticidad de válvulas:

a) Descripción:

Esta prueba fue realizada con el objetivo de conocer el estado y buen funcionamiento de las válvulas ubicadas dentro de las sub zonas de estudio (2B-3 y 6F-1), comprobando su ubicación, operatividad, que tengan un cierre hermético y número de vueltas de operación.

b) Fuente de Información

La oficina de Catastro Técnico otorgó el plano de catastro del sistema de agua potable de la EPS Ilo S.A.

c) Equipos Utilizados:

- ✓ Plano de catastro técnico de la EPS Ilo S.A.
- ✓ Geófono acústico Teufel Massive
- ✓ Llave Tee

d) Procedimiento

- ✓ La prueba de hermeticidad de válvulas se realizó en fecha 07/01/2022 para la sub zona de presión 2B-3 en la Urb. San Pedro y el 12/01/2022 para la sub zona de presión 6F-1 en la Urb. Las Glorietas y Villa municipal, de la EPS Ilo S.A.
- ✓ Inicialmente, se ubica la válvula, según el plano de catastro técnico de sistema de abastecimiento de la EPS Ilo S.A., como muestra la Figura N°39.



*Figura N° 39. Plano utilizado para ubicar válvulas la sub zona 2B-3 – San Pedro
Fuente: Elaboración propia*

- ✓ Una vez ubicada, se procede a cerrar la válvula con la llave Tee.



*Figura N° 40. Cierre de Válvula de frontera
Fuente: Elaboración propia*

- ✓ Se anota en la ficha de recolección de datos, el número de vueltas y si se encuentra operativa.
- ✓ Posteriormente, se verifica la hermeticidad de la válvula utilizando el geófono acústico, el cual cuenta con un sistema de amplificación de sonido que permite detectar el ruido generado por el agua fugado por la válvula, en el caso de que esta no tenga un cierre hermético.



Figura N° 41. Verificación de Hermeticidad en Válvulas con geófono Acústico
Fuente: *Elaboración propia*



Figura N° 42. Registro de Sonido Bajo – Válvula Hermética
Fuente: *Elaboración propia*

✓ Finalmente, se vuelve a abrir la válvula, con el número de vueltas en la que se encontraba originalmente.



Figura N° 43. Apertura de válvula
Fuente: Elaboración propia

e) Datos Obtenidos:

Los datos fueron registrados en la ficha de recolección de datos, correspondiente a la verificación de hermeticidad de válvulas para la Sub Zona de Presión 2B-3 y 6F-1 como figura en la Tabla N° 43 y N°44, respectivamente.

- ✓ Cabe mencionar, que en la sub zona de presión 2B-3, Urb. San Pedro, se ubicaron 07 válvulas, de las cuales 03 se consideraron válvulas de frontera y se realizó la prueba de hermeticidad a dichas válvulas (codificadas como V-02 – V-04 y V-07), debido a que dichas válvulas serán cerradas durante la prueba del caudal mínimo nocturno.
- ✓ Asimismo, en la sub zona de presión 6F-1, Urb. Las Glorietas y Villa Municipal, se ubicaron 11 válvulas, de las cuales 04 fueron consideradas válvulas de frontera, realizando la prueba de hermeticidad a dichas válvulas (codificadas como V-07 – V-09 – V-10 – V-11).



Tabla N° 43. Prueba de Hermeticidad de Válvulas – 2B-3 – Urb. San Pedro



"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Hermeticidad de Válvulas		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	07/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Lugar/Dirección	Operatividad	Hermeticidad	Nº Vueltas
V-01	Calle Juan Sepulveda c/ Joaquin Inclan	Operativo	/	8
V-02	Calle Juan G. More c/ Joaquin Inclan	Operativo	Hermético	6
V-03	Av. Elias Aguirre c/ Juan G. More	Operativo	/	6
V-04	Av. Elias Aguirre c/ Alfredo Maldonado	Operativo	Hermético	9
V-05	Calle Victor Fajardo c/ Joaquin Inclan	Operativo	/	10
V-06	Av. Elias Aguirre c/ Victor Fajardo	Operativo	/	6
V-07	Av. Elias Aguirre c/ Justo A. Ariagues	Operativo	Hermético	7
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Plano de catastro Técnico (Delimitación Sub Zona 2B-3), Geófono acústico Teufel Massive Llave Tee				

Tabla N° 44. Prueba de Hermeticidad de Válvulas - 6F-1 – Urb. Las Glorietas



"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Hermeticidad de Válvulas		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	12/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas-Villa Municipal		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Lugar/Dirección	Operatividad	Hermeticidad	Nº Vueltas
V-01	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	Operativo	/	12
V-02	Av. Adriana Apaza c/ Dante Rosetti	Operativo	/	8
V-03	Av. Adriana Apaza c/ Glorietas	Operativo	/	8
V-04	Calle Glorietas c/ Pje. Tulipanes	Operativo	/	10
V-05	Av. Mexico c/ Pje. Girasoles	Operativo	/	6
V-06	Av. Mexico c/ Pje. Girasoles	Operativo	/	6
V-07	Calle Dante Rosseti c/ Pje. 05	Operativo	Hermético	8
V-08	Calle Dante Rosseti c/ Pje. 05	Operativo	/	8
V-09	Calle Glorietas c/ Pje. 05	Operativo	Hermético	5
V-10	Calle Rossi c/ Pje. 05	Operativo	Hermético	8
V-11	Av. Mexico c/ Pje. 05	Operativo	Hermético	5
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Plano de catastro Técnico (Delimitación Sub Zona 2B-3), Geófono acústico Teufel Massive Llave Tee				

3.5.6. Prueba de Caudal Mínimo Nocturno :

a) Descripción:

El método de caudal mínimo nocturno, busca determinar el volumen de pérdidas de agua en (m³), esta prueba es realizada en horas de la noche (00:00 – 3:00 o 5:00), debido a que en estas horas el consumo es mínimo, lo cual presume la máxima presión en la red, que, a su vez supone un mayor volumen de pérdidas.

Al cumplir con dichas condiciones se logra una mayor precisión en la determinación del volumen fugado.



b) Equipos Utilizados:

- ✓ Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300
- ✓ Llave Tee.
- ✓ Plano de catastro técnico de las sub zonas de presión.
- ✓ Llave para cerradura magnética de caja de registro.

c) Procedimiento

✓ Una vez que se confirmó la hermeticidad de válvulas (3.5.5 Prueba de hermeticidad de válvulas), con ayuda del personal de apoyo de la EPS Ilo S.A., a las 22:00 horas, se procedió a cerrar las válvulas de frontera utilizando la llave Tee, con la finalidad de delimitar el flujo de agua en la red, de esta manera contar con una entrada (flujo de entrada) y todas las salidas cerradas.



Figura N° 44. Equipo de Trabajo y Personal de Apoyo – Pruebas de Campo

Fuente: Elaboración propia

Después, con ayuda del personal de apoyo, a las 22:30 horas, se procedió a cerrar las llaves de paso de todos los medidores (conexiones domiciliarias), que se encuentran dentro de la zona de influencia de las zonas de estudio (sub zona de presión 2B-3 y 6F-1 respectivamente), para ello se utilizó la llave de cerradura magnética, con el fin de



realizar la apertura de las tapas de cajas de registro de las conexiones domiciliarias, como se muestra en las Figuras N°45, N°46, N°47, N°48, respectivamente.



Figura N° 45. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 2B-3 – Urb. San Pedro
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 46. Llave de Cerradura Magnética
Fuente: Elaboración propia

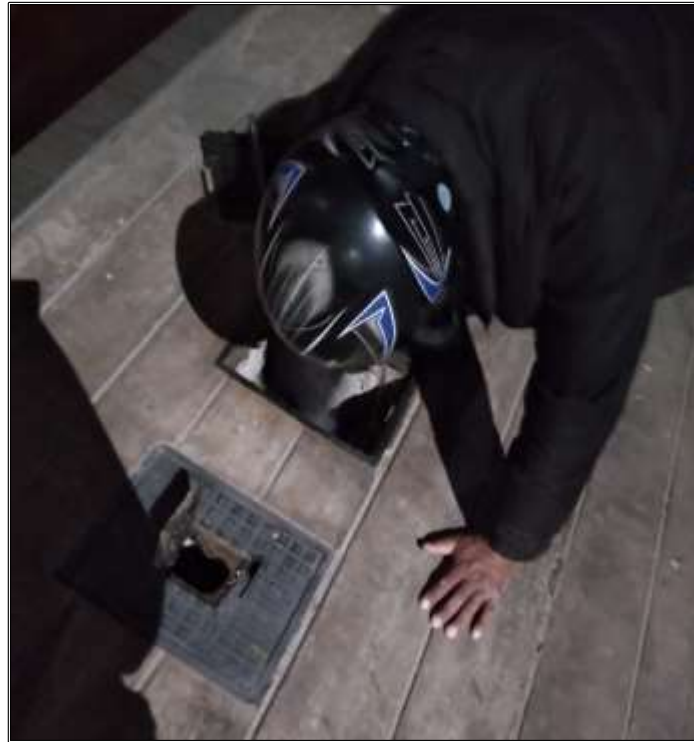


Figura N° 47. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 6F-1 – Urb. Las Glorietas

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 48. Cierre de conexiones Domiciliarias – Sub Zona 6F-1 – Urb. Villa Municipal

Fuente: Elaboración propia



✓ A su vez, se realizó la instalación del Caudalímetro Ultrasónico SebaKMT UDM 300 en el ingreso de la red de agua potable, como muestra la Figura N° 49.

✓ La prueba fue realizada entre las 00:00 horas de la noche y las 05:00 horas de la mañana, con la finalidad de cumplir las condiciones de mínimo consumo y presión máxima.



Figura N° 49. Instalación de Caudalímetro en la tubería de ingreso.
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 50. Programación de Caudalímetro en la tubería de ingreso.
Fuente: Elaboración propia



✓ El equipo fue programado para realizar las lecturas del caudal en (lps) y el volumen acumulado en (litros), se realizó su registro en las fichas cada 10 minutos, a su vez del registro fotográfico.



Figura N° 51. Toma de lectura de caudal y volumen acumulado, cada 10min.

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 52. Toma de registro fotográfico.

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 53. Caudalímetro en operación – Sub Zona 6F-1 Urb. Las Glorietas.
Fuente: Elaboración propia

✓ Además se realizó el registro de la presión, revisando los manómetros ubicados en las cámaras de monitoreo, se realizó su registro en las fichas cada 30 minutos.



Figura N° 54. Manómetro – Cámara de Monitoreo – Sub Zona 2B-3 Urb. San Pedro.
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 55. Manómetro – Cámara de Monitoreo – Sub Zona 6F-1 Urb. Las Glorietas.

Fuente: Elaboración propia

✓ Una vez acabada la prueba, se realizó la reapertura del servicio a los usuarios; así como la apertura de las válvulas de frontera, dejando dichas válvulas con el número de vueltas en la que operaban originalmente.

d) Datos Obtenidos:

Los datos fueron registrados en la ficha de recolección de datos, correspondiente a la prueba de caudal mínimo nocturno y medición de presiones durante la prueba.

✓ La primera prueba del caudal mínimo nocturno fue realizada en la sub zona de presión 2B-3, Urb. San Pedro el día 08/01/2022 iniciando los trabajos a las 22:00 y finalizando a las 05:00 del 09/01/2021), los datos medidos de caudal y volumen figuran en la Tabla N° 45 y la medición de las presiones en la Tabla N° 46



Tabla N° 45. Prueba de Caudal Mínimo Nocturno – 2B-3 – Urb. San Pedro





"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Caudal Mínimo Nocturno		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	08/01/2022 - 09/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
	Nº	HORA	Q (l/seg)	VOL (litros)
	1	11:50	0.85	588
	2	0:00	0.85	1,015
	3	0:10	0.84	1,520
	4	0:20	0.84	2,022
	5	0:30	0.84	2,523
	6	0:40	0.84	3,026
	7	0:50	0.84	3,528
	8	1:00	0.84	4,031
	9	1:10	0.83	4,535
	10	1:20	0.83	5,030
	11	1:30	0.83	5,526
	12	1:40	0.83	6,024
	13	1:50	0.82	6,519
	14	2:00	0.82	7,009
	15	2:10	0.83	7,499
	16	2:20	0.83	7,994
	17	2:30	0.83	8,490
	18	2:40	0.82	8,988
	19	2:50	0.82	9,480
	20	3:00	0.82	9,970
	21	3:10	0.82	10,460
	22	3:20	0.82	10,952
	23	3:30	0.82	11,442
	24	3:40	0.82	11,932
	25	3:50	0.83	12,424
	26	4:00	0.83	12,920
	27	4:10	0.83	13,418
	28	4:20	0.83	13,914
	29	4:30	0.83	14,412
	30	4:40	0.83	14,908
	31	4:50	0.83	15,406
	32	5:00	0.83	15,901
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300, Llave Tee, Plano Catastro Técnico				



Tabla N° 46. Medición de Presiones – 2B-3 – Urb. San Pedro

"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Medición de Presiones		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	08/01/2022 - 09/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Hora	Lugar/Dirección	Presión (PSI)	Presión (MCA)
1	11:50	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	58	41
2	0:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	58	41
3	0:30	Av. Elias Aguirre c/ calle Justo Ariagues	60	42
4	1:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	60	42
5	1:30	Av. Elias Aguirre c/ calle Justo Ariagues	60	42
6	2:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	60	42
7	2:30	Av. Elias Aguirre c/ calle Justo Ariagues	60	42
8	3:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	60	42
9	3:30	Av. Elias Aguirre c/ calle Justo Ariagues	61	43
10	4:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	60	42
11	4:30	Av. Elias Aguirre c/ calle Justo Ariagues	60	42
12	5:00	Calle Antonia Caceres c/ Av. Elias Aguirre	60	42
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Manómetro (cámara de monitoreo), Plano Catastro Técnico de la ciudad de Ilo				

✓ Asimismo, la segunda prueba del caudal mínimo nocturno fue realizada en la sub zona de presión 6F-1, Urb. Las Glorietas y Villa Municipal el día 13/01/2022 iniciando los trabajos a las 22:00 y finalizando a las 04:00 del 14/01/2021), los datos medidos de caudal y volumen figuran en la Tabla N° 47 y la medición de las presiones en la Tabla N° 48



Tabla N° 47. Prueba de Caudal Mínimo Nocturno – 6F-1 – Urb. Las Glorietas



"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Caudal Mínimo Nocturno		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	13/01/2022 - 14/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas-Villa Municipal		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
	Nº	HORA	Q (l/seg)	VOL (litros)
	1	11:50	0.92	245
	2	0:00	0.92	807
	3	0:10	0.91	1,375
	4	0:20	0.91	1,941
	5	0:30	0.91	2,509
	6	0:40	0.91	3,074
	7	0:50	0.91	3,638
	8	1:00	0.90	4,202
	9	1:10	0.90	4,764
	10	1:20	0.90	5,314
	11	1:30	0.89	5,865
	12	1:40	0.89	6,418
	13	1:50	0.89	6,973
	14	2:00	0.90	7,525
	15	2:10	0.90	8,078
	16	2:20	0.89	8,634
	17	2:30	0.89	9,187
	18	2:40	0.90	9,739
	19	2:50	0.90	10,293
	20	3:00	0.90	10,841
	21	3:10	0.90	11,389
	22	3:20	0.90	11,934
	23	3:30	0.90	12,477
	24	3:40	0.90	13,019
	25	3:50	0.90	13,562
	26	4:00	0.90	14,103
	27	4:10	0.91	14,646
	28	4:20	0.91	15,191
	29	4:30	0.90	15,744
	30	4:40	0.90	16,292
	31	4:50	0.90	16,842
	32	5:00	0.90	17,397
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300, Llave Tee, Plano Catastro Técnico				



Tabla N° 48. Medición de Presiones - 6F-1 – Urb. Las Glorietas

"DETERMINACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA NO FACTURA (ANF) EN LOS COMPONENTES OPERACIONAL Y COMERCIAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA E.P.S. ILO EN LA LOCALIDAD DE ILO - 2021"				
 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	Prueba:	Medición de Presiones		
	Lugar:	Moquegua - Ilo		
	Fecha:	13/01/2022 - 14/01/2022		
	Zona:	Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas-Villa Municipal		
Responsable:	Jhan Paul Corimanya Carreño			
FICHA DE OBTENCIÓN DE DATOS				
Nº	Hora	Lugar/Dirección	Presión (PSI)	Presión (MCA)
1	11:50	Av. México c/ Pje 05	64	45
2	0:00	Av. México c/ Pje 05	64	45
3	0:30	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	65	46
4	1:00	Av. México c/ Pje 05	67	47
5	1:30	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	67	47
6	2:00	Av. México c/ Pje 05	68	48
7	2:30	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	68	48
8	3:00	Av. México c/ Pje 05	68	48
9	3:30	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	68	48
10	4:00	Av. México c/ Pje 05	68	48
11	4:30	Calle Fernando Guachalla c/ Pje 02	67	47
12	5:00	Av. México c/ Pje 05	67	47
Instrumentos y Equipos Utilizados:				
Manómetro (cámara de monitoreo), Plano Catastro Técnico de la ciudad de Ilo				

3.5.7. Medición de presiones (24 horas):

a) Descripción:

Una vez determinado el volumen de pérdidas operativas en condiciones de consumo mínimo y presión máxima (prueba de caudal mínimo nocturno), es necesario conocer la variación de presión en la red a lo largo del día (24 horas), con la finalidad de establecer una correlación entre las pérdidas determinadas a través de la prueba y la variación de presión para las 24 horas, de esta manera se determina el volumen de pérdidas operativas diarias de las sub zonas de presión evaluadas.

b) Equipos Utilizados:

- ✓ Data Logger IP68



c) Procedimiento

- ✓ Se instaló el Data Logger en la entrada de la red, con la finalidad de registrar la presión en (metros de columna de agua - mca) en las sub zonas de presión (2-B-3 y 6-F-1), este equipo fue programado para registrar la presión en intervalos de 30 min durante 24 horas.
- ✓ El registro fue descargado en una hoja de cálculo (formato Excel) para su posterior análisis.



Figura N° 56. Cámara de monitoreo Sub Zona 2B-3 – Urb. San Pedro
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 57. Instalación de Data Logger - Sub Zona 2B-3.
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 58. Cámara de Monitoreo Sub Zona 6F-1 – Urb. Las Glorietas – Villa Municipal

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 59. Instalación de Data Logger - Sub Zona 6F-1.

Fuente: Elaboración propia



e) Datos Obtenidos:

La medición de presiones en la sub zona de presión 2B-3, Urb. San Pedro, con Data Logger, se realizó entre los días 10/01/2022 a las 09:00 horas y 11/01/2022 a las 09:00 horas). Los datos registrados figuran en la Tabla N° 49.

Tabla N° 49. Medición de Presiones (24horas) – 2B-3 – Urb. San Pedro

Lectura de Presiones Data Logger Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
10/01/2022	9:00	36.32	25.57
	9:30	34.25	24.11
	10:00	36.68	25.82
	10:30	35.52	25.01
	11:00	35.62	25.08
	11:30	35.23	24.80
	12:00	36.24	25.51
	12:30	36.21	25.49
	13:00	35.35	24.89
	13:30	36.17	25.46
	14:00	36.05	25.38
	14:30	35.48	24.98
	15:00	35.25	24.82
	15:30	35.28	24.84
	16:00	35.41	24.93
	16:30	37.18	26.17
	17:00	37.05	26.08
	17:30	37.05	26.08
	18:00	38.16	26.86
	18:30	40.30	28.37
	19:00	41.25	29.04
	19:30	43.45	30.59
	20:00	45.40	31.96
	20:30	47.35	33.33
21:00	50.23	35.36	
21:30	50.35	35.45	
22:00	53.32	37.54	
22:30	53.25	37.49	



DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
10/01/2022	23:00	54.10	38.09
	23:30	55.05	38.76
	0:00	57.12	40.21
11/01/2022	0:30	58.15	40.94
	1:00	58.35	41.08
	1:30	58.45	41.15
	2:00	58.21	40.98
	2:30	60.32	42.47
	3:00	60.47	42.57
	3:30	60.41	42.53
	4:00	60.25	42.42
	4:30	58.30	41.04
	5:00	57.35	40.37
	5:30	55.21	38.87
	6:00	54.21	38.16
	6:30	50.30	35.41
	7:00	47.25	33.26
	7:30	45.12	31.76
	8:00	43.15	30.37
	8:30	41.20	29.00
9:00	38.05	26.79	

Asimismo, la medición de presiones en la zona de presión 6F-1, Urb. Las Glorietas y Villa Municipal, con Data Logger, se realizó entre los días 15/01/2022 a las 9:30 horas y 16/01/2022 a las 9:30 horas). Los datos registrados figuran en la Tabla N° 50.

Tabla N° 50. Medición de Presiones (24horas) – 6F-1 – Urb. Las Glorietas

Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
15/01/2022	9:00	39.64	27.91
	9:30	38.37	27.01
	10:00	38.33	26.98
	10:30	39.65	27.91
	11:00	38.31	26.97
	11:30	39.55	27.84
	12:00	38.33	26.98



Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
15/01/2022	12:30	38.35	27.00
	13:00	38.31	26.97
	13:30	38.33	26.98
	14:00	38.33	26.98
	14:30	39.55	27.84
	15:00	38.34	26.99
	15:30	38.33	26.98
	16:00	38.31	26.97
	16:30	39.54	27.84
	17:00	39.68	27.93
	17:30	41.23	29.03
	18:00	42.62	30.00
	18:30	44.05	31.01
	19:00	45.42	31.98
	19:30	46.35	32.63
	20:00	49.36	34.75
	20:30	48.34	34.03
	21:00	49.57	34.90
	21:30	49.36	34.75
	22:00	52.37	36.87
22:30	55.56	39.11	
23:00	58.32	41.06	
23:30	59.47	41.87	
0:00	62.35	43.89	
16/01/2022	0:30	65.49	46.10
	1:00	66.52	46.83
	1:30	66.58	46.87
	2:00	68.34	48.11
	2:30	68.45	48.19
	3:00	66.52	46.83
	3:30	66.35	46.71
	4:00	66.48	46.80
	4:30	65.55	46.15
	5:00	62.50	44.00
	5:30	61.25	43.12
	6:00	56.75	39.95



	6:30	54.05	38.05
--	------	-------	-------

Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
16/01/2022	7:00	49.62	34.93
	7:30	45.63	32.12
	8:00	44.25	31.15
	8:30	42.55	29.96
	9:00	39.75	27.98



3.6. Procedimiento de Análisis de datos

3.6.1. Procesamiento Balance Hídrico (Metodología IWA)

3.6.1.1. Organizar los Datos Obtenidos:

a) Procesamiento

El Balance Hídrico fue elaborado, con los datos descritos en el (ítem 3.5 Procedimiento de Recolección de Datos), brindados por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia de Comercial de la EPS Ilo S.A., El resumen de los información se muestra en la Tabla N° 51, detallando el componente del Balance Hídrico, y la Fuente de Información, en el periodo de 5 años (2017 – 2018 – 2019 – 2020 – 2021)

Tabla N° 51. Resumen - Información brindada por la EPS Ilo

Componente B.H.	Fuente de Información	Año	Volumen (m3)	Caudal (l/s)
Volumen Producido	Oficina de Distribución - Gerencia de Operaciones - EPS Ilo	2017	6,712,355	213
		2018	6,912,244	219
		2019	6,722,393	213
		2020	7,705,563	244
		2021	7,458,418	237
Consumo Facturado Medido	Oficina de Catastro Comercial - Gerencia Comercial EPS Ilo	2017	3,159,416	
		2018	3,085,470	
		2019	2,985,314	
		2020	2,854,104	
		2021	3,625,020	
Consumo Facturado No Medido	Oficina de Catastro Comercial - Gerencia Comercial EPS Ilo	2017	223,999	
		2018	506,842	
		2019	603,310	
		2020	1,021,585	
		2021	686,040	
Consumo No Facturado Medido	Oficina de Distribución - Gerencia de Operaciones - EPS Ilo	2017	265,860	
		2018	269,438	
		2019	266,276	
		2020	239,576	
		2021	272,457	
Consumo No Autorizado	Oficina de Catastro Comercial - Gerencia Comercial EPS Ilo	2017	378,586	
		2018	352,458	
		2019	324,621	



	2020	125,365
	2021	-

b) Diagramas - Tablas

El desarrollo del Balance Hídrico se realizará para el periodo de 5 años, evaluados por intervalos de 1 año, el avance se muestra en las Tablas N°52, N°53, N°54, N°55, N°516, respectivamente.

Tabla N° 52. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2017

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo - 2017					
Volumen de entrada al Sistema 6,712,355 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 3,383,415 m3	Consumo Facturado Medido 3,159,416 m3	Agua Facturada 3,383,415 m3	
			Consumo facturado no medido 223,999 m3		
		Consumo autorizado no facturado 278,937 m3	Consumo no facturado medido 265,860 m3	Agua No Facturada	
		Consumo no facturado no medido			
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado 378,586 m3		
			Inexactitud en micromedición		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)				

Tabla N° 53. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2018



Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo Año : 2018					
Volumen de entrada al Sistema 6,912,244 m ³	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 3,592,312 m ³	Consumo Facturado Medido 3,085,470 m ³	Agua Facturada 3,592,312 m ³	
			Consumo facturado no medido 506,842 m ³		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado 282,515 m ³		Consumo no facturado medido 269,438 m ³	Agua No Facturada
				Consumo no facturado no medido	
		Pérdidas Comerciales		Consumo No autorizado 352,458 m ³	
			Inexactitud en micromedición		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)				

Tabla N° 54. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2019

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo Año : 2019					
Volumen de entrada al Sistema 6,722,393 m ³	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 3,588,624 m ³	Consumo Facturado Medido 2,985,314 m ³	Agua Facturada 3,588,624 m ³	
			Consumo facturado no medido 603,310 m ³		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Consumo autorizado no facturado 279,353 m ³		Consumo no facturado medido 266,276 m ³	Agua No Facturada
				Consumo no facturado no medido	
		Pérdidas Comerciales		Consumo No autorizado 324,621 m ³	
			Inexactitud en micromedición		
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)				

Tabla N° 55. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2020



Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo Año : 2020				
Volumen de entrada al Sistema 7,705,563 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 3,875,689 m3	Consumo Facturado Medido 2,854,104 m3	Agua Facturada 3,875,689 m3
			Consumo facturado no medido 1,021,585 m3	
		Consumo autorizado no facturado 252,653 m3	Consumo no facturado medido 239,576 m3	Agua No Facturada
		Consumo no facturado no medido		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado 125,365 m3	
			Inexactitud en micromedición	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)			

Tabla N° 56. Avance I - Balance Hídrico Ilo 2021

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo Año : 2021				
Volumen de entrada al Sistema 7,458,418 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 4,311,060 m3	Consumo Facturado Medido 3,625,020 m3	Agua Facturada 4,311,060 m3
			Consumo facturado no medido 686,040 m3	
		Consumo autorizado no facturado 285,534 m3	Consumo no facturado medido 272,457 m3	Agua No Facturada
		Consumo no facturado no medido		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales	Consumo No autorizado 310,189 m3	
			Inexactitud en micromedición	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)			

c) Análisis

Los demás componentes serán determinados utilizando los datos recolectados en campo.



3.6.1.2. Consumo no Facturado no medido:

Los resultados del cálculo del Consumo no facturado no medido, se muestran en la Tabla N° 57, el cual comprende el cálculo del volumen por limpieza y desinfección de Reservorios, por limpieza y desinfección en redes de distribución y volumen de agua contra incendio.

Cabe mencionar, que el volumen de agua utilizado para el riego de áreas verdes y otros usos por las Municipalidades, si son medidos y facturados por la EPS Ilo S.A. Este volumen es considerado dentro del Volumen Facturado Medido y genera ingresos económicos a la empresa, por lo que no se considera dentro de este componente.

Tabla N° 57. Resumen Consumo no Facturado no Medido

Consumo No facturado No Medido	13,076.7 m3
Limpieza de reservorio	7,775.8 m3
Limpieza en redes de distribución	2,820.7 m3
Volumen de agua contra incendio	2,480.2 m3

Los cálculos, serán detallados a continuación:

- **Limpieza y desinfección de Reservorios**

- a) **Procesamiento**

- ✓ La determinación del volumen de agua para el lavado de reservorios (m3) se realizó, multiplicando el área del reservorio por el tirante de lavado; considerando que el lavado se realiza semestralmente, se multiplica por el número de lavados realizados en un año, en este caso dos veces por año.

$$\text{Vol}_{R-1} = A * t * 2$$

$$\text{Vol}_{R-1} = 1250 \text{ m}^2 * 0.6 \text{ m} * 2$$

$$\text{Vol}_{R-1} = 1500 \text{ m}^3$$

- b) **Diagramas - Tablas:**

- ✓ El volumen de lavado se muestra en la tabla N° 58

Tabla N° 58. Cálculo - volumen para lavado de reservorios

Volumen de Lavado de Reservorio							
Características del Reservorio					Datos		
Reservorio	Tipo	Fuente	Altura (m)	Área (m2)	Capacidad (m3)	Tirante de Lavado (m)	Volumen de Lavado (m3)



R1	Apoyado	PTAP -I	2.88	1250.00	3600.00	0.6	1500.00
R2	Apoyado	PTAP -I	4.12	194.09	800.00	0.8	310.54
R3	Apoyado	PTAP -I	5.51	326.85	1800.00	0.8	522.96
R4	Apoyado	PTAP -I	6.51	430.05	2800.00	0.8	688.08
R5	Elevado	PTAP -II	5.45	165.13	900.00	0.8	264.21
R6	Apoyado	PTAP -I	11.23	1870.38	21000.00	0.8	2992.61
R7	Apoyado	PTAP -II	5.20	153.94	800.00	0.8	246.30
R8	Apoyado	PTAP -II	2.89	311.86	900.00	0.6	374.24
R9	Apoyado	PTAP -II	3.69	311.86	1150.00	0.6	374.24
R10	Apoyado	PTAP -II	4.87	314.16	1530.00	0.8	502.65
Total/Año							7,775.8 m3

c) Análisis

✓ Se observa que el Reservorio R-6 es el más grande (capacidad de 21000 m³); sin embargo, solo opera al 30% de su capacidad por su antigüedad, dicho reservorio es el que más agua requiere para su limpieza **2992.61 m³**, como se muestra en la Figura N° 60.

El volumen total de agua utilizado para limpieza de reservorios es **7,775.8 m³/año**.

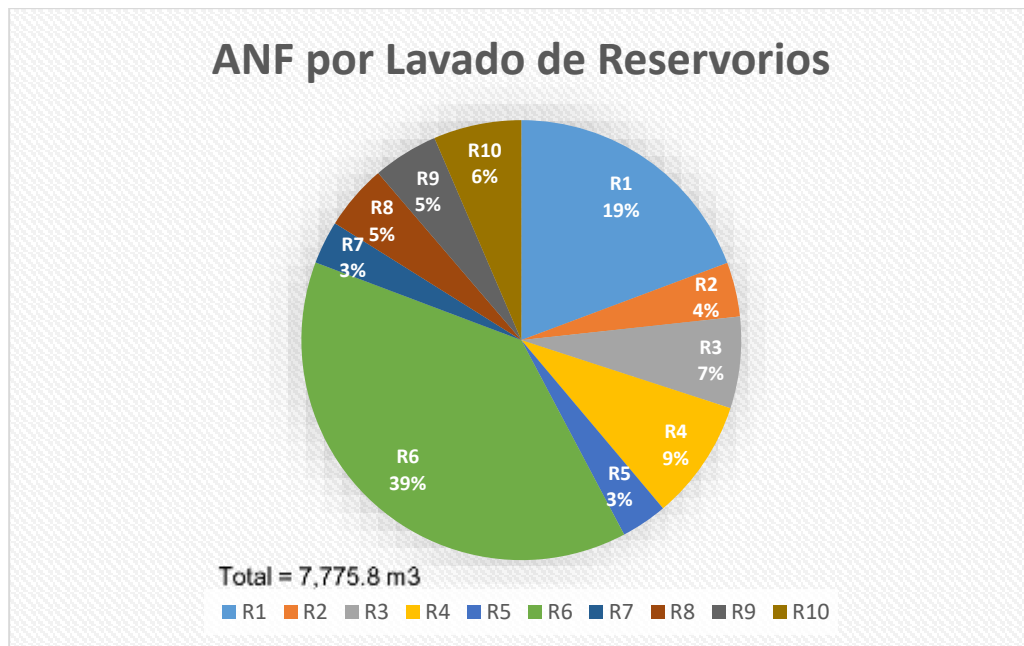


Figura N° 60. Cuadro de Volumen de Lavado de Reservorios – Ilo 2021.

Fuente: Elaboración propia

- **Purgas y lavados de redes de distribución:**

- a) **Procesamiento:**



✓ La determinación del caudal en (m³/seg) se realiza con el método de la escuadra, con la información obtenida en campo referente a 15 hidrantes (distancia X(m) – Y(m), diámetro del orificio y las presiones), aplicando la fórmula:

$$Q = \frac{\pi d^2 X}{4} \times \sqrt{\frac{g}{2Y}}$$

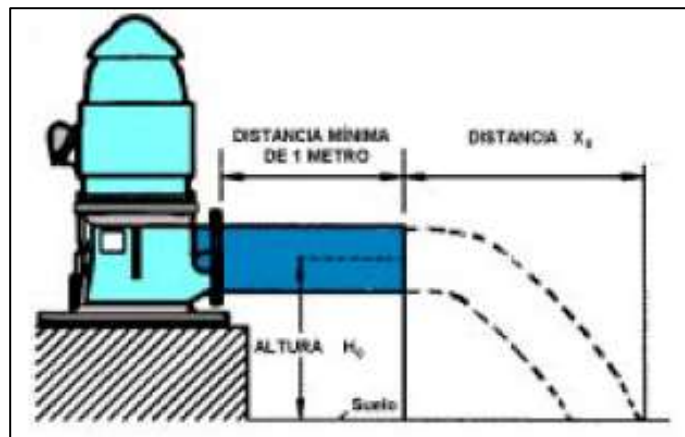


Figura N° 61. Método de la Escuadra.

Fuente: Manual de Aforos – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)

d = Diámetro del orificio (m)

X = Distancia horizontal de salida de chorro (m)

Y = Distancia vertical – altura del orificio (m)

Para el primer hidrante, el cálculo será:

$$Q = \left(\frac{(3.14159) * (0.0508 \text{ m})^2 * (4.5 \text{ m})}{4} \right) * \left(\sqrt{\frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{2 * (0.4 \text{ m})}} \right)$$

$$Q = (0.00912) * (3.502) \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0.031938 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$Q = 0.031938 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 31.94 \frac{\text{l}}{\text{seg}}$$

Los resultados figuran en la Tabla N° 59:



Tabla N° 59. Cálculo de Caudal de salida en Hidrantes

Lugar / Dirección	X (m)	Y (m)	D (m)	Presión (PSI)	Presión (mca)	Caudal (l/s)
Inter. Av. Las Torres - Pachacuteg	4.5	0.4	0.0508	66	46	31.94
Av. Miguel Grau - Parque Glorietas	4.5	0.5	0.0508	65	46	28.57
Inter. Av. México - Av. Las Torres	4.2	0.45	0.0508	62	44	28.10
Av. Miguel Grau - Luis E. Valcárcel	4.5	0.45	0.0508	60	42	26.77
Av. Malecón - Pasaje 3	3.8	0.4	0.0508	60	42	26.97
Av. Malecón - Pasaje 19	3.5	0.5	0.0508	58	41	22.22
Inter. Calle Cuajone - Miraflores	3.5	0.4	0.0508	55	39	24.84
Inter. Calle Cuajone - Arequipa	3.0	0.4	0.0508	55	39	21.29
Inter. Túpac Amaru - Colon	3.0	0.5	0.0508	52	37	19.04
Inter. Prol. Callao - Túpac Amaru	2.5	0.5	0.0508	50	35	15.87
Av. Ingeniería - Parque del Minero	2.3	0.5	0.0508	48	34	14.60
Inter. Av. Minería - Av. Fundación	2.2	0.5	0.0508	45	32	13.97
Inter. Av. del Trabajo - Los Cátodos	1.8	0.4	0.0508	43	30	12.78
Av. Panamericana - Cuadra 8	1.8	0.5	0.0508	42	30	11.43
Av. Panamericana - Cuadra 12	1.5	0.5	0.0508	42	30	9.52

- ✓ Con los datos obtenidos, se graficó en el plano cartesiano, los datos en la eje X (presión en mca) y en el eje Y (caudal l/s)
- ✓ Luego se determinó la ecuación de la recta, mediante una regresión lineal realizada en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), que describe el comportamiento del caudal (l/s) que se utiliza en la limpieza de redes de distribución, en función de la presión en (mca), mostrada en la Figura N°62

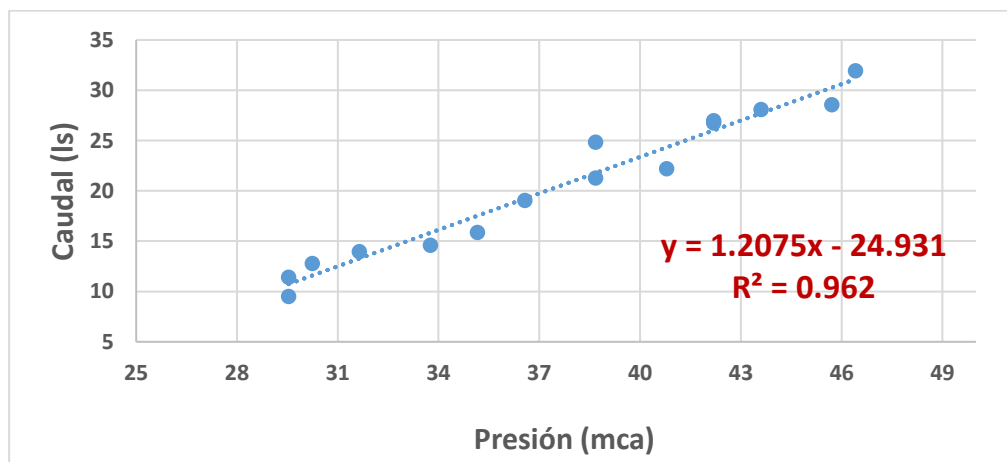


Figura N° 62. Regresión Lineal – Ecuación de la Recta (Presión-Caudal).

Fuente: Elaboración propia

$$Y = 1.2075 X - 24.931$$

Donde:



Y = Caudal - Q (l/s)

X = Presión - p (mca)

✓ De esta forma, se determinó el caudal con relación a la presión en el red de distribución de la ciudad de Ilo, el cual será afectado al plan de mantenimiento de redes, contabilizando las 62 válvulas de purga que conforma la red de distribución de agua de la ciudad de Ilo.

✓ El cálculo para la primera válvula se detalla a continuación:

$$Q = 1.207 p - 24.931$$

$$Q_{v-01} = 1.207 * (42) - 24.931$$

$$Q_{v-01} = 25.76 \left(\frac{l}{s} \right)$$

✓ Después se calculó el volumen, multiplicando el caudal (l/s) por el tiempo de purga en (seg)

$$Vol (l) = 25.76 \left(\frac{l}{s} \right) * 600 \text{ seg}$$

$$Vol = 15,476 \text{ l}$$

✓ Finalmente se transformó a (m3).

$$Vol = 15,476 \text{ l} * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right)$$

$$Vol = 15.47 \text{ m}^3$$

b) Diagramas - Tablas:

✓ El volumen en (m3) de agua utilizado para la limpieza y mantenimiento de redes, para las 62 válvulas, es mostrado la Tabla N°60.

Tabla N° 60. Cálculo de Volumen de agua para limpieza de redes

Nº	Tiempo (HRS:MIN)			Diámetro de Orificio	Área de Salida	Presión m.c.a.	Caudal	Volumen
	Hora Inicial	Hora Final	Diferencia de Tiempo (Min)					
001	14:30	14:40	10	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	15.5 m3
002	8:05	8:20	15	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	18.9 m3
003	14:56	15:14	18	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	27.8 m3
004	17:00	17:15	15	2.0 "	20.3 cm2	35	17.3 l/s	15.6 m3
005	14:30	14:40	10	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	12.6 m3
006	8:05	8:20	15	2.0 "	20.3 cm2	35	17.3 l/s	15.6 m3
007	14:56	15:12	16	2.0 "	20.3 cm2	36	18.5 l/s	17.8 m3



008	15:40	15:50	10	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	14.0 m3
009	16:10	16:25	15	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	18.9 m3
010	17:10	17:20	10	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	12.6 m3
011	17:45	18:00	15	2.0 "	20.3 cm2	36	18.5 l/s	16.7 m3
012	18:30	18:45	15	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	21.0 m3
013	8:42	9:00	18	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	22.6 m3
014	9:10	9:25	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
015	10:00	10:18	18	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	22.6 m3
016	10:45	11:05	20	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	30.9 m3
017	11:20	11:35	15	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	18.9 m3
018	13:40	14:00	20	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	30.9 m3
019	8:05	8:23	18	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	31.8 m3
020	14:56	15:10	14	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	19.6 m3
021	8:47	9:00	13	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	20.1 m3
022	10:03	10:20	17	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	21.4 m3
023	11:13	11:28	15	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	18.9 m3
024	14:07	14:20	13	2.0 "	20.3 cm2	35	17.3 l/s	13.5 m3
025	14:30	14:45	15	2.0 "	20.3 cm2	39	22.2 l/s	19.9 m3
026	8:15	8:25	10	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	14.0 m3

Nº	Tiempo (HRS:MIN)			Diámetro de Orificio	Área de Salida	Presión m.c.a.	Caudal	Volumen
	Hora Inicial	Hora Final	Diferencia de Tiempo (Min)					
027	8:40	9:00	20	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	35.3 m3
028	9:45	10:05	20	2.0 "	20.3 cm2	50	35.4 l/s	42.5 m3
029	11:40	11:53	13	2.0 "	20.3 cm2	39	22.2 l/s	17.3 m3
030	12:15	12:30	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
031	11:20	11:35	15	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	26.5 m3
032	10:56	11:10	14	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	17.6 m3
033	8:15	8:28	13	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	22.9 m3
034	8:49	9:08	19	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	26.6 m3
035	10:05	10:16	11	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	13.8 m3
036	9:15	9:28	13	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	18.2 m3
037	10:00	10:15	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
038	15:10	15:27	17	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	30.0 m3
039	15:35	15:48	13	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	22.9 m3
040	10:50	11:05	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
041	10:20	10:40	20	2.0 "	20.3 cm2	39	22.2 l/s	26.6 m3
042	8:00	8:14	14	2.0 "	20.3 cm2	48	33.0 l/s	27.7 m3
043	8:45	9:00	15	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	26.5 m3
044	9:10	9:25	15	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	18.9 m3



045	9:30	9:47	17	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	21.4 m3
046	10:15	10:27	12	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	18.6 m3
047	10:48	11:05	17	2.0 "	20.3 cm2	48	33.0 l/s	33.7 m3
048	11:20	11:37	17	2.0 "	20.3 cm2	50	35.4 l/s	36.2 m3
049	8:45	9:00	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
050	9:10	9:20	10	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	17.6 m3
051	10:00	10:18	18	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	31.8 m3
052	10:45	11:04	19	2.0 "	20.3 cm2	39	22.2 l/s	25.3 m3
053	11:20	11:35	15	2.0 "	20.3 cm2	50	35.4 l/s	31.9 m3
054	13:40	14:00	20	2.0 "	20.3 cm2	40	23.4 l/s	28.0 m3
055	8:05	8:23	18	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	31.8 m3
056	14:56	15:10	14	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	21.7 m3
057	8:47	9:00	13	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	16.3 m3
058	10:03	10:15	12	2.0 "	20.3 cm2	45	29.4 l/s	21.2 m3
059	11:13	11:28	15	2.0 "	20.3 cm2	42	25.8 l/s	23.2 m3
060	14:07	14:20	13	2.0 "	20.3 cm2	48	33.0 l/s	25.8 m3
061	14:30	14:40	10	2.0 "	20.3 cm2	38	21.0 l/s	12.6 m3
062	10:10	10:25	15	2.0 "	20.3 cm2	50	35.4 l/s	31.9 m3
Total								1,410.3 m3
Total/Año								2,820.7 m3

c) Análisis

✓ El volumen total de agua utilizado para limpieza de redes de distribución – purgas en redes es **2,820.70 m3/año**.

- **Volumen Contra Incendios:**

a) Procesamiento:

✓ El cálculo del volumen de agua contra incendios en (m3) se determinó, multiplicando el volumen de capacidad de cada cisterna, por el número de cisternas por compañía de bomberos, por la frecuencia de llenado de cisternas.

✓ Adicionalmente se consideró un 30% por el agua extraída de los hidrantes contra incendios, dicho cálculo para cada una de 03 Compañías de Bomberos que operan en la ciudad de Ilo, para la Compañía de Bomberos B-136 se realizó los siguientes cálculos:

$$\text{Vol (m3)} = (\text{Vol} - \text{cisterna}) * (N^{\circ} \text{ Cisternas}) * (N^{\circ} \text{ Llenados al mes}) + 30\%$$

$$\text{Vol (m3)} = (5.68 \text{ m3}) * (02 \text{ und}) * (04 \text{ veces}) + 30\%$$

$$\text{Vol (m3)} = 59.05 \text{ m3} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Vol (m3)} = \mathbf{708.63 \text{ m3} / \text{año}}$$



b) Diagramas - Tablas:

- ✓ Los resultados del cálculo por volumen contra incendio, se muestran en las Tablas N°61, N°62, N°63, para las 03 compañías, respectivamente.
- ✓ El volumen total se muestra en la Tabla N° 64

Tabla N° 61. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-136

Compañía de Bomberos B-136					
Meses	Vol. de Unidades (gal)	Vol. de Unidades (m3)	Nº UND	Nº Llenado/mes	Total (M3) + 30%
ENERO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
FEBRERO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
MARZO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
ABRIL	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
MAYO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
JUNIO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
JULIO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
AGOSTO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
SEPTIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
OCTUBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
NOVIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
DICIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
TOTAL					708.63

Tabla N° 62. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-180



Compañía de Bomberos B-180					
Meses	Vol. de Unidades (gal)	Vol. de Unidades (m3)	Nº UND	Nº Llenado/mes	Total (M3) + 30%
ENERO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
FEBRERO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
MARZO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
ABRIL	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
MAYO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
JUNIO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
JULIO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
AGOSTO	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
SEPTIEMBRE	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
OCTUBRE	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
NOVIEMBRE	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
DICIEMBRE	1500.00	5.68	3.00	4.00	88.58
TOTAL					1062.94

Tabla N° 63. Cálculo Volumen Contra Incendios – B-76

Compañía de Bomberos B-76					
Meses	Vol. de Unidades (gal)	Vol. de Unidades (m3)	Nº UND	Nº Llenado/mes	Total (M3) + 30%
ENERO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
FEBRERO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
MARZO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
ABRIL	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
MAYO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
JUNIO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
JULIO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
AGOSTO	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
SEPTIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
OCTUBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
NOVIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
DICIEMBRE	1500.00	5.68	2.00	4.00	59.05
TOTAL					708.63

Tabla N° 64. Volumen Total Contra Incendios

Volumen Contra Incendio



Compañía de Bombero	Vol. (m3) / año
B-136	708.63
B-180	1062.94
B-76	708.63
Total	2480.20 m3

c) Análisis

✓ El volumen total de agua utilizado para uso contra incendio es **2480.20 m3/año**.

3.6.1.3. Consumo No Autorizado:

a) Procesamiento:

✓ Primero, se identificó la muestra representativa, del total de conexiones clandestinas, esta estimación estadística es elaborada por la Oficina de Catastro Comercial anualmente, en donde se identifica los porcentajes de incidencia promedio en base a una muestra de 05 zonas por cada sistema, para conexiones clandestinas y reconexiones indebidas como muestran las Tablas N° 65 y N° 66, respectivamente:

Tabla N° 65. % de Conexiones Clandestinas por sistema

Conexiones Clandestinas Reales	
Sistema	% incidencia en conexiones
Cata Catas	5.46%
Pampa Inalámbrica	5.69%

Tabla N° 66. % de Reconexiones Indebidas por sistema

Reconexiones Indebidas	
Sistema	% incidencia en conexiones
Cata Catas	9.22%
Pampa Inalámbrica	18.72%

✓ El porcentaje de incidencia para conexiones clandestinas se establecerá, afectado un factor de corrección según el número total de conexiones domiciliarias (29,945 conexiones domiciliarias), en donde existen 20,662 conexiones domiciliarias del Sistema Cata Catas y 9,283 conexiones domiciliarias del Sistema Pampa Inalámbrica.



$$\% \text{ Conex. Clandestinas} = (5.46\% * 0.7) + (5.69\% * 0.3)$$

$$\% \text{ Conex. Clandestinas} = 5.53 \%$$

$$\% \text{ Reconexiones Indebidas} = (9.22\% * 0.7) + (18.72\% * 0.3)$$

$$\% \text{ Reconexiones Indebidas} = 12.07\%$$

✓ El volumen de pérdida por conexiones clandestinas se calcula, mediante el producto del porcentaje de incidencia por el número total de conexiones domiciliarias; y afectado por el consumo promedio mensual.

$$\text{Vol}_{\text{Clandestinos}} = 0.0553 * 29945 \text{ (conex domiciliarias)} * 13.609 \text{ m3/mes}$$

$$\text{Vol}_{\text{Clandestinos}} = 22535.9 \text{ (m3/mes)}$$

$$\text{Vol}_{\text{Clandestinos}} = 22535.9 \text{ (m3/mes)} * (12 \text{ mes})$$

$$\text{Vol}_{\text{Clandestinos}} = 270,431.3 \text{ m3/año}$$

✓ El volumen de pérdida por reconexiones indebidas se calcula, mediante el producto del porcentaje de incidencia por el número total de conexiones inactivas; y afectado por el consumo promedio mensual

$$\text{Vol}_{\text{reconex indebidas}} = 0.1207 * 2017 \text{ (conex inactivas)} * 13.609 \text{ m3/mes}$$

$$\text{Vol}_{\text{reconex indebidas}} = 3313.137 \text{ m3/mes}$$

$$\text{Vol}_{\text{reconex indebidas}} = 3313.137 \text{ (m3/mes)} * (12 \text{ mes})$$

$$\text{Vol}_{\text{reconex indebidas}} = 39757.6 \text{ m3/año}$$

b) Diagramas - Tablas:

✓ Finalmente, la suma de ambos volúmenes determina el volumen de consumo no autorizado en (m3), como muestra la Tabla N° 67.

Tabla N° 67. Cálculo de Volumen por Consumo no Autorizado

Año 2021	
VARIABLES	Cálculo
% Clandestinos	5.53%
% Reconexiones Indebidas	12.07%
Nº Conexiones Totales	29,945
Nº Conexiones Inactivas	2,017
Consumo promedio Mensual (m3/mes)	13.609
Conexiones Clandestinos	270,431 m3
Reconexiones Indebidas	39,758 m3
Vol. Consumo No Autorizado	310,189 m3



c) Análisis

✓ El volumen total de agua de perdida por consumo no autorizado es de **310,189 m3** para el año 2021.

3.6.1.4. Inexactitud en la Micromedición:

a) Procesamiento:

✓ Debido a que no se cuenta con banco de medidores en la EPS Ilo S.A., se utilizó la información del Estudio Estadístico elaborado por la GIZ – PROAGUA II, en el desarrollo del Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS.

Dicho estudio determina el porcentaje de sub-registro y sobre-registro, como muestra la Tabla N° 68, utilizando información comercial real de las EPS Seda Cusco, Seda Ayacucho, Sedam Huancayo, EPS Chavín, Seda Huánuco, SEDALIB. La información esta segmentado, según 03 marcas de medidores y 05 modelos, y la antigüedad segmentada 05 grupos. (Cooperación Técnica Alemana – GIZ – PROAGUA II, 2015).

Tabla N° 68. Inexactitud en Micro medición

Antigüedad del medidor (años)	Total de medidores	N° de medidores muestreados	% de medidores que subregistran	% medidores que sobregistran	Error promedio
<= 3	953	31	9,68%	0,00%	- 3,26%
>3 ; <=5	4.343	141	28,13%	1,56%	- 5,15%
>5 ; <=8	389	15	33,91%	1,72%	- 7,51%
>8 ; <=10	2.139	67	53,03%	1,52%	- 22,30%
>10	3.245	91	70,00%	0,00%	- 49,50%
Subregistro promedio del parque medidor					- 10,27 %

Fuente: Módulo 05 de la Serie de Gestión Comercial de las EPS – GIZ PROAGUA II



✓ Se cuenta con el padrón de usuarios entregado por la Oficina de Catastro Comercial, con dicha información, se procede a filtrar y clasificar a los usuarios, según fecha (año) de instalación de medidor. Se determina el volumen facturado por cada usuario según la clasificación previa, obteniendo los datos mostrados en la Tabla N° 69.

Tabla N° 69. Conexiones según antigüedad de medidores

Vol. facturado / Año Instalación			
Año de Instalación	Conexiones Activas	% de Conexiones	Vol. Facturado medido (m3)
2021	2739	9.8%	355,519 m3
2020	9264	33.2%	1,202,456 m3
2019	10746	38.5%	1,394,818 m3
2018	597	2.1%	77,490 m3
2017	284	1.0%	36,863 m3
2016	318	1.1%	41,276 m3
2015	162	0.6%	21,027 m3
2014	750	2.7%	97,349 m3
2013	1130	4.0%	146,673 m3
2012	1263	4.5%	163,936 m3
< 2011	675	2.4%	87,614 m3
Total	27928	100.0%	3,625,020 m3

✓ El cálculo del volumen de pérdida por inexactitud en la micromedición, se determina al multiplicar el porcentaje (%) de error por sub-registro (según la antigüedad del medidor) del Estudio Estadístico, por el volumen facturado medido, segmentado por antigüedad de medidor, como se muestra en la Tabla N° 70.

Tabla N° 70. Cálculo - Pérdidas por Inexactitud en Micromedición

Vol. facturado / Año Instalación					
Antigüedad del Medidor	Año de Instalación	Conexiones Activas	Vol. Facturado medido (m3)	% Error Sub registro	ANF Sub registro (m3)
< = 3	2021	2,739	355,519 m3	9.7%	34,414
	2020	9,264	1,202,456 m3	9.7%	116,398
	2019	10,746	1,394,818 m3	9.7%	135,018
> 3 ; < = 5	2018	597	77,490 m3	28.1%	21,798
	2017	284	36,863 m3	28.1%	10,370
> 5 ; < = 8	2016	318	41,276 m3	33.9%	13,997



	2015	162	21,027 m3	33.9%	7,130
	2014	750	97,349 m3	33.9%	33,011
> 8 ; <= 10	2013	1,130	146,673 m3	53.0%	77,780
	2012	1,263	163,936 m3	53.0%	86,935
> = 10	< 2011	675	87,614 m3	70.0%	61,330
Total		27,928	3,625,020 m3		598,181 m3

b) Diagramas - Tablas:

La Tabla N° 71 muestra los resultados del cálculo del volumen de pérdida por inexactitud en la micromedición

La Figura N° 63 muestra la distribución de los medidores según la antigüedad en el sistema de abastecimiento de la ciudad de Ilo.

Tabla N° 71. Volumen de Pérdidas por Inexactitud en Micromedición

Antigüedad del Medidor	ANF Sub registro (m3)
< = 3	285,830
> 3 ; <= 5	32,167
> 5 ; <= 8	54,138
> 8 ; <= 10	164,716
> = 10	61,330
Total	598,181 m3

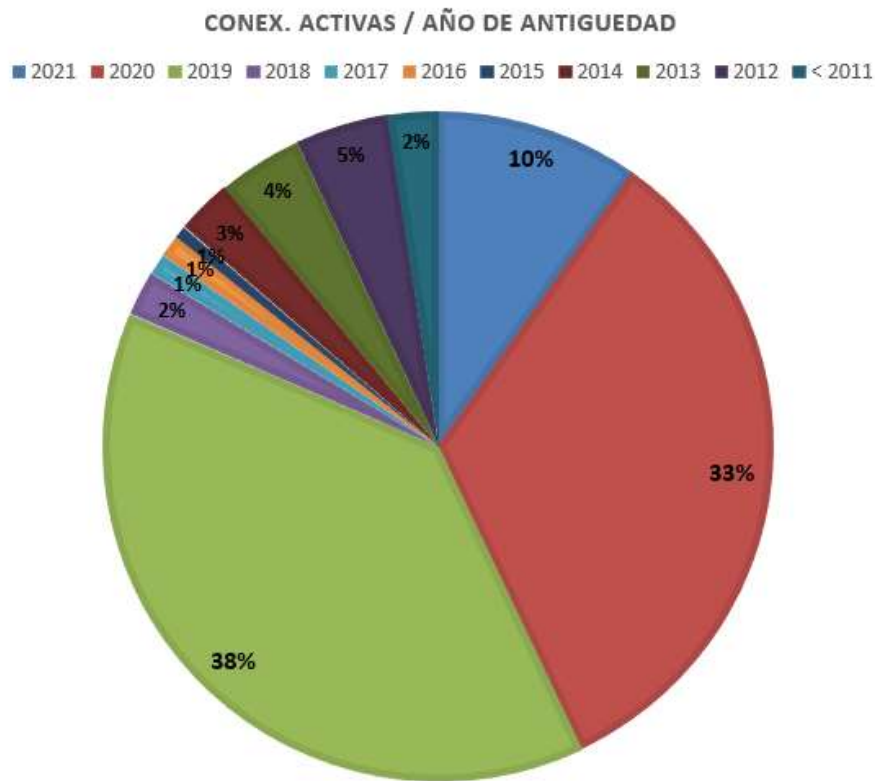


Figura N° 63. Cuadro de distribución de medidores por antigüedad
Fuente: Elaboración propia

c) Análisis

- ✓ Se observa, que el 81% del total de medidores activos tienen un año de antigüedad menor a 03 años, lo cual evidencia una pérdida baja por sub-registro.
- ✓ El volumen total de agua en (m³) de pérdida por inexactitud en la micromedición es **598,181 m³** para el año 2021

3.6.1.5. Cálculo Balance Hídrico:

El cálculo del balance Hídrico se realizó en base a la Tabla N° 72, en donde se encuentra resaltado los componentes que ya fueron determinados y explicados en ítems anteriores, el cálculo de los componentes por determinar:



Tabla N° 72. Método de cálculo – Balance Hídrico

Balance Hídrico - Metodología IWA				
Volumen de entrada al Sistema (1)	Consumo Autorizado (5) = (2' + 4')	Consumo Autorizado facturado (2')	Consumo Facturado Medido (2)	Agua Facturada (2')
			Consumo facturado no medido (2)	
		Consumo autorizado no facturado (4')	Consumo no facturado medido (4)	Agua No Facturada (3) = (1) - (2)
			Consumo no facturado no medido (4)	
	Pérdidas (6) = (1) - (5)	Pérdidas Comerciales (7')	Consumo No autorizado (7) Inexactitud en micromedición (7)	
	Pérdidas Físicas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) (8) = (6) - (7')			

a) **Procesamiento:**

✓ Con los datos obtenidos, se completa las Tablas N° 73 de Balance Hídrico para el año 2021:

Tabla N° 73. Cálculo - Balance Hídrico Ilo 2021

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo Año : 2021				
Volumen de entrada al Sistema 7,458,418 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada)	Consumo Autorizado facturado 4,311,060 m3	Consumo Facturado Medido 3,625,020 m3	Agua Facturada 4,311,060 m3
			Consumo facturado no medido 686,040 m3	
		Consumo autorizado no facturado 285,534 m3	Consumo no facturado medido 272,457 m3	Agua No Facturada
			Consumo no facturado no medido 13,077 m3	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada)	Pérdidas Comerciales 908,370 m3	Consumo No autorizado 310,189 m3 Inexactitud en micromedición 598,181 m3	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas)			



✓ Los valores de Agua Facturada y Consumo Autorizado (Total), se suma directamente de sus componentes como muestra la Tabla N° 74:

Tabla N° 74. Cálculo - Balance Hídrico Ilo 2021

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo				
Año : 2021				
Volumen de entrada al Sistema 7,458,418 m ³ (1)	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 4,596,594 m ³ (5)	Consumo Autorizado facturado 4,311,060 m ³	Consumo Facturado Medido 3,625,020 m ³	Agua Facturada 4,311,060 m ³ (2 ')
			Consumo facturado no medido 686,040 m ³	
		Consumo autorizado no facturado 285,534 m ³	Consumo no facturado medido 272,457 m ³	Agua No Facturada (3) = (1) - (2 ')
		Pérdidas Comerciales 908,370 m ³ (7 ')	Consumo No autorizado 310,189 m ³ Inexactitud en micromedición 598,181 m ³	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) (6) = (1) - (5)	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) (8) = (6) - (7 ')		

✓ Las Pérdidas de agua en (m3), es la diferencia del Volumen de entrada al sistema y el Consumo autorizado, el cálculo para el año 2021 se detalla a continuación:

$$Vol_{pérdidas\ de\ agua} = Vol_{entrada\ al\ sistema\ (m3)} - Vol_{consumo\ autorizado\ (m3)}$$

$$Vol_{pérdidas\ de\ agua} = 7,458,418\ m3 - 4,596,594\ m3$$

$$Vol_{pérdidas\ de\ agua} = 2,861,824\ m3$$

✓ El agua no facturada en (m3) es la diferencia del Volumen de entrada al sistema y el Agua facturada.

$$Vol_{agua\ no\ facturada} = Vol_{entrada\ al\ sistema\ (m3)} - Vol_{agua\ facturada\ (m3)}$$

$$Vol_{agua\ no\ facturada} = 7,458,418\ m3 - 4,311,060\ m3$$

$$Vol_{agua\ no\ facturada} = 3,147,358\ m3$$



✓ Y el volumen de Pérdidas Físicas es la diferencia de las Pérdidas de Agua y las pérdidas comerciales.

$$Vol_{pérdidas\ físicas} = Vol_{pérdidas\ de\ agua\ (m3)} - Vol_{pérdidas\ comerciales\ (m3)}$$

$$Vol_{pérdidas\ físicas} = 2,861,824\ m3 - 908,370\ m3$$

$$Vol_{pérdidas\ físicas} = 1,953,454\ m3$$

b) Diagramas - Tablas:

✓ El Balance Hídrico de los años (2021 – 2020 -2019 -2018 y 2017) se muestran en las Tablas N°75, N°76, N°77, N°78, N°79, respectivamente.

Tabla N° 75. Balance Hídrico Ilo 2021

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo					
Año : 2021					
Volumen de entrada al Sistema 7,458,418 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 4,596,594 m3	Consumo Autorizado facturado 4,311,060 m3	Consumo Facturado Medido 3,625,020 m3	Agua Facturada 4,311,060 m3	
			Consumo facturado no medido 686,040 m3		
		Consumo autorizado no facturado 285,534 m3	Consumo no facturado medido 272,457 m3	Consumo no facturado no medido 13,077 m3	Agua No Facturada 3,147,358 m3
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 2,861,824 m3	Pérdidas Comerciales 908,370 m3	Consumo No autorizado 310,189 m3		
			Inexactitud en micromedición 598,181 m3		
		Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 1,953,454 m3			



Tabla N° 76. Balance Hídrico Ilo 2020

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo				
Año : 2020				
Volumen de entrada al Sistema 7,705,563 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 4,128,342 m3	Consumo Autorizado facturado 3,875,689 m3	Consumo Facturado Medido 2,854,104 m3	Agua Facturada 3,875,689 m3
			Consumo facturado no medido 1,021,585 m3	
		Consumo autorizado no facturado 252,653 m3	Consumo no facturado medido 239,576 m3	Agua No Facturada 3,829,874 m3
		Consumo no facturado no medido 13,077 m3		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,577,221 m3	Pérdidas Comerciales 723,546 m3	Consumo No autorizado 125,365 m3	
			Inexactitud en micromedición 598,181 m3	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,853,675 m3			

Tabla N° 77. Balance Hídrico Ilo 2019

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo				
Año : 2019				
Volumen de entrada al Sistema 6,722,393 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,867,977 m3	Consumo Autorizado facturado 3,588,624 m3	Consumo Facturado Medido 2,985,314 m3	Agua Facturada 3,588,624 m3
			Consumo facturado no medido 603,310 m3	
		Consumo autorizado no facturado 279,353 m3	Consumo no facturado medido 266,276 m3	Agua No Facturada 3,133,769 m3
		Consumo no facturado no medido 13,077 m3		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 2,854,416 m3	Pérdidas Comerciales 922,802 m3	Consumo No autorizado 324,621 m3	
			Inexactitud en micromedición 598,181 m3	
	Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 1,931,614 m3			



Tabla N° 78. Balance Hídrico Ilo 2018

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo				
Año : 2018				
Volumen de entrada al Sistema 6,912,244 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,874,827 m3	Consumo Autorizado facturado 3,592,312 m3	Consumo Facturado Medido 3,085,470 m3	Agua Facturada 3,592,312 m3
			Consumo facturado no medido 506,842 m3	
		Consumo autorizado no facturado 282,515 m3	Consumo no facturado medido 269,438 m3	Agua No Facturada 3,319,932 m3
		Consumo no facturado no medido 13,077 m3		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,037,417 m3	Pérdidas Comerciales 950,639 m3	Consumo No autorizado 352,458 m3	
			Inexactitud en micromedición 598,181 m3	
Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,086,778 m3				

Tabla N° 79. Balance Hídrico Ilo 2017

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo - 2017				
Volumen de entrada al Sistema 6,712,355 m3	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,662,352 m3	Consumo Autorizado facturado 3,383,415 m3	Consumo Facturado Medido 3,159,416 m3	Agua Facturada 3,383,415 m3
			Consumo facturado no medido 223,999 m3	
		Consumo autorizado no facturado 278,937 m3	Consumo no facturado medido 265,860 m3	Agua No Facturada 3,328,940 m3
		Consumo no facturado no medido 13,077 m3		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,050,003 m3	Pérdidas Comerciales 976,767 m3	Consumo No autorizado 378,586 m3	
			Inexactitud en micromedición 598,181 m3	
Pérdidas Operacionales (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,073,236 m3				



c) Análisis

✓ En la Tabla N° 80, se observa el porcentaje de incidencia de los componentes del ANF, por año.

Tabla N° 80. Componentes de ANF por año

Agua No facturada - Balance Hídrico								
Año	Autorizado No facturado		Pérdidas comerciales		Pérdidas operacionales		Total (m3)	
	Vol. (m3)	%	Vol. (m3)	%	Vol. (m3)	%	Vol. (m3)	%
2017	278,937	8.4%	976,767	29.3%	2,073,236	62.3%	3,328,940	100.0%
2018	282,515	8.5%	950,639	28.6%	2,086,778	62.9%	3,319,932	100.0%
2019	279,353	8.9%	922,802	29.4%	1,931,614	61.6%	3,133,769	100.0%
2020	252,653	6.6%	723,546	18.9%	2,853,675	74.5%	3,829,874	100.0%
2021	285,534	9.1%	908,370	28.9%	1,953,454	62.1%	3,147,358	100.0%

✓ En la Tabla N° 81 se observa la comparación entre el ANF reportado por la EPS Ilo a SUNASS, (Reporte de los indicadores de gestión de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento, Anexo 3) y el ANF calculado mediante en Balance Hídrico IWA, dando un error promedio de 0.63% y un máximo de 1.35% el año 2021.

✓ El gráfico de la Figura N° 64 muestra la comparativa de los valores de ANF SUNASS y el valor de ANF determinado por el Balance Hídrico.

Tabla N° 81. Comparación ANF SUNASS – ANF IWA

Comparación Valores de ANF			
Año	ANF SUNASS	ANF - IWA	Error
2017	49.52%	49.59%	0.07%
2018	48.46%	48.03%	0.43%
2019	46.86%	46.62%	0.24%
2020	48.65%	49.70%	1.05%
2021	40.85%	42.20%	1.35%
Promedio			0.63%

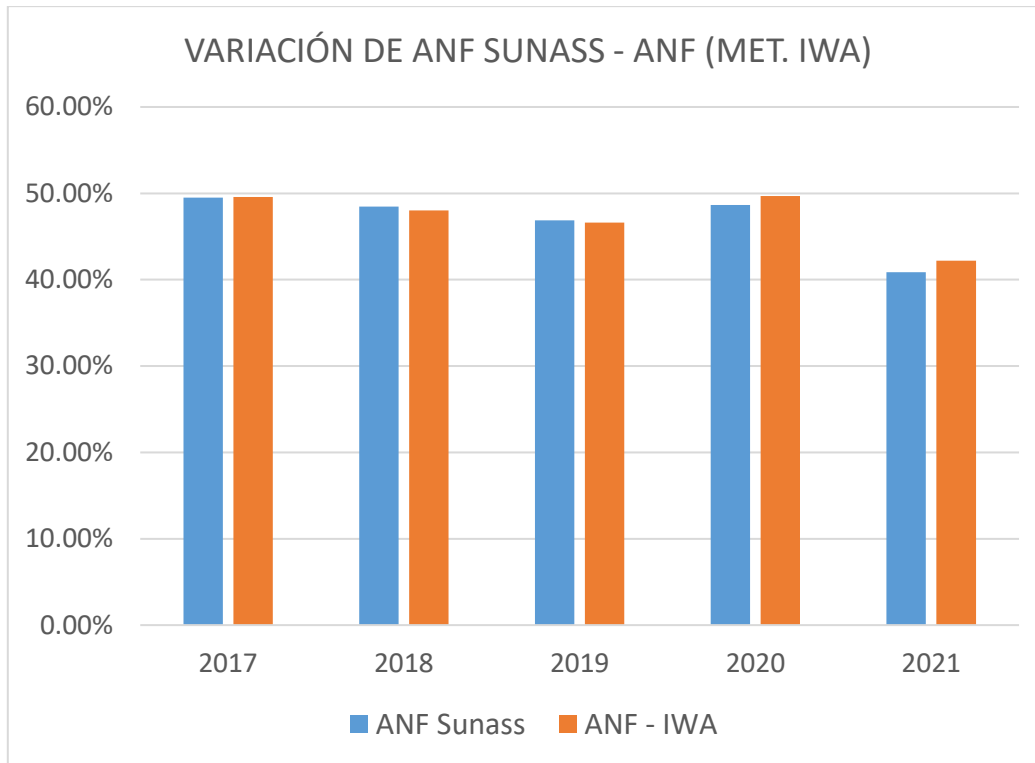


Figura N° 64. Comparación Anual ANF SUNASS – ANF IWA

Fuente: Elaboración propia

- ✓ En la Tabla N° 82 se observa el Balance Hídrico, por año, según sus componentes.
- ✓ En el Figura N° 65 se muestra la distribución del Balance Hídrico para el año 2021

Tabla N° 82. Resumen del Balance Hídrico por año

Balance Hídrico - Metodología IWA										
Componente - IWA	2017		2018		2019		2020		2021	
	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%
Consumo Autorizado facturado	3,383,415	50.4%	3,592,312	52.0%	3,588,624	53.4%	3,875,689	50.3%	4,311,060	57.8%
Consumo autorizado no facturado	278,937	4.2%	282,515	4.1%	279,353	4.2%	252,653	3.3%	285,534	3.8%
Pérdidas Comerciales	976,767	14.6%	950,639	13.8%	922,802	13.7%	723,546	9.4%	908,370	12.2%
Pérdidas Físicas	2,073,236	30.9%	2,086,778	30.2%	1,931,614	28.7%	2,853,675	37.0%	1,953,454	26.2%
Total	6,712,355	100.0%	6,912,244	100.0%	6,722,393	100.0%	7,705,563	100.0%	7,458,418	100.0%
Total Facturado	3,383,415	50.4%	3,592,312	52.0%	3,588,624	53.4%	3,875,689	50.3%	4,311,060	57.8%
Total ANF	3,328,940	49.6%	3,319,932	48.0%	3,133,769	46.6%	3,829,874	49.7%	3,147,358	42.2%

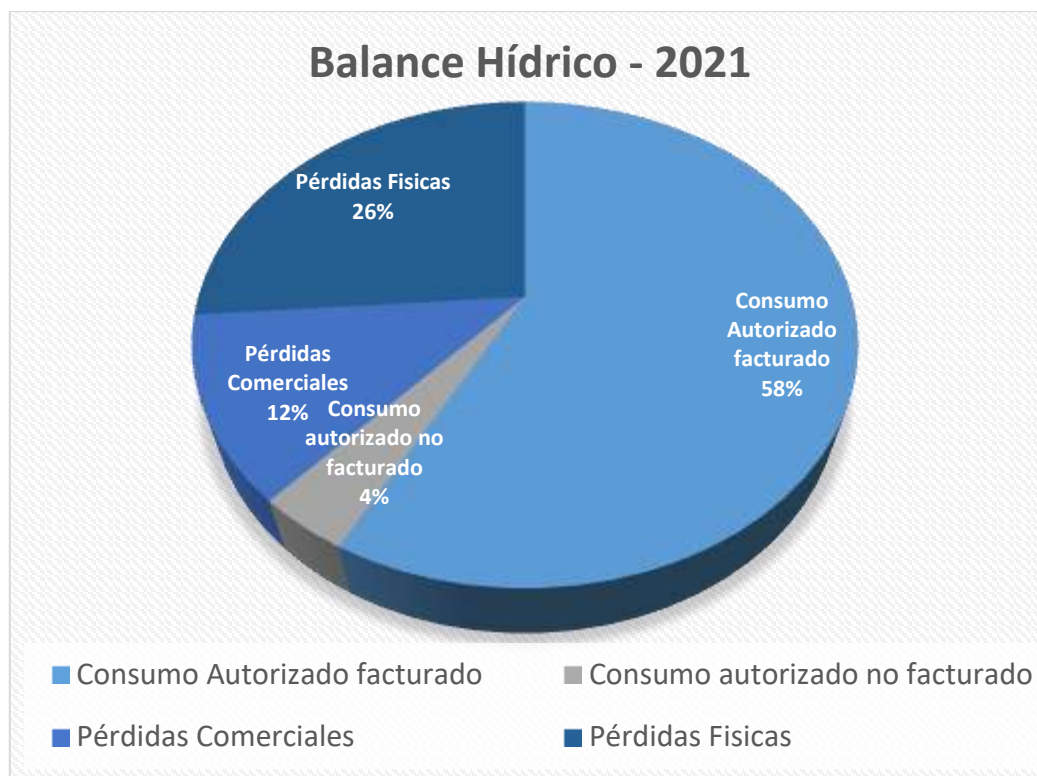


Figura N° 65. Distribución de Componentes Balance Hídrico 2021

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.6. Determinación de la Dotación de la EPS Ilo. S.A. para el año 2021.

Una vez que se cuentan con los resultados del Balance Hídrico (IWA), se pueden realizar el análisis de otros indicadores de servicio, como la dotación, que es el volumen de agua promedio que consume cada habitante y que comprende todos los tipos de consumo en un día promedio anual, realizado para el año 2021.



a) Procesamiento

- ✓ Primero se calculó el Consumo Promedio Mensual (m³/mes), el cual es el resultado del cociente del Volumen Total Facturado Mensual, entre el número total de conexiones activas mensual, obteniendo el Caudal de Consumo Mensual por cada conexión domiciliaria en (m³/mes),
- ✓ Del promedio se obtiene, el Consumo Promedio Mensual (m³/mes), el cálculo para el año 2021 se muestra en la Tabla N° 83

Tabla N° 83. Determinación Consumo Promedio Mensual

Consumo Promedio Mensual por Conexión Domiciliaria				
Año	Mes	Volumen Total Facturado (m ³)	Nº Conexiones Activas	Caudal de consumo mensual (m ³ /mes)
2021	ENERO	366,961	26,014	14.11
	FEBRERO	338,844	26,052	13.01
	MARZO	372,356	26,277	14.17
	ABRIL	383,526	26,317	14.57
	MAYO	373,856	26,383	14.17
	JUNIO	366,685	26,144	14.03
	JULIO	340,521	26,221	12.99
	AGOSTO	352,230	26,142	13.47
	SETIEMBRE	336,452	26,377	12.76
	OCTUBRE	347,632	26,419	13.16
	NOVIEMBRE	352,365	26,527	13.28
	DICIEMBRE	379,632	27,928	13.59
Consumo Promedio Mensual				13.61

- ✓ Una vez que se determina el Consumo Promedio Mensual (m³/mes), se debe realizar la conversión de unidades a (litros/día), para conocer la dotación de (litros/conex/día)

$$\text{Consumo Prom Mensual} = 13.61 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \right) * \left(\frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right) * \left(\frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \right)$$

$$\text{Consumo Prom Mensual} = 453.62 \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right)$$

- ✓ Seguidamente, se determina el número de habitantes por conexión domiciliaria administradas por la EPS Ilo S.A. Considerando el número de habitantes en la ciudad de Ilo, que según la estimación del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la ciudad de Ilo cuenta con una población de 83,452 habitante para diciembre del año 2021.



✓ Asimismo, considerando el porcentaje de cobertura de servicio de agua potable brindado por la empresa., que según la Memoria Anual de la EPS Ilo S.A. llegó a una cobertura del 93.88 % para el año 2021, se determina el número de habitantes por cada conexión domiciliaria, realizando el siguiente cálculo:

$$N^{\circ} \frac{\text{habitantes}}{\text{Conexión}} = (\text{Total de habitantes} / N^{\circ} \text{ Conexiones Activas}) * \% \text{ Cobertura}$$

$$N^{\circ} \frac{\text{habitantes}}{\text{Conexión}} = (83,452 / 27,928) * 93.88\%$$

$$N^{\circ} \frac{\text{habitantes}}{\text{Conexión}} = 2.80$$

✓ Finalmente se divide el valor del Consumo Promedio Mensual por conexión domiciliaria (l/día) entre el número de habitantes por conexión domiciliaria para obtener la dotación en (l/hab/día).

$$\text{Dotación} \left(\frac{\text{l}}{\text{hab}} \right) = 453.62 \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right) / 2.80 \text{ hab}$$

$$\text{Dotación} \left(\frac{\text{l}}{\text{hab}} \right) = 161.70$$

b) Análisis

✓ Del cálculo, se obtiene que la dotación asignada en promedio a cada habitante que cuenta con el servicio de agua potable, es de 161.70 litros/hab/día para el año 2021.

✓ Dado que, la Norma OS.100 - Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria, del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E. 2016), recomienda considerar para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/día, en clima frío y de 220 l/hab/día en clima templado y cálido. El valor obtenido para la ciudad de Ilo (clima cálido) está por debajo de lo recomendado en la norma, por 58.3 l/hab/día.

✓ Sin embargo, se debe tomar en cuenta que, la norma recomienda esa dotación para diseño, y el Sistema de Distribución de la EPS Ilo, S.A. cuenta con una antigüedad de 15 años, en donde el crecimiento poblacional toma una relevancia importante, lo que explica una dotación menor a la considerada para diseño.



3.6.1.7. Indicadores IWA – Pérdidas Físicas Anuales Inevitables (PFAI):

La metodología del Balance Hídrico formulado por el IWA ha desarrollado indicadores con el objetivo de tener un mejor enfoque en el cálculo del Balance Hídrico. Uno de los indicadores principales es el Unavoidable Annual Real Losses (UARL) o Pérdidas Físicas Anuales Inevitables (PFAI).

a) Procesamiento

✓ El indicador de Pérdidas Físicas Anuales Inevitables (PFAI), explica que las pérdidas operativas siempre estarán presentes en un sistema de abastecimiento, incluso si se tiene una gestión excelente, este indicador está en función de la longitud total de la red, el número total de conexiones domiciliarias, la longitud de redes entre abrazaderas y conexiones domiciliarias y la presión media del sistema, se calcula con la siguiente ecuación:

$$PFAI \left(\frac{l}{día} \right) = ((18 * Lm) + (0.80 * Nc) + (25 * Lp)) * P$$

Donde:

Lm = Longitud de la redes primarias y secundarias (Km)

Nc = Numero de arranques (para conexiones domiciliarias)

Lp = Longitud entre arranque y conexión domiciliaria (Km)

P = Presión medial del sistema (mca)

El cálculo para la red de distribución de la ciudad de Ilo se detalla a continuación:

$$PFAI \left(\frac{l}{día} \right) = ((18 * Lm) + (0.80 * Nc) + (25 * Lp)) * P$$

$$PFAI \left(\frac{l}{día} \right) = ((18 * 279.41) + (0.80 * 29945) + (25 * 65.37)) * 26.23$$

$$PFAI = 803152.89 \left(\frac{l}{día} \right)$$

$$PFAI = 293,150.81 \left(\frac{m^3}{año} \right)$$

b) Análisis

✓ El volumen de Pérdidas Físicas Anuales Inevitables PFAI es de **293,150.81 (m³/año)**.



3.6.1.8. Pérdidas Físicas Operacionales – Prueba Caudal Mínimo Nocturno.

Debido a que el Balance Hídrico – Metodología IWA, determina el volumen de pérdidas operacionales como producto de la diferencia de los demás componentes evaluados; por fines académicos, se propuso determinar y comprobar dicho volumen realizando la prueba del caudal mínimo nocturno, esta prueba fue realizada en 02 zonas piloto tomadas como muestra, dicha información se encuentra más detallado en la Tabla N° 84.

Tabla N° 84. Zonas – Caudal Mínimo Nocturno

PTAP	Nombre	Sub Zona de presión	Nº Conexiones	Long Tubería (m)
CATA CATAS	Urb. San Pedro	2-B-3	251	2221.25
PAMPA INALÁMBRICA	Urb. Las Glorietas y Villa Municipal	6-F-1	217	1915.03

a) Procesamiento:

- ✓ El cálculo consistirá en corregir el caudal de la prueba (mínimo nocturno) en función de la variación de presión (24h) y la continuidad del servicio. Para luego, extrapolarlo al sistema evaluado y determinar el volumen en (m³/año).
- ✓ Dicho volumen de pérdidas operacionales determinado mediante la prueba del mínimo nocturno será comparado con el determinado mediante la metodología del Balance Hídrico - IWA.
- ✓ Primero, se procede a organizar los datos obtenidos en campo, obteniendo el caudal promedio de tomas de lectura durante la prueba (resaltado en la Tabla N° 85 para el sistema Cata Catas y en la Tabla N° 86 del sistema Pampa Inalámbrica).



Tabla N° 85. Resultados – Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 2B-3

N°	Prueba Mínimo Nocturno - Sistema Cata Catas - Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo			
	Hora	Q (l/seg)	Vol. (litros)	Presión de la Prueba (mca)
1	11:50	0.85	588	41
2	0:00	0.85	1,015	41
3	0:10	0.84	1,520	41
4	0:20	0.84	2,022	41
5	0:30	0.84	2,523	42
6	0:40	0.84	3,026	42
7	0:50	0.84	3,528	42
8	1:00	0.84	4,031	42
9	1:10	0.83	4,535	42
10	1:20	0.83	5,030	42
11	1:30	0.83	5,526	42
12	1:40	0.83	6,024	42
13	1:50	0.82	6,519	42
14	2:00	0.82	7,009	42
15	2:10	0.83	7,499	42
16	2:20	0.83	7,994	42
17	2:30	0.83	8,490	42
18	2:40	0.82	8,988	42
19	2:50	0.82	9,480	42
20	3:00	0.82	9,970	43
21	3:10	0.82	10,460	43
22	3:20	0.82	10,952	43
23	3:30	0.82	11,442	43
24	3:40	0.82	11,932	43
25	3:50	0.83	12,424	43
26	4:00	0.83	12,920	42
27	4:10	0.83	13,418	42
28	4:20	0.83	13,914	42
29	4:30	0.83	14,412	42
30	4:40	0.83	14,908	42
31	4:50	0.83	15,406	42
32	5:00	0.83	15,901	42
Total Promedio		0.8303		42.0625



Tabla N° 86. Resultados – Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 6F-1

N°	Prueba Mínimo Nocturno - Sistema Pampa Inalámbrica - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
	Hora	Q (l/seg)	Vol. (litros)	Presión de la Prueba (mca)
1	11:50	0.92	245	45
2	0:00	0.92	807	45
3	0:10	0.91	1,375	45
4	0:20	0.91	1,941	45
5	0:30	0.91	2,509	46
6	0:40	0.91	3,074	46
7	0:50	0.91	3,638	46
8	1:00	0.90	4,202	47
9	1:10	0.90	4,764	47
10	1:20	0.90	5,314	47
11	1:30	0.89	5,865	47
12	1:40	0.89	6,418	47
13	1:50	0.89	6,973	47
14	2:00	0.90	7,525	48
15	2:10	0.90	8,078	48
16	2:20	0.89	8,634	48
17	2:30	0.89	9,187	48
18	2:40	0.90	9,739	48
19	2:50	0.90	10,293	48
20	3:00	0.90	10,841	48
21	3:10	0.90	11,389	48
22	3:20	0.90	11,934	48
23	3:30	0.90	12,477	48
24	3:40	0.90	13,019	48
25	3:50	0.90	13,562	48
26	4:00	0.90	14,103	48
27	4:10	0.91	14,646	48
28	4:20	0.91	15,191	48
29	4:30	0.90	15,744	47
30	4:40	0.90	16,292	47
31	4:50	0.90	16,842	47
32	5:00	0.90	17,397	47
Total Promedio		0.9019		47.1250



✓ La presión de servicio es determinado como el resultado del promedio de la lectura de presiones durante 24 horas, (resaltado en la Tabla N° 87 para el Sistema Cata Catas y en la Tabla N° 88 del Sistema Pampa Inalámbrica).

Tabla N° 87. Medición de Presiones 24 horas – Sub Zona 2B-3

Lectura de Presiones Data Logger Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
10/01/2022	9:00	36.32	25.57
	9:30	34.25	24.11
	10:00	36.68	25.82
	10:30	35.52	25.01
	11:00	35.62	25.08
	11:30	35.23	24.80
	12:00	36.24	25.51
	12:30	36.21	25.49
	13:00	35.35	24.89
	13:30	36.17	25.46
	14:00	36.05	25.38
	14:30	35.48	24.98
	15:00	35.25	24.82
	15:30	35.28	24.84
	16:00	35.41	24.93
	16:30	37.18	26.17
	17:00	37.05	26.08
	17:30	37.05	26.08
	18:00	38.16	26.86
	18:30	40.30	28.37
	19:00	41.25	29.04
	19:30	43.45	30.59
	20:00	45.40	31.96
	20:30	47.35	33.33
21:00	50.23	35.36	
21:30	50.35	35.45	
22:00	53.32	37.54	
22:30	53.25	37.49	
23:00	54.10	38.09	



Lectura de Presiones Data Logger Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
10/01/2022	23:30	55.05	38.76
	0:00	57.12	40.21
11/01/2022	0:30	58.15	40.94
	1:00	58.35	41.08
	1:30	58.45	41.15
	2:00	58.21	40.98
	2:30	60.32	42.47
	3:00	60.47	42.57
	3:30	60.41	42.53
	4:00	60.25	42.42
	4:30	58.30	41.04
	5:00	57.35	40.37
	5:30	55.21	38.87
	6:00	54.21	38.16
	6:30	50.30	35.41
	7:00	47.25	33.26
	7:30	45.12	31.76
	8:00	43.15	30.37
8:30	41.20	29.00	
9:00	38.05	26.79	
	Promedio	45.72	32.19

Tabla N° 88. Medición de Presiones 24 horas – Sub Zona 6F-1

Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
15/01/2022	9:00	39.64	27.91
	9:30	38.37	27.01
	10:00	38.33	26.98
	10:30	39.65	27.91
	11:00	38.31	26.97
	11:30	39.55	27.84
	12:00	38.33	26.98
	12:30	38.35	27.00



	13:00	38.31	26.97
--	-------	-------	-------

Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
15/01/2022	13:30	38.33	26.98
	14:00	38.33	26.98
	14:30	39.55	27.84
	15:00	38.34	26.99
	15:30	38.33	26.98
	16:00	38.31	26.97
	16:30	39.54	27.84
	17:00	39.68	27.93
	17:30	41.23	29.03
	18:00	42.62	30.00
	18:30	44.05	31.01
	19:00	45.42	31.98
	19:30	46.35	32.63
	20:00	49.36	34.75
	20:30	48.34	34.03
	21:00	49.57	34.90
	21:30	49.36	34.75
	22:00	52.37	36.87
	22:30	55.56	39.11
	23:00	58.32	41.06
23:30	59.47	41.87	
0:00	62.35	43.89	
16/01/2022	0:30	65.49	46.10
	1:00	66.52	46.83
	1:30	66.58	46.87
	2:00	68.34	48.11
	2:30	68.45	48.19
	3:00	66.52	46.83
	3:30	66.35	46.71
	4:00	66.48	46.80
	4:30	65.55	46.15
	5:00	62.50	44.00
	5:30	61.25	43.12
	6:00	56.75	39.95



	6:30	54.05	38.05
	7:00	49.62	34.93
	7:30	45.63	32.12
	8:00	44.25	31.15

Lectura de Presiones Data Logger - Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal - Ilo			
DIA	HORA	Presión (PSI)	Presión (mca)
16/01/2022	8:30	42.55	29.96
	9:00	39.75	27.98
	Promedio	49.39	34.77

✓ El resumen de la información necesaria para realizar el cálculo, se muestra en la Tabla N° 89, concerniente a la prueba realizada en la Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro del Sistema Cata Catas.

Tabla N° 89. Resumen – Prueba Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 2B-3

Resumen - Datos Prueba Mínimo Nocturno - Sistema Cata Catas –Urb. San Pedro - Ilo	
Q promedio de prueba (l/seg)	0.83
Presión de la Prueba (mca)	42.06
Presión de Servicio (mca)	32.19
Long de Red - Prueba (Km)	2.22
Long Total de Red Sis. Cata Catas (Km)	195.59
Continuidad (horas)	16.78

✓ El resumen de la información necesaria para realizar el cálculo, se muestra en la Tabla N° 90, concerniente a la prueba realizada en la Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal del Sistema Pampa Inalámbrica

Tabla N° 90. Prueba Caudal Mínimo Nocturno – Sub Zona 6F-1

Resumen - Datos Prueba Mínimo Nocturno - Sistema Pampa Inalámbrica - Las Glorietas y Villa Municipal - Ilo	
Q promedio de prueba (l/seg)	0.90
Presión de la Prueba (mca)	47.13



Presión de Servicio (mca)	34.77
Long de Red - Prueba (Km)	1.91
Long Total de Red Sistema Pampa Inalámbrica (Km)	83.82
Continuidad (horas)	16.78

✓ Para realizar la corrección del caudal de prueba (mínimo nocturno) en función de la variación de presiones durante 24 horas (presión de servicio), se utilizó el gráfico de la Figura N° 66 que describe la incidencia que tiene la presión sobre el nivel de roturas en la red (pérdidas debidos a la presión por roturas en la red), elaborada por el British Water Council, a partir de un estudio de varias redes de agua potable del Reino Unido).

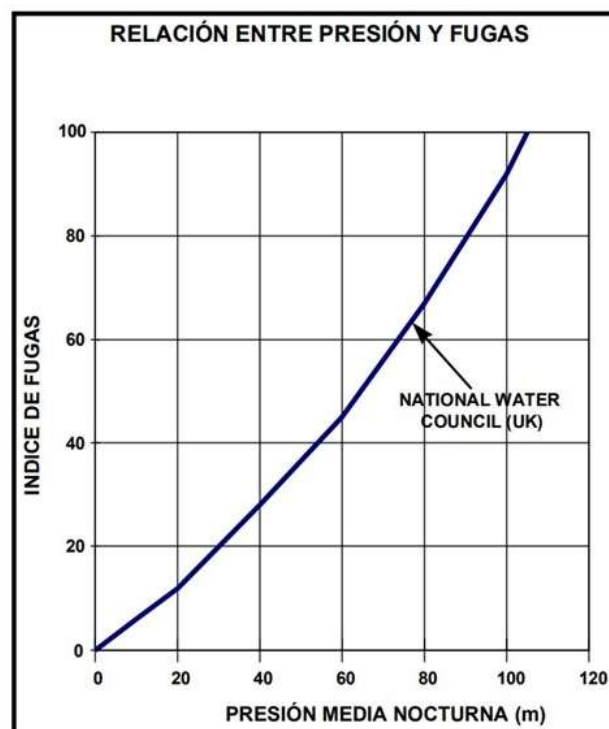


Figura N° 66. Diagrama – Pérdidas Físicas en función de la presión
Fuente: British Water Council, Reino Unido

✓ Para la Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro, se ubicó en la curva, el índice de fuga, de modo que para la presión promedio de la prueba (42 mca), se tiene un índice o porcentaje de fugas de (30); Para la presión de servicio (32 mca) se tiene un índice de (22), descrito en la grafico de la Figura N° 67.

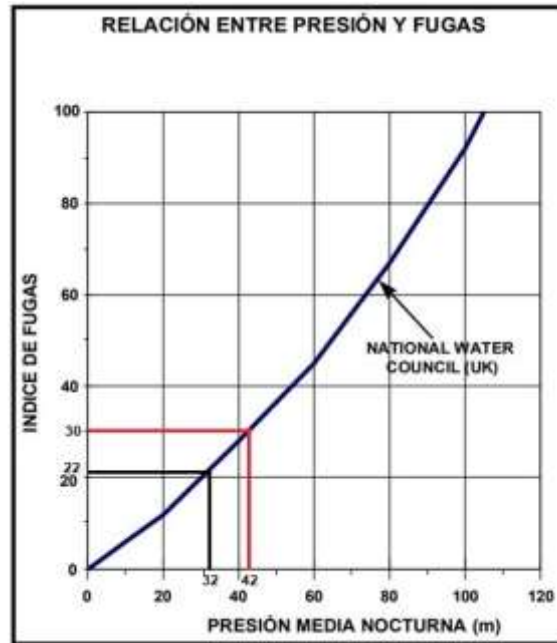


Figura N° 67. Diagrama – Sub Zona 2B-3
Fuente: British Water Council, Reino Unido

✓ Para la Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal, se ubicó en la curva, el índice de fuga, de modo que para la presión promedio de la prueba (47 mca), se tiene un índice o porcentaje de fugas de (34); Para la presión de servicio (34 mca) se tiene un índice de (24)), descrito en la grafico de la Figura N° 68.

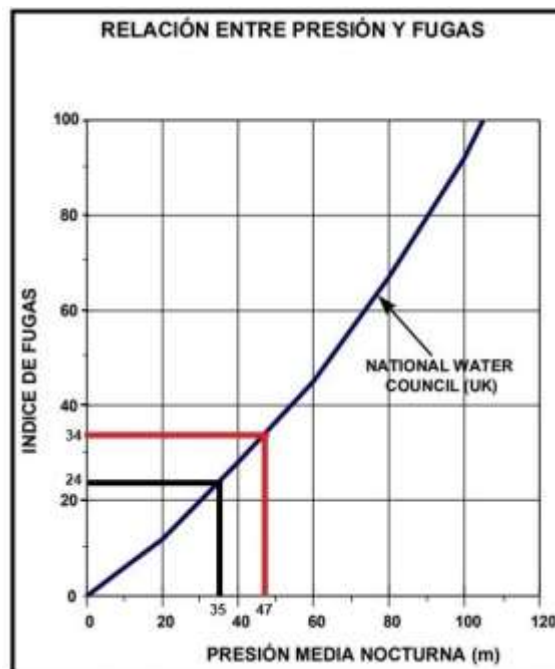


Figura N° 68. Diagrama – Sub Zona 6F-1
Fuente: British Water Council, Reino Unido



✓ Para la Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro, el índice de fuga de la presión de la prueba (a) es (30) y el índice de fuga de la presión de servicio (b) es (22). El factor de corrección por presión es el cociente de (b) / (a), el caudal corregido es el producto del caudal de prueba y el factor de corrección, como se muestra en la Tabla N° 91.

Tabla N° 91. Corrección de Caudal por Índice de Fugas –2B-3

Sistema Cata Catas –Urb. San Pedro - Ilo	
Q promedio de prueba (l/s)	0.83
Índice Fugas - Presión de Prueba (a)	30
Índice Fugas - Presión de servicio (b)	22
Factor de Corrección (b/a)	0.73
Q Corregido (l/s)	0.61

✓ Para la Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal, el índice de fuga de la presión de la prueba (a) es (34) y el índice de fuga de la presión de servicio (b) es (24), y se realiza el mismo proceso de cálculo, como se muestra en la tabla N° 92.

Tabla N° 92. Corrección de Caudal por Índice de Fugas – 6F-1

Sistema. Pampa Inalámbrica -Las Glorietas y Villa Municipal - Ilo	
Q promedio de prueba(l/s)	0.90
Índice Fugas - Presión de Prueba (a)	34
Índice Fugas - Presión de servicio (b)	24
Factor de Corrección (b/a)	0.71
Q Corregido (l/s)	0.64

✓ El índice unitario lineal de pérdida, es el cociente del caudal corregido y la longitud de redes de la prueba (km)

✓ Para la Sub Zona 2B-3 - Urb. San Pedro, el caudal corregido es 0.61 (l/s) y la longitud de la red de la Urb. San Pedro es de 2.22 Km, por lo que el índice unitario de pérdida lineal para el sistema Cata Catas es de (0.27).

✓ Finalmente se multiplica el índice de pérdida lineal por la longitud total del sistema evaluado (Cata Catas -195.59 Km), el producto es el caudal de pérdida total, 53.65 (l/s) para el sistema Cata Catas, como se muestra en la Tabla N° 93.



Tabla N° 93. Caudal de Pérdida Total Operacional – 2B-3

Q Corregido (l/s)	0.61
Longitud de red de la prueba (Km)	2.22
Índice de pérdida lineal	0.27
Long. total de redes - Cata Catas (Km)	195.59
Q pérdida Total (l/s)	53.65

✓ Para la Sub Zona 6F-1 - Urb. Las Glorietas - Villa Municipal, el caudal corregido es 0.64 (l/s) y la longitud de la red de la Urb. San Pedro es de 1.91 Km, por lo que el índice unitario de pérdida lineal para el sistema Pampa Inalámbrica es de (0.33).

✓ Finalmente se multiplica el índice de pérdida lineal por la longitud total del sistema evaluado (Pampa Inalámbrica - 83.82 Km), el producto es el caudal de pérdida total, 27.94 (l/s) para el sistema Pampa Inalámbrica, como se muestra en la tabla N° 94.

Tabla N° 94. Caudal Total de Pérdida Operacional - 6F-1

Q Corregido (l/s)	0.64
Longitud de red de la prueba (Km)	1.91
Índice de pérdida lineal	0.33
Long. total de redes - Cata Catas (Km)	83.82
Q pérdida Total (l/s)	27.94

✓ Para determinar el volumen de pérdida, se realizó la conversión de (l/s) a (m³/año); sin embargo, se debe tener en cuenta la corrección por continuidad, que para el año 2021 es de 16.78 horas (60,408 segundos/día). El cálculo del volumen de pérdidas operacionales anuales (m³) para el sistema Cata Catas y Pampa Inalámbrica se realizó de la siguiente manera:

$$Q \text{ pérdidas}_{Cata \text{ Catas}} = 53.65 \left(\frac{l}{seg} \right) * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 l} \right) * \left(\frac{60408 \text{ seg}}{1 \text{ día}} \right) * \left(\frac{365 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right)$$

$$Q \text{ pérdidas}_{Cata \text{ Catas}} = 1,182,816.39 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right)$$

$$Q \text{ pérdidas}_{Pampa \text{ Inal.}} = 27.94 \left(\frac{l}{seg} \right) * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 l} \right) * \left(\frac{60408 \text{ seg}}{1 \text{ día}} \right) * \left(\frac{365 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right)$$

$$Q \text{ pérdidas}_{Pampa \text{ Inal.}} = 616,021.44 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right)$$

$$Q \text{ pérdidas}_{Total} = 1,182,816.39 + 616,021.44$$



$$Q \text{ pérdidas}_{Total} = 1,798,837.83 \left(\frac{m^3}{\text{año}} \right)$$

b) Diagramas - Tablas:

✓ La Tabla N° 95 muestra los resultados de la prueba de caudal mínimo nocturno.

Tabla N° 95. Resultado- Prueba Caudal Mínimo Nocturno

Pérdidas Operacionales - Caudal Mínimo Nocturno	
Sistema	Volumen (m3/año)
Cata Catas (m3)	1,182,816.39
Pampa Inalámbrica (m3)	616,021.44
Volumen total (m3)	1,798,837.83

c) Análisis

✓ Al realizar la comparación de los valores de pérdidas operacionales determinados con el método del Balance Hídrico – IWA y con la Prueba del Caudal Mínimo Nocturno, se observa un error del 7.9% entre ambos valores, como muestra la Tabla N° 96. Asimismo, el error en base a su incidencia en el Balance Hídrico es del 2.1%, como se muestra en la Tabla N° 97.

Tabla N° 96. Comparación Pérdidas Operacionales

Comparación - Volumen Pérdidas Operacionales		
Metodología	Vol. Pérdidas Operacionales	Error
Balance Hídrico - IWA	1,953,453.92	7.9%
Caudal Mínimo Nocturno	1,798,837.83	
% incidencia	92.1%	

Tabla N° 97. Incidencia en el Balance Hídrico

Comparación - Volumen Pérdidas Operacionales – Balance Hídrico			
Metodología	Vol. Pérdidas Operacionales	% Balance Hídrico	Error
Balance Hídrico - IWA	1,953,453.92	26.2%	2.1%
Caudal Mínimo Nocturno	1,798,837.83	24.1%	



3.6.2. Procesamiento – Modelo Matemático

El modelo matemático, fue propuesto como un mecanismo de gestión de pérdidas comerciales, consiste en realizar una regresión lineal múltiple, con el objetivo de establecer una función que permita explicar el comportamiento del ANF (variable dependiente) en función de la variación de la micro medición y el volumen producido (variables independientes respectivamente); de esta manera, poder predecir una reducción en el ANF como resultado del aumento en la micro medición. La regresión lineal múltiple busca determinar los coeficientes “K1” (coeficiente de Volumen Producido) y “K2” (coeficiente de micromedición ajustado) para aplicar la formula, mostrada a continuación:

$$ANF \% = \frac{(K1 * Volumen Producido) - (K2 * Nivel de Microm. Ajustado)}{Volumen Producido}$$

a) Procesamiento

✓ Para realizar el modelo matemático, se solicitó información a la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., y con información ya recolectada de volumen de producción y facturación se elaboraron las Tablas N°98, N°99, N°100, N°101, N°102, para los últimos 05 años (2017-2018-2019-2020-2021), respectivamente.

Tabla N° 98. Datos – Modelo Matemático Ilo 2017



2017						
Mes	Volumen Producido (m3)	Volumen Facturado (m3)	Conexiones facturadas c/ medicion	Conexiones facturadas	Conexiones c/ medidor	Conexiones totales
ENE	557,411	285,007	19,379	22,938	22,945	25,810
FEB	502,587	301,437	19,446	23,010	22,952	25,829
MAR	661,038	286,658	19,538	23,099	23,155	25,861
ABR	619,567	305,754	19,646	22,809	22,723	25,884
MAY	599,476	302,853	19,665	22,833	22,725	25,931
JUN	515,558	257,150	19,912	22,898	22,942	25,950
JUL	524,089	259,923	19,639	22,813	22,575	25,967
AGO	563,672	283,802	19,954	22,955	22,901	26,002
SET	502,928	268,221	19,937	22,989	22,948	26,025
OCT	549,025	267,984	19,860	22,910	23,962	26,045
NOV	522,223	267,053	19,854	22,899	23,719	26,072
DIC	594,780	297,573	19,753	22,836	23,894	26,127

Tabla N° 99. Datos – Modelo Matemático Ilo 2018

2018						
Mes	Volumen Producido (m3)	Volumen Facturado (m3)	Conexiones facturadas c/ medicion	Conexiones facturadas	Conexiones c/ medidor	Conexiones totales
ENE	613,578	298,656	20,614	22,999	24,166	26,135
FEB	575,192	315,364	20,496	22,953	24,170	26,143
MAR	626,150	346,934	20,504	23,120	24,184	26,155
ABR	593,272	296,357	20,290	23,008	24,216	26,177
MAY	556,470	304,313	21,083	23,689	24,254	26,192
JUN	529,764	285,852	20,616	23,371	24,281	26,203
JUL	517,566	288,028	20,205	23,278	24,297	26,217
AGO	585,879	283,419	20,138	23,326	24,325	26,234
SET	586,701	288,200	20,461	23,294	24,345	26,248
OCT	564,230	282,935	20,117	23,296	24,368	26,261
NOV	581,658	287,629	20,208	23,418	24,393	26,280
DIC	581,783	314,625	19,995	23,467	24,416	26,288

Tabla N° 100. Datos – Modelo Matemático Ilo 2019



2019						
Mes	Volumen Producido (m3)	Volumen Facturado (m3)	Conexiones facturadas c/ medicion	Conexiones facturadas	Conexiones c/ medidor	Conexiones totales
ENE	593,218	308,813	20,033	23,632	24,495	26,374
FEB	538,984	295,784	19,950	23,989	24,819	26,694
MAR	555,306	305,855	19,778	23,975	24,831	26,706
ABR	537,570	301,175	20,474	24,052	24,838	26,712
MAY	548,397	298,706	20,781	24,218	24,929	26,795
JUN	539,071	301,591	20,674	24,391	24,951	26,813
JUL	555,055	275,117	19,992	24,474	25,017	26,835
AGO	540,218	285,927	20,483	24,281	25,168	26,857
SET	530,235	284,973	21,658	24,465	25,660	26,880
OCT	584,837	299,475	21,528	24,458	25,694	26,906
NOV	589,935	297,693	21,736	24,687	25,991	27,155
DIC	609,566	333,515	21,912	24,722	26,071	27,214

Tabla N° 101. Datos – Modelo Matemático Ilo 2020

2020						
Mes	Volumen Producido (m3)	Volumen Facturado (m3)	Conexiones facturadas c/ medicion	Conexiones facturadas	Conexiones c/ medidor	Conexiones totales
ENE	628,575	325,356	21,799	24,798	26,186	27,305
FEB	544,666	341,538	22,220	24,890	26,242	27,325
MAR	557,309	300,914	22,238	24,998	26,318	27,398
ABR	599,657	294,515	2,077	25,431	26,788	27,868
MAY	604,615	284,643	2,167	25,613	26,921	27,996
JUN	652,198	328,438	6,062	25,668	26,972	28,046
JUL	711,632	339,195	22,660	25,699	26,987	28,061
AGO	725,347	329,140	22,002	25,704	26,989	28,063
SET	704,167	338,517	22,352	25,767	27,001	28,069
OCT	691,023	326,373	23,400	25,801	27,008	28,078
NOV	644,630	323,621	23,605	25,835	27,085	28,100
DIC	641,743	343,439	21,515	25,927	27,209	28,129



Tabla N° 102. Datos – Modelo Matemático Ilo 2021

2021						
Mes	Volumen Producido (m3)	Volumen Facturado (m3)	Conexiones facturadas c/ medicion	Conexiones facturadas	Conexiones c/ medidor	Conexiones totales
ENE	651,885	366,961	23,414	26,014	27,360	28,238
FEB	602,171	338,844	23,448	26,052	27,368	28,245
MAR	651,059	372,356	24,007	26,277	27,566	28,433
ABR	661,795	383,526	24,026	26,317	27,601	28,462
MAY	643,488	373,856	24,367	26,383	27,643	28,502
JUN	620,001	366,685	24,295	26,144	27,682	28,534
JUL	607,331	340,521	24,068	26,221	27,726	28,572
AGO	594,852	352,230	25,101	26,142	27,852	28,684
SET	567,165	336,452	25,052	26,377	27,887	28,711
OCT	591,954	347,632	26,046	26,419	27,890	28,729
NOV	593,789	352,365	25,916	26,527	27,416	28,754
DIC	672,928	379,632	27,536	27,928	28,610	29,945

✓ Una vez que se cuenta con la información organizada, se procede a determinar los valores de niveles de Agua No Facturada (ANF), el nivel de micromedición y la eficiencia de micromedición, según las siguientes formulas descritas a continuación:

$$ANF (m3) = Volumen Producido (m3) - Volumen Facturado (m3)$$

$$Nivel de Micromedición (\%) = \frac{Conexiones facturadas con medicion}{Conexiones facturadas}$$

$$Eficiencia de Micromedición (\%) = \frac{Conexiones facturadas con medicion}{Conexiones con medidor}$$

✓ Realizando dicho cálculo, se obtuvieron las Tablas N°103, N°104, N°105, N°106, N°107 correspondientes a los últimos 05 años.

✓ Se resaltaron los valores de Agua No Facturada, Volumen Producido y Nivel de Micromedición Ajustado, debido a que estos serán los indicadores que ingresarán en la regresión lineal múltiple.

✓ El ANF se consideró como la variable dependiente (Color amarillo), debido a que su variación depende de las otras 02 variables independientes (Color Naranja), en este caso será el Volumen Producido y El Nivel de Micromedición Ajustado, respectivamente:

Tabla N° 103. Procesamiento - Modelo Matemático 2017



2017					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m3)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micrimedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	272,404.48	557,411	84.5%	84.5%	71.35%
FEB	201,149.52	502,587	84.5%	84.7%	71.60%
MAR	374,380.44	661,038	84.6%	84.4%	71.37%
ABR	313,813.28	619,567	86.1%	86.5%	74.47%
MAY	296,623.30	599,476	86.1%	86.5%	74.53%
JUN	258,407.78	515,558	87.0%	86.8%	75.47%
JUL	264,165.57	524,089	86.1%	87.0%	74.89%
AGO	279,870.10	563,672	86.9%	87.1%	75.74%
SET	234,707.35	502,928	86.7%	86.9%	75.35%
OCT	281,041.47	549,025	86.7%	82.9%	71.85%
NOV	255,169.60	522,223	86.7%	83.7%	72.57%
DIC	297,206.85	594,780	86.5%	82.7%	71.51%

Tabla N° 104. Procesamiento - Modelo Matemático 2018

2018					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m3)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micrimedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	314,922.24	613,578	89.6%	85.3%	76.46%
FEB	259,828.21	575,192	89.3%	84.8%	75.72%
MAR	279,216.47	626,150	88.7%	84.8%	75.19%
ABR	296,914.83	593,272	88.2%	83.8%	73.89%
MAY	252,157.44	556,470	89.0%	86.9%	77.36%
JUN	243,911.98	529,764	88.2%	84.9%	74.90%
JUL	229,537.86	517,566	86.8%	83.2%	72.18%
AGO	302,459.65	585,879	86.3%	82.8%	71.47%
SET	298,500.97	586,701	87.8%	84.0%	73.82%
OCT	281,295.44	564,230	86.4%	82.6%	71.29%
NOV	294,028.52	581,658	86.3%	82.8%	71.49%
DIC	267,158.35	581,783	85.2%	81.9%	69.78%



Tabla N° 105. Procesamiento - Modelo Matemático 2019

2019					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m3)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micrimedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	284,405.20	593,218	84.8%	81.8%	69.33%
FEB	243,200.48	538,984	83.2%	80.4%	66.85%
MAR	249,451.32	555,306	82.5%	79.7%	65.71%
ABR	236,395.14	537,570	85.1%	82.4%	70.17%
MAY	249,691.20	548,397	85.8%	83.4%	71.53%
JUN	237,480.35	539,071	84.8%	82.9%	70.23%
JUL	279,937.86	555,055	81.7%	79.9%	65.28%
AGO	254,290.52	540,218	84.4%	81.4%	68.65%
SET	245,261.66	530,235	88.5%	84.4%	74.72%
OCT	285,362.37	584,837	88.0%	83.8%	73.75%
NOV	292,241.54	589,935	88.0%	83.6%	73.63%
DIC	276,051.25	609,566	88.6%	84.0%	74.49%

Tabla N° 106. Procesamiento - Modelo Matemático 2020

2020					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m3)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micrimedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	303,219.44	628,575	87.9%	83.2%	73.18%
FEB	203,127.67	484,666	89.3%	84.7%	75.59%
MAR	256,395.28	557,309	89.0%	84.5%	75.17%
ABR	305,141.60	599,657	8.2%	7.8%	0.63%
MAY	319,972.35	604,615	8.5%	8.0%	0.68%
JUN	323,759.96	652,198	23.6%	22.5%	5.31%
JUL	372,437.47	711,632	88.2%	84.0%	74.04%
AGO	396,207.32	725,347	85.6%	81.5%	69.78%
SET	365,649.56	704,167	86.7%	82.8%	71.81%
OCT	364,649.50	691,023	90.7%	86.6%	78.58%
NOV	321,009.38	644,630	91.4%	87.2%	79.63%
DIC	298,304.47	641,743	83.0%	79.1%	65.62%



Tabla N° 107. Procesamiento - Modelo Matemático 2021

2021					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m3)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micromedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	284,923.79	651,885	90.0%	85.6%	77.02%
FEB	263,327.30	602,171	90.0%	85.7%	77.11%
MAR	278,703.12	651,059	91.4%	87.1%	79.57%
ABR	278,268.80	661,795	91.3%	87.0%	79.47%
MAY	269,632.39	643,488	92.4%	88.1%	81.41%
JUN	253,316.10	620,001	92.9%	87.8%	81.56%
JUL	266,809.97	607,331	91.8%	86.8%	79.68%
AGO	242,621.82	594,852	96.0%	90.1%	86.53%
SET	230,712.70	567,165	95.0%	89.8%	85.32%
OCT	244,322.28	591,954	98.6%	93.4%	92.07%
NOV	241,423.80	593,789	97.7%	94.5%	92.35%
DIC	293,295.88	672,928	98.6%	96.2%	94.90%

✓ El ANF se consideró como la variable dependiente (Color amarillo), debido a que su variación depende de las otras 02 variables independientes (Color Naranja), en este caso será el Volumen Producido y El Nivel de Micromedición Ajustado, respectivamente:

✓ La regresión lineal múltiple para los 05 años se realizó en una hoja de cálculo (Microsoft Excel 2016), se utilizó la opción de regresión, colocando en el rango de entrada "Y", los datos referentes al Agua no Facturada (variable dependiente). A su vez, se colocó en el rango de entrada "X" los datos referentes a volumen producido y nivel de micromedición ajustado (variables independientes), como se muestra en la Figura N° 69.



Figura N° 69. Proceso de cálculo – Regresión lineal múltiple - Microsoft Excel

Fuente: Elaboración Propia

✓ Para que el modelo matemático sea considerado certero y pueda aplicarse, se debe realizar una serie de verificaciones.

✓ El primer aspecto que se verificó en la tabla de resultados de la regresión (Figura N° 70), es el coeficiente de Correlación de Pearson (R) que permite analizar la relación que existe entre las variables, este coeficiente mide el grado de asociación lineal entre dichas variables. Puede variar de -1 a 1, acercándose a 0 cuando la correlación es muy débil y acercándose a 1 o -1 cuando la correlación es muy fuerte. El mismo coeficiente confirma la dirección y tendencia de la relación con un signo negativo (-) si la relación es negativa y con signo (+), si la relación es positiva. El modelo desarrollado presenta un coeficiente de correlación R muy cercano a 1 (0.9976), denotando una correlación fuerte.

✓ Asimismo, el Coeficiente de determinación (R²), el cual indica el porcentaje de variación que presenta la variable dependiente (ANF), en función de las variables independientes (Volumen producido y nivel de micro medición); es decir, que tanto de la información utilizada en la regresión está siendo incluida en el modelo matemático.

✓ Cuando R² es cercano a (1) significa que casi todos los datos fueron incluidos en el modelo, por lo tanto, el modelo es certero; sin embargo, cuando R² es cercano a 0 significa que muy pocos datos fueron incluidos en el modelo y que no representa la relación entre las variables. El modelo desarrollado presenta un R² bastante alto (0.9953) y un R² ajustado de (0.9770).



Resumen							
<i>Estadísticas de la regresión</i>							
Coefficiente de correlación múltiple	0.997667573						
Coefficiente de determinación R ²	0.995340586						
R ² ajustado	0.977074051						
Error típico	19472.8966						
Observaciones	57						
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>		
Regresión	2	4.4552E+12	2.22758E+12	5874.529751	6.77294E-64		
Residuos	55	2.0856E+10	379193701.8				
Total	57	4.476E+12					
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Volumen Producido (m3)	0.698482319	0.04073608	17.14652964	9.94866E-24	0.6168454	0.6168454	0.78011924
Nivel Micromedición Ajustado	179273.1458	32016.1034	-5.599467978	7.07106E-07	-243434.851	-243434.851	-115111.441

Figura N° 70. Primera Verificación – Modelo Matemático

Fuente: Elaboración Propia

✓ El segundo aspecto que se verificó en la tabla de resultados de la regresión (Figura N° 71), es el valor crítico de F o el valor de “p” para F, este valor crítico (p) es la abreviación de “probabilidad”, e indica la probabilidad de encontrar valores extremos en los datos evaluados. El valor crítico debe ser menor a 0.05 lo cual indica que al menos uno de los coeficientes es significativamente diferente a cero, y expresa que el modelo como un todo es significativo, lo contrario, si ($p \geq 0.05$) indica que ninguno de los coeficientes es diferente a cero y el modelo de regresión no es útil.

✓ En el modelo, el valor crítico de F es (**6.7729 E-64**) al ser un valor muy pequeño comparado con 0.05, por lo que se concluye que el modelo es significativo.

Resumen							
<i>Estadísticas de la regresión</i>							
Coefficiente de correlación múltiple	0.997667573						
Coefficiente de determinación R ²	0.995340586						
R ² ajustado	0.977074051						
Error típico	19472.8966						
Observaciones	57						
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>		
Regresión	2	4.4552E+12	2.22758E+12	5874.529751	6.77294E-64		
Residuos	55	2.0856E+10	379193701.8				
Total	57	4.476E+12					
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Volumen Producido (m3)	0.698482319	0.04073608	17.14652964	9.94866E-24	0.6168454	0.6168454	0.78011924
Nivel Micromedición Ajustado	179273.1458	32016.1034	-5.599467978	7.07106E-07	-243434.851	-243434.851	-115111.441

Figura N° 71. Segunda Verificación – Modelo Matemático

Fuente: Elaboración Propia



✓ El tercer aspecto que se verificó fue la dispersión de los puntos en los gráficos de residuales.

✓ Cabe mencionar que los residuos se obtienen de la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión, esta resta puede generar tanto valores positivos como negativos. El gráfico debe cumplir con una dispersión homogénea en la mayoría de puntos, esta verificación se realiza comparando la dispersión del modelo, con otros gráficos definidos como “no adecuados”, Los Gráficos de Residuales del modelamiento desarrollado para el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Ilo para las variables independientes (Volumen Producido y Nivel de Micromedición Ajustado), se muestran en los gráficos de la Figuras N° 72 - 73, respectivamente. Los gráficos a comparar se muestran en la figura N° 74.

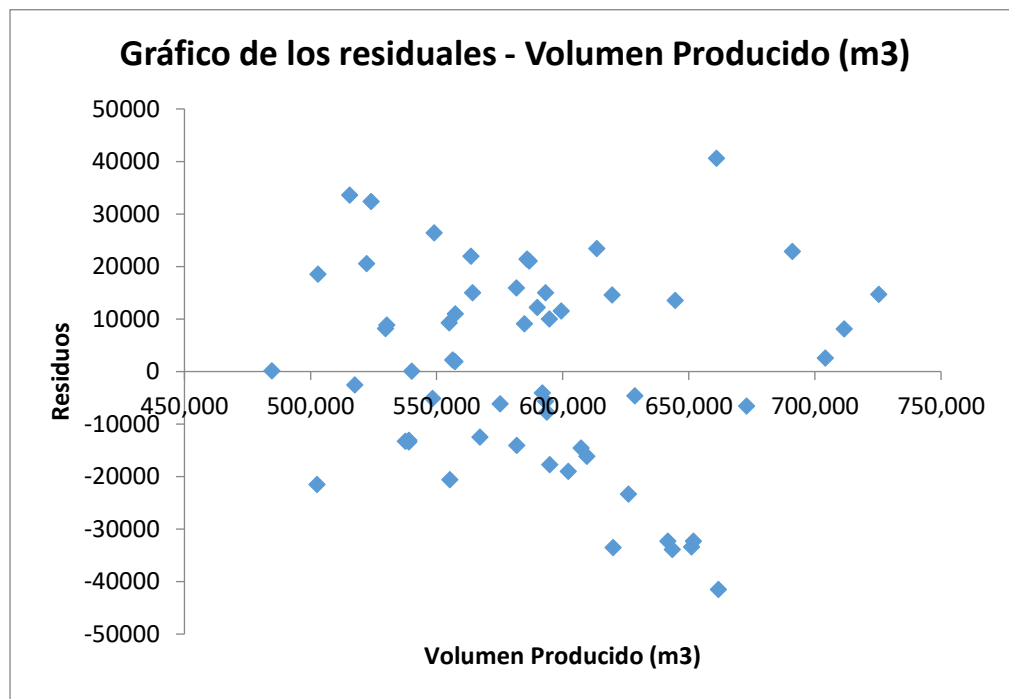


Figura N° 72. Gráfico de Residuales – Volumen Producido

Fuente: Elaboración Propia

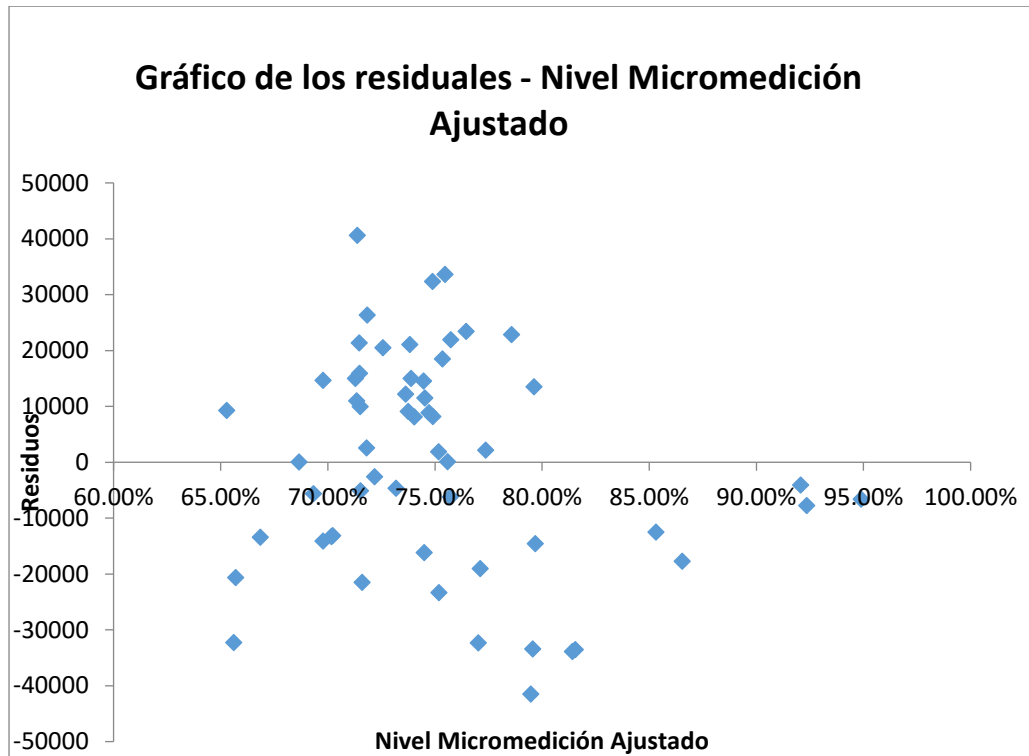


Figura N° 73. Gráfico de Residuales – Nivel de Micromedicación Ajustado

Fuente: Elaboración Propia

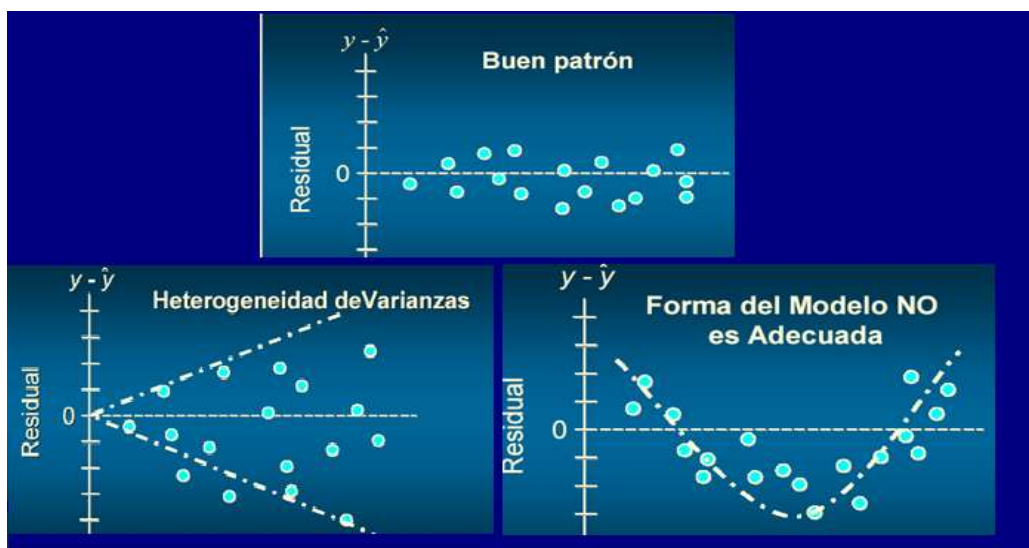


Figura N° 74. Tercera Verificación – Gráfico de Residuales - Modelo Matemático

Fuente: Aplicaciones de Estadística Básica en Microsoft Excel (2020)

✓ Se puede observar que, salvo algunos datos, la dispersión tiene un comportamiento homogéneo, y por lo que los gráficos de residuales del modelo matemático son considerados adecuados.



✓ De la misma forma para la curva de regresión ajustada, donde se verificó que exista similitud entre el ANF Real y el ANF calculado con el modelo matemático, se puede observar que salvo algunos datos, que en el plano cartesiano denota una recta con tendencia ascendente, como se muestra en el gráfico de la Figura N° 75.

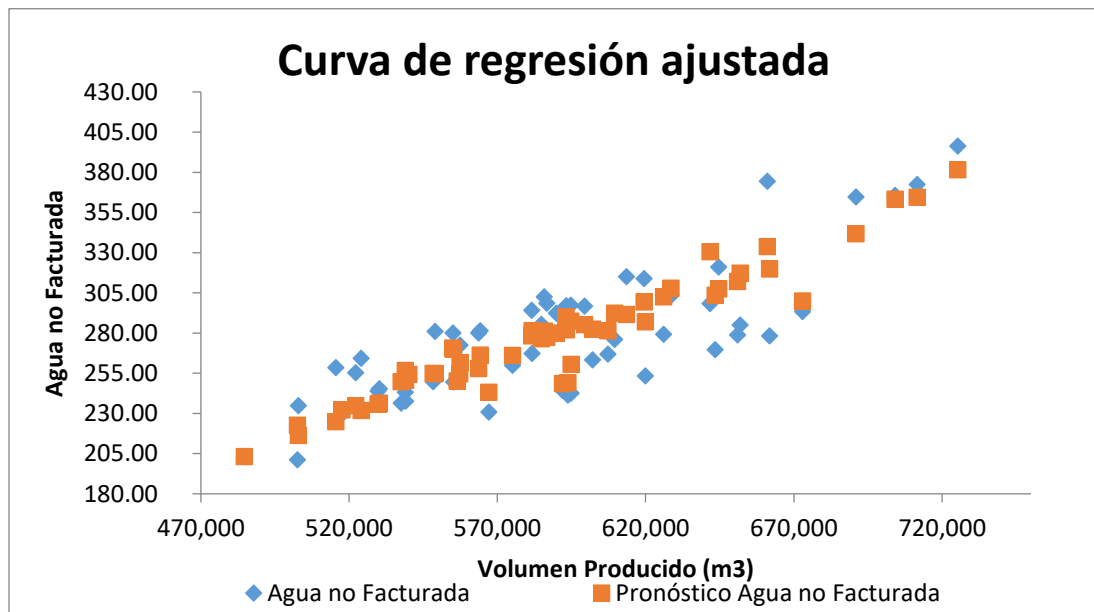


Figura N° 75. Curva de Regresión Ajustada

Fuente: Elaboración Propia

✓ Una vez que se confirma que el modelo matemático es útil, se utilizan los coeficientes mostrados en el gráfico de la Figura N° 76, en la fórmula:

Resumen							
<i>Estadísticas de la regresión</i>							
Coeficiente de correlación múltiple	0.997667573						
Coeficiente de determinación R ²	0.995340586						
R ² ajustado	0.977074051						
Error típico	19472.8966						
Observaciones	57						
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F		
Regresión	2	4.4552E+12	2.22758E+12	5874.529751	6.77294E-64		
Residuos	55	2.0856E+10	379193701.8				
Total	57	4.476E+12					
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95.0%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Volumen Producido (m3)	0.698482319	0.04073608	17.14652964	9.94866E-24	0.6168454	0.6168454	0.78011924
Nivel Micromedición Ajustado	179273.1458	32016.1034	-5.599467978	7.07106E-07	-243434.851	-243434.851	-115111.441

Figura N° 76. Coeficientes de la Regresión Lineal Múltiple

Fuente: Elaboración Propia



$$ANF \% = \frac{(K1 * Volumen Producido) - (K2 * Nivel de Microm Ajustado)}{Volumen Producido}$$

En donde:

$$K1 = 0.698482319$$

$$K2 = 179273.1458$$

✓ Utilizando dicha fórmula, se calcula el ANF mensual, sus datos son comparados con el ANF Real, con el objetivo de conocer el error del modelo, como muestra la Tabla N°108, se calcula un error promedio es de 16,054 (m3) que representa un 2.7%.

Tabla N° 108. Error (ANF Real y ANF - Modelo Matemático)

Año	Mes	ANF Real	ANF Mod Mat	Error	% ANF Real	% ANF Mod Mat	Error
2017	ENE	272,404.48	261,423.27	10,981	48.9%	46.9%	2.0%
	FEB	201,149.52	222,685.16	21,536	40.0%	44.3%	4.3%
	MAR	374,380.44	333,774.49	40,606	56.6%	50.5%	6.1%
	ABRI	313,813.28	299,253.61	14,560	50.7%	48.3%	2.3%
	MAY	296,623.30	285,114.42	11,509	49.5%	47.6%	1.9%
	JUN	258,407.78	224,802.27	33,606	50.1%	43.6%	6.5%
	JUL	264,165.57	231,807.47	32,358	50.4%	44.2%	6.2%
	AGO	279,870.10	257,932.61	21,937	49.7%	45.8%	3.9%
	SET	234,707.35	216,213.13	18,494	46.7%	43.0%	3.7%
	OCT	281,041.47	254,681.70	26,360	51.2%	46.4%	4.8%
	NOV	255,169.60	234,656.94	20,513	48.9%	44.9%	3.9%
DIC	297,206.85	287,247.80	9,959	50.0%	48.3%	1.7%	
2018	ENE	314,922.24	291,508.71	23,414	51.3%	47.5%	3.8%
	FEB	259,828.21	266,012.36	6,184	45.2%	46.2%	1.1%
	MAR	279,216.47	302,559.20	23,343	44.6%	48.3%	3.7%



	ABRI	296,914.83	281,925.83	14,989	50.0%	47.5%	2.5%
	MAY	252,157.44	249,993.23	2,164	45.3%	44.9%	0.4%
	JUN	243,911.98	235,760.40	8,152	46.0%	44.5%	0.5%
	JUL	229,537.86	232,110.50	2,573	44.3%	44.8%	0.5%
	AGO	302,459.65	281,094.71	21,365	51.6%	48.0%	3.6%
	SET	298,500.97	277,452.95	21,048	50.9%	47.3%	3.6%
	OCT	281,295.44	266,302.17	14,993	49.9%	47.2%	2.7%
	NOV	294,028.52	278,119.15	15,909	50.6%	47.8%	2.7%
	DIC	267,158.35	281,274.41	14,116	45.9%	48.3%	2.4%
Año	Mes	ANF Real	ANF Mod Mat	Error	% ANF Real	% ANF Mod Mat	Error
2019	ENE	284,405.20	290,064.40	5,659	47.9%	48.9%	1.0%
	FEB	243,200.48	256,630.35	13,430	45.1%	47.6%	2.5%
	MAR	249,451.32	270,076.56	20,625	44.9%	48.6%	3.7%
	ABRI	236,395.14	249,691.30	13,296	44.0%	46.4%	2.5%
	MAY	249,691.20	254,811.22	5,120	45.5%	46.5%	0.9%
	JUN	237,480.35	250,625.73	13,145	44.1%	46.5%	2.4%
	JUL	279,937.86	270,668.61	9,269	50.4%	48.8%	1.7%
	AGO	254,290.52	254,252.50	38	47.1%	47.1%	0.0%
	SET	245,261.66	236,407.27	8,854	46.3%	44.6%	1.7%
	OCT	285,362.37	276,286.84	9,076	48.8%	47.2%	1.6%
	NOV	292,241.54	280,056.03	12,186	49.5%	47.5%	2.1%
	DIC	276,051.25	292,223.06	16,172	45.3%	47.9%	2.7%
2020	ENE	303,219.44	307,858.28	4,639	48.2%	49.0%	0.7%
	FEB	203,127.67	203,017.23	110	41.9%	41.9%	0.0%
	MAR	256,395.28	254,514.54	1,881	46.0%	45.7%	0.3%
	JUL	372,437.47	364,334.19	8,103	52.3%	51.2%	1.1%
	AGO	396,207.32	381,543.79	14,664	54.6%	52.6%	2.0%
	SET	365,649.56	363,110.62	2,539	51.9%	51.6%	0.4%
	OCT	364,649.50	341,797.17	22,852	52.8%	49.5%	3.3%
	NOV	321,009.38	307,509.69	13,500	49.8%	47.7%	2.1%
DIC	298,304.47	330,612.41	32,308	46.5%	51.5%	5.0%	
2021	ENE	284,923.79	317,246.04	32,322	43.7%	48.7%	5.0%
	FEB	263,327.30	282,363.14	19,036	43.7%	46.9%	3.2%
	MAR	278,703.12	312,113.23	33,410	42.8%	47.9%	5.1%
	ABRI	278,268.80	319,784.08	41,515	42.0%	48.3%	6.3%
	MAY	269,632.39	303,513.28	33,881	41.9%	47.2%	5.3%
	JUN	253,316.10	286,848.97	33,533	40.9%	46.3%	5.4%
	JUL	266,809.97	281,367.01	14,557	43.9%	46.3%	2.4%
	AGO	242,621.82	260,361.23	17,739	40.8%	43.8%	3.0%



SET	230,712.70	243,196.29	12,484	40.7%	42.9%	2.2%
OCT	244,322.28	248,413.18	4,091	41.3%	42.0%	0.7%
NOV	241,423.80	249,189.63	7,766	40.7%	42.0%	1.3%
DIC	293,295.88	299,906.71	6,611	43.6%	44.6%	1.0%
PROM			16,054	PROM		2.7%

b) Diagramas - Tablas:

✓ Finalmente se realiza el cuadro de doble entrada (Tabla N° 109), que muestra una estimación del ANF en función del Volumen producido, Nivel de micro medición y eficiencia en la micro medición:



Tabla N° 109. ANF (Volumen producido y Nivel de micro medición ajustado)

		Nivel de Micromedición Ajustado = Nivel de Micromedición X Eficiencia en la Micromedición																				
		60%	62%	64%	66%	68%	70%	72%	74%	76%	78%	80%	82%	84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	98%	100%
Volumen de Producción (M3)	500,000	48.3%	47.6%	46.9%	46.2%	45.5%	44.7%	44.0%	43.3%	42.6%	41.9%	41.2%	40.4%	39.7%	39.0%	38.3%	37.6%	36.9%	36.1%	35.4%	34.7%	34.0%
	510,000	48.8%	48.1%	47.4%	46.6%	45.9%	45.2%	44.5%	43.8%	43.1%	42.4%	41.7%	41.0%	40.3%	39.6%	38.9%	38.2%	37.5%	36.8%	36.1%	35.4%	34.7%
	520,000	49.2%	48.5%	47.8%	47.1%	46.4%	45.7%	45.0%	44.3%	43.6%	43.0%	42.3%	41.6%	40.9%	40.2%	39.5%	38.8%	38.1%	37.4%	36.8%	36.1%	35.4%
	530,000	49.6%	48.9%	48.2%	47.5%	46.8%	46.2%	45.5%	44.8%	44.1%	43.5%	42.8%	42.1%	41.4%	40.8%	40.1%	39.4%	38.7%	38.1%	37.4%	36.7%	36.0%
	540,000	49.9%	49.3%	48.6%	47.9%	47.3%	46.6%	45.9%	45.3%	44.6%	44.0%	43.3%	42.6%	42.0%	41.3%	40.6%	40.0%	39.3%	38.6%	38.0%	37.3%	36.6%
	550,000	50.3%	49.6%	49.0%	48.3%	47.7%	47.0%	46.4%	45.7%	45.1%	44.4%	43.8%	43.1%	42.5%	41.8%	41.2%	40.5%	39.9%	39.2%	38.6%	37.9%	37.3%
	560,000	50.6%	50.0%	49.4%	48.7%	48.1%	47.4%	46.8%	46.2%	45.5%	44.9%	44.2%	43.6%	43.0%	42.3%	41.7%	41.0%	40.4%	39.8%	39.1%	38.5%	37.8%
	570,000	51.0%	50.3%	49.7%	49.1%	48.5%	47.8%	47.2%	46.6%	45.9%	45.3%	44.7%	44.1%	43.4%	42.8%	42.2%	41.5%	40.9%	40.3%	39.7%	39.0%	38.4%
	580,000	51.3%	50.7%	50.1%	49.4%	48.8%	48.2%	47.6%	47.0%	46.4%	45.7%	45.1%	44.5%	43.9%	43.3%	42.6%	42.0%	41.4%	40.8%	40.2%	39.6%	38.9%
	590,000	51.6%	51.0%	50.4%	49.8%	49.2%	48.6%	48.0%	47.4%	46.8%	46.1%	45.5%	44.9%	44.3%	43.7%	43.1%	42.5%	41.9%	41.3%	40.7%	40.1%	39.5%
	600,000	51.9%	51.3%	50.7%	50.1%	49.5%	48.9%	48.3%	47.7%	47.1%	46.5%	45.9%	45.3%	44.7%	44.2%	43.6%	43.0%	42.4%	41.8%	41.2%	40.6%	40.0%
	610,000	52.2%	51.6%	51.0%	50.5%	49.9%	49.3%	48.7%	48.1%	47.5%	46.9%	46.3%	45.7%	45.2%	44.6%	44.0%	43.4%	42.8%	42.2%	41.6%	41.0%	40.5%
	620,000	52.5%	51.9%	51.3%	50.8%	50.2%	49.6%	49.0%	48.5%	47.9%	47.3%	46.7%	46.1%	45.6%	45.0%	44.4%	43.8%	43.2%	42.7%	42.1%	41.5%	40.9%
	630,000	52.8%	52.2%	51.6%	51.1%	50.5%	49.9%	49.4%	48.8%	48.2%	47.7%	47.1%	46.5%	45.9%	45.4%	44.8%	44.2%	43.7%	43.1%	42.5%	42.0%	41.4%
	640,000	53.0%	52.5%	51.9%	51.4%	50.8%	50.2%	49.7%	49.1%	48.6%	48.0%	47.4%	46.9%	46.3%	45.8%	45.2%	44.6%	44.1%	43.5%	43.0%	42.4%	41.8%
	650,000	53.3%	52.7%	52.2%	51.6%	51.1%	50.5%	50.0%	49.4%	48.9%	48.3%	47.8%	47.2%	46.7%	46.1%	45.6%	45.0%	44.5%	43.9%	43.4%	42.8%	42.3%
	660,000	53.6%	53.0%	52.5%	51.9%	51.4%	50.8%	50.3%	49.7%	49.2%	48.7%	48.1%	47.6%	47.0%	46.5%	45.9%	45.4%	44.9%	44.3%	43.8%	43.2%	42.7%
	670,000	53.8%	53.3%	52.7%	52.2%	51.7%	51.1%	50.6%	50.0%	49.5%	49.0%	48.4%	47.9%	47.4%	46.8%	46.3%	45.8%	45.2%	44.7%	44.2%	43.6%	43.1%
	680,000	54.0%	53.5%	53.0%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.3%	49.8%	49.3%	48.8%	48.2%	47.7%	47.2%	46.6%	46.1%	45.6%	45.1%	44.5%	44.0%	43.5%
	690,000	54.3%	53.7%	53.2%	52.7%	52.2%	51.7%	51.1%	50.6%	50.1%	49.6%	49.1%	48.5%	48.0%	47.5%	47.0%	46.5%	45.9%	45.4%	44.9%	44.4%	43.9%
700,000	54.5%	54.0%	53.5%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.4%	49.9%	49.4%	48.8%	48.3%	47.8%	47.3%	46.8%	46.3%	45.8%	45.3%	44.7%	44.2%	
710,000	54.7%	54.2%	53.7%	53.2%	52.7%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.6%	49.1%	48.6%	48.1%	47.6%	47.1%	46.6%	46.1%	45.6%	45.1%	44.6%	
720,000	54.9%	54.4%	53.9%	53.4%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.4%	49.9%	49.4%	48.9%	48.4%	47.9%	47.4%	46.9%	46.4%	45.9%	45.4%	44.9%	
730,000	55.1%	54.6%	54.1%	53.6%	53.1%	52.7%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.7%	49.2%	48.7%	48.2%	47.7%	47.3%	46.8%	46.3%	45.8%	45.3%	
740,000	55.3%	54.8%	54.3%	53.9%	53.4%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	51.0%	50.5%	50.0%	49.5%	49.0%	48.5%	48.0%	47.6%	47.1%	46.6%	46.1%	45.6%	
750,000	55.5%	55.0%	54.6%	54.1%	53.6%	53.1%	52.6%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.8%	49.3%	48.8%	48.3%	47.9%	47.4%	46.9%	46.4%	45.9%	

$$ANF \% = \frac{(0.6984 * \text{Volumen Producido}) - (179273.1458 * \text{Nivel de Microm Ajustado})}{\text{Volumen Producido}}$$



c) Análisis

- ✓ El cuadro permite predecir cuanto será la reducción del ANF (%), si se reduce el volumen de producción (m³); y a su vez, cuanto sería la reducción del ANF al llegar a un 100% de Micromedición Ajustado. Siempre se debe tomar en consideración el error en comparación del ANF Real, que es +/- **2.7%**.
- ✓ También se puede comparar el ANF calculado por el modelo matemático 45.0% (para un volumen de producción promedio de 620,000 (m³) y un nivel de micromedición ajustado promedio del 86% para el año 2021); y el calculado por la metodología IWA para el año 2021 (42.2%) denotando un error del (2.8%).
- ✓ Es necesario precisar, que durante el procesamiento de la data disponible para elaborar el modelo matemático, fue necesario eliminar datos como producto de una evaluación de valores extremos.
- ✓ Como consecuencia de la pandemia de COVID-19 en nuestro país, la cual inició en Marzo de 2020 y debido a la paralización de actividades, la EPS Ilo S.A. no pudo realizar la lectura de los micro medidores, por lo que durante los meses de Abril, Mayo y Junio del 2020, se registra una caída importante en los niveles de micro medición y eficiencia en la micro medición, como se muestra en la tabla N° 110.
- ✓ Por ello, los datos resaltados de color azul, fueron eliminados del procesamiento de la regresión lineal múltiple, por considerarse extremos.

Tabla N° 110. Evaluación de Valores Extremos

2020					
Mes	Agua no Facturada	Volumen Producido (m ³)	Nivel de Micromedición (1)	Efic. en Micromedición (2)	Nivel Micromedición Ajustado (1 x 2)
ENE	303,219.44	628,575	87.9%	83.2%	73.18%
FEB	203,127.67	484,666	89.3%	84.7%	75.59%
MAR	256,395.28	557,309	89.0%	84.5%	75.17%
ABR	305,141.60	599,657	8.2%	7.8%	0.63%
MAY	319,972.35	604,615	8.5%	8.0%	0.68%
JUN	323,759.96	652,198	23.6%	22.5%	5.31%
JUL	372,437.47	711,632	88.2%	84.0%	74.04%
AGO	396,207.32	725,347	85.6%	81.5%	69.78%
SET	365,649.56	704,167	86.7%	82.8%	71.81%
OCT	364,649.50	691,023	90.7%	86.6%	78.58%
NOV	321,009.38	644,630	91.4%	87.2%	79.63%
DIC	298,304.47	641,743	83.0%	79.1%	65.62%



3.6.2.1. Proyección de incremento a futuro del Agua no Facturada (ANF)

El modelo matemático también permite realizar estimaciones a futuro, del porcentaje de variación en los niveles de Agua no Facturada (ANF) para diferentes escenarios.

Para tal caso, se realizará una proyección para los próximos 03 años, considerando el incremento promedio anual en los niveles de producción de agua potable de los últimos 05 años (2017-2021) y una disminución del 4% anual en los niveles de micro-medición ajustado; simulando, de esta forma, un escenario en el que la EPS Ilo S.A. no implemente acciones correctivas para la gestión del Agua no Facturada (ANF) y que consecuencias tendría en su incremento.

a) Procesamiento

✓ Primero, se calcula el porcentaje de incremento anual en los volúmenes de producción de agua potable, considerando la información de los últimos 05 años (2017-2021) como se muestra en la Tabla N° 111

Tabla N° 111. % Incremento Anual – Volumen de Producción

Variación Anual del Volumen de Producción		
Año	Vol Anual Produccion (m3)	% Variación
2017	6,712,355	0 %
2018	6,912,244	+ 2.89 %
2019	6,722,393	- 2.82 %
2020	7,705,563	+ 12.76 %
2021	7,458,418	- 3.31 %
% incremento Anual		+ 2.40 %

✓ Después, se proyecta el volumen de producción, considerando el incremento porcentual anual para los próximos 03 años (2017-2021) y la disminución en los niveles de micro-medición ajustado, como se muestra en la Tabla N° 112

Tabla N° 112. Proyección para los años (2022-2024)

Proyección para los años (2022 - 2024)			
Año	Vol. Anual Produccion (m3)	% Variación	Nivel de Micromedicion Ajustado (%)
2022	7,637,420	+ 2.40 %	82.0%
2023	7,820,718	+ 2.40 %	78.0%
2024	8,008,415	+ 2.40 %	74.0%



✓ Finalmente se realiza la proyección en el cuadro de doble entrada, para determinar el incremento del ANF, simulando un escenario en el que la EPS Ilo S.A. no implemente acciones correctivas para la gestión de este componente , como se muestra en la Tabla N° 114

b) Análisis:

✓ La estimación realizada describe un incremento del Agua no Facturada (ANF), del 50.5% para el año 2022, del 51.9% para el año 2023 y de un 53.3% para el año 2024, como se muestra en la Tabla N° 113

Tabla N° 113. Proyección ANF (2022-2024)

Proyección para los años (2022 - 2024)			
Año	Vol. Anual Produccion (m3)	Nivel de Micromedicion Ajustado (%)	Porcentaje de ANF (%)
2022	7,637,420	82.0%	50.5%
2023	7,820,718	78.0%	51.9%
2024	8,008,415	74.0%	53.3%

✓ Según el modelo matemático, en el caso de que la EPS Ilo S.A., no implemente acciones correctivas para la gestión del Agua no Facturada, este tendrá un incremento importante de un 45% para el año 2021 a un 53.3% para el año 2024.



Tabla N° 114. Proyección ANF – Modelo Matemático

		Nivel de Micromedición Ajustado = Nivel de Micromedición X Eficiencia en la Micromedición																				
		60%	62%	64%	66%	68%	70%	72%	74%	76%	78%	80%	82%	84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	98%	100%
Volumen de Producción (m3)	600,000	51.9%	51.3%	50.7%	50.1%	49.5%	48.9%	48.3%	47.7%	47.1%	46.5%	45.9%	45.3%	44.7%	44.2%	43.6%	43.0%	42.4%	41.8%	41.2%	40.6%	40.0%
	610,000	52.2%	51.6%	51.0%	50.5%	49.9%	49.3%	48.7%	48.1%	47.5%	46.9%	46.3%	45.7%	45.2%	44.6%	44.0%	43.4%	42.8%	42.2%	41.6%	41.0%	40.5%
	620,000	52.5%	51.9%	51.3%	50.8%	50.2%	49.6%	49.0%	48.5%	47.9%	47.3%	46.7%	46.1%	45.6%	45.0%	44.4%	43.8%	43.2%	42.7%	42.1%	41.5%	40.9%
	630,000	52.8%	52.2%	51.6%	51.1%	50.5%	49.9%	49.4%	48.8%	48.2%	47.7%	47.1%	46.5%	45.9%	45.4%	44.8%	44.2%	43.7%	43.1%	42.5%	42.0%	41.4%
	640,000	53.0%	52.5%	51.9%	51.4%	50.8%	50.2%	49.7%	49.1%	48.6%	48.0%	47.4%	46.9%	46.3%	45.8%	45.2%	44.6%	44.1%	43.5%	43.0%	42.4%	41.8%
	650,000	53.3%	52.7%	52.2%	51.6%	51.1%	50.5%	50.0%	49.4%	48.9%	48.3%	47.8%	47.2%	46.7%	46.1%	45.6%	45.0%	44.5%	43.9%	43.4%	42.8%	42.3%
	660,000	53.6%	53.0%	52.5%	51.9%	51.4%	50.8%	50.3%	49.7%	49.2%	48.7%	48.1%	47.6%	47.0%	46.5%	45.9%	45.4%	44.9%	44.3%	43.8%	43.2%	42.7%
	670,000	53.8%	53.3%	52.7%	52.2%	51.7%	51.1%	50.6%	50.0%	49.5%	49.0%	48.4%	47.9%	47.4%	46.8%	46.3%	45.8%	45.2%	44.7%	44.2%	43.6%	43.1%
	680,000	54.0%	53.5%	53.0%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.3%	49.8%	49.3%	48.8%	48.2%	47.7%	47.2%	46.6%	46.1%	45.6%	45.1%	44.5%	44.0%	43.5%
	690,000	54.3%	53.7%	53.2%	52.7%	52.2%	51.7%	51.1%	50.6%	50.1%	49.6%	49.1%	48.5%	48.0%	47.5%	47.0%	46.5%	45.9%	45.4%	44.9%	44.4%	43.9%
	700,000	54.5%	54.0%	53.5%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.4%	49.9%	49.4%	48.8%	48.3%	47.8%	47.3%	46.8%	46.3%	45.8%	45.3%	44.7%	44.2%
	710,000	54.7%	54.2%	53.7%	53.2%	52.7%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.6%	49.1%	48.6%	48.1%	47.6%	47.1%	46.6%	46.1%	45.6%	45.1%	44.6%
	720,000	54.9%	54.4%	53.9%	53.4%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	50.9%	50.4%	49.9%	49.4%	48.9%	48.4%	47.9%	47.4%	46.9%	46.4%	45.9%	45.4%	44.9%
	730,000	55.1%	54.6%	54.1%	53.6%	53.1%	52.7%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.7%	49.2%	48.7%	48.2%	47.7%	47.3%	46.8%	46.3%	45.8%	45.3%
	740,000	55.3%	54.8%	54.3%	53.9%	53.4%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	51.0%	50.5%	50.0%	49.5%	49.0%	48.5%	48.0%	47.6%	47.1%	46.6%	46.1%	45.6%
	750,000	55.5%	55.0%	54.6%	54.1%	53.6%	53.1%	52.6%	52.2%	51.7%	51.2%	50.7%	50.2%	49.8%	49.3%	48.8%	48.3%	47.9%	47.4%	46.9%	46.4%	45.9%
	760,000	55.7%	55.2%	54.8%	54.3%	53.8%	53.3%	52.9%	52.4%	51.9%	51.4%	51.0%	50.5%	50.0%	49.6%	49.1%	48.6%	48.1%	47.7%	47.2%	46.7%	46.3%
	770,000	55.9%	55.4%	54.9%	54.5%	54.0%	53.6%	53.1%	52.6%	52.2%	51.7%	51.2%	50.8%	50.3%	49.8%	49.4%	48.9%	48.4%	48.0%	47.5%	47.0%	46.6%
	780,000	56.1%	55.6%	55.1%	54.7%	54.2%	53.8%	53.3%	52.8%	52.4%	51.9%	51.5%	51.0%	50.5%	50.1%	49.6%	49.2%	48.7%	48.2%	47.8%	47.3%	46.9%
790,000	56.2%	55.8%	55.3%	54.9%	54.4%	54.0%	53.5%	53.1%	52.6%	52.1%	51.7%	51.2%	50.8%	50.3%	49.9%	49.4%	49.0%	48.5%	48.1%	47.6%	47.2%	
800,000	56.4%	56.0%	55.5%	55.1%	54.6%	54.2%	53.7%	53.3%	52.8%	52.4%	51.9%	51.5%	51.0%	50.6%	50.1%	49.7%	49.2%	48.8%	48.3%	47.9%	47.4%	



3.6.3. Procesamiento – Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales

La estrategia desarrollada tiene como objetivo, establecer un procedimiento para la pre-localización, localización y reparación de fugas operacionales. Considerando que la pérdida operacional para el año 2021 es de 1'953,453.92 (m³) y representa un 26.2% (Método IWA); de 1'798,837.83 (m³) y representa 24.1 % (Caudal Mínimo Nocturno), y el Volumen de Pérdidas Físicas Anuales Inevitables (PFAI) es de 293,150.80 (m³) y representa 3.9 %. La meta es reducir el ANF operacional a un porcentaje de 8 %, dado que existe un porcentaje de pérdidas inevitables y un porcentaje de error ya calculado.

La estrategia contempla la adquisición de una unidad móvil, equipos e instrumentos necesarios; así como el personal capacitado para la detección de fugas y reparación de las redes afectadas por las fugas encontradas.

a) Procesamiento

La estrategia contempla la planificación para la ejecución de pre-localización, localización y reparación de tuberías que presentan fugas, el presupuesto necesario para la implementación de la estrategia y el cronograma de actividades para cumplir con el objetivo de reducir el nivel de fugas operacionales.

○ Programación de las labores

✓ En primera instancia, es necesario priorizar los sectores a intervenir, tomando como información, los planos del catastro operacional e información de operación por parte de la EPS Ilo S.A. Una vez que se haya identificado los sectores que presentan más fugas, se realizará una programación priorizando dichas zonas, en la siguiente etapa, se realizara otro cronograma para intervenir la totalidad de la red de distribución.

✓ Para iniciar con las labores, será necesario contar con la unidad móvil de detección de fugas, el cual es un vehículo equipado con todos los instrumentos necesarios para la detección de fugas. Deberá estar equipado en suelos, paredes y techos con materiales aislantes. Así como, con las instalaciones eléctricas necesarias para la recarga de los equipos.

✓ La unidad móvil contará con un área que permita instalar una oficina, con mesa de escritorio y cajoneras, con panel de separación. En esta zona se equipa una computadora con su monitor y su impresora, de uso del operador.

○ Prueba de Estanqueidad

✓ Una vez definidas las zonas a intervenir, como primera medida, se procede a realizar pruebas de estanqueidad, para comprobar el porcentaje de pérdida.



✓ Para ello, es necesario realizar mediciones de caudal de forma continua, a través del caudalímetro (medición del consumo mínimo durante la noche), cerrando las válvulas generando un estado de estanqueidad, es la misma prueba del caudal mínimo nocturno, pero solo para confirmar pérdidas en la red evaluada.

○ **Verificación de la hermeticidad de Válvulas**

✓ Las zonas a intervenir, deberán estar definidos en campo, por medio de válvulas y mantenerse en buen funcionamiento de forma periódica, caso contrario no se obtendrá resultados de medición confiables.

✓ Para ello, se deberá verificar el estado de todas las válvulas; y en el caso de presentar fugas, ser notificado a la oficina de distribución y mantenimiento de la EPS, para proceder a la suspensión del servicio mientras se ejecuta su reparación.

✓ Para verificar el estado de las válvulas, se utiliza un geófono acústico, el cual es colocado en las válvulas que fueron cerradas y mediante las ondas de sonido que se produce, se logra identificar la fuga.

○ **Pre Localización – Loggers de Sonido**

✓ Una vez cumplidas las condiciones anteriores, se puede proceder a la pre localización de fugas operativas.

✓ Para ello, se utiliza los loggers de sonido, los cuales son dispositivos que identifican ruidos provenientes de fugas en la red de distribución, se colocan en cualquier accesorio metálico de la red, y son programados para activarse en horas de menor consumo y ubicar las zonas con mayor probabilidad de fugas, como muestra la Figura N° 77.

✓ A partir de esa información se localizará las zonas para iniciar la ubicación del punto de fuga con el equipamiento respectivo.

✓ Mediante el uso de estos equipos se determina en que parte del sector se encuentran las fugas. Fundamental para poder destinar los recursos (humanos y materiales) en aquellas áreas identificadas.



Figura N° 77. Pre Localización con Loggers de Sonido

Fuente: Adaptada de Google, 2021

✓ En la Figura N° 78 se muestra una comparación de dos registros de sonido de una zona sin fuga y otra con fuga localizada.

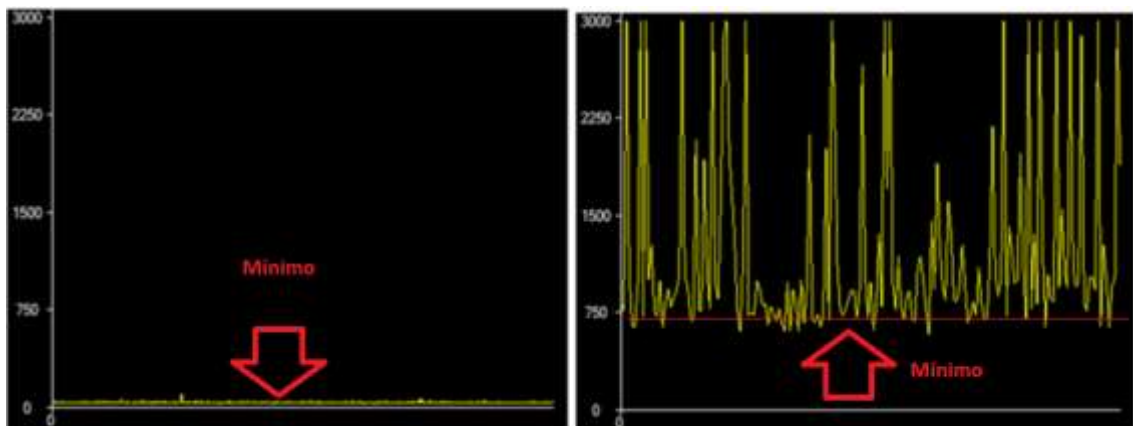


Figura N° 78. Comparación de zonas de fugas - Loggers de Sonido

Fuente: Adaptada de Google, 2021

○ **Pre Localización – Correlación**

✓ Una vez que se localizó la zona a intervenir, se procede a utilizar el correlador digital, el cual ofrece la ventaja de analizar tramos de red con independencia del ruido externo.

✓ Este procedimiento consiste en identificar la fuga en una unidad central mediante dos micrófonos que se conectan a unos transmisores ubicados a cada lado de la red, y mediante la variación en la velocidad del sonido se logra identificar la fuga de forma más precisa, como muestra la Figura N° 79

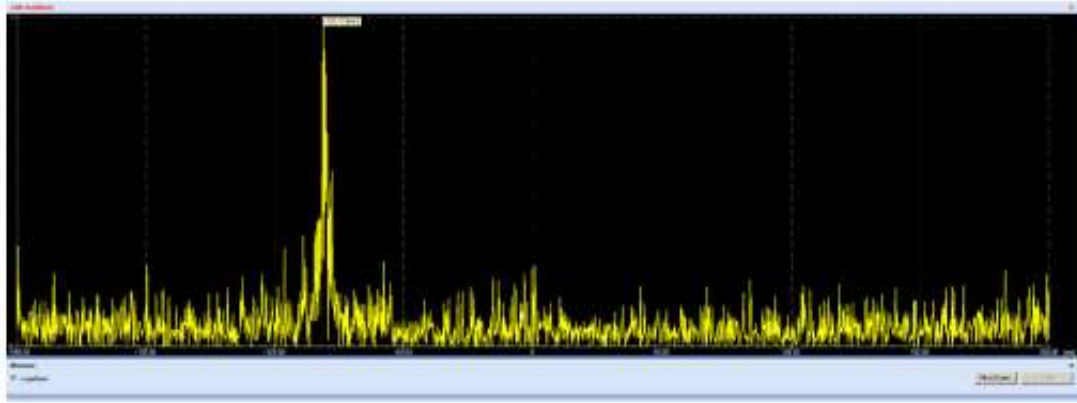


Figura N° 79. Pre localización de fugas - Correlador Digital

Fuente: Adaptada de Google, 2021

✓ El principio de funcionamiento de la correlación se basa en la localización de sonidos que surgen debido a una fuga de agua. Estos sonidos se transmiten a ambos lados del punto con fuga y, dependiendo de la velocidad del sonido en el material de la tubería, llegan a diferentes tiempos a los puntos de contacto dónde se han posicionado los micrófonos.

○ **Localización – Geófono Acústico**

✓ Para determinar la localización exacta de la fuga, se utilizará el geófono acústico, este equipo permite localizar el sonido transmitido por el suelo y es colocado sobre la superficie del terreno para detectar las fugas.

✓ El sonido de la fuga es más alto cuando el operador se ubica cerca de la fuga y es menor cuando se aleja de dicho punto, como muestra la Figura N° 80

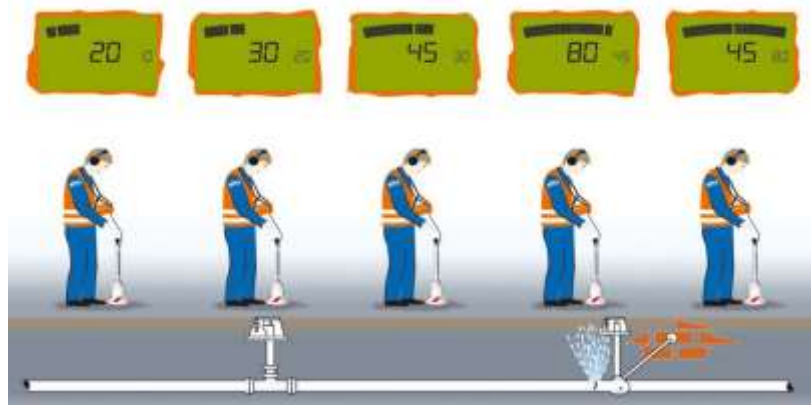


Figura N° 80. Localización de fugas - Geófono Acústico

Fuente: Adaptada de Google, 2021

○ **Ubicación Física – Pique.**

✓ Una vez ubicada la fuga, se procederá a realizar un pique para exponer la fuga.



- ✓ Si la fuga presenta un caudal bajo, no será necesario realizar una excavación mayor.
- **Ubicación Física – Calicata.**
- ✓ En el caso de que la fuga sea de un caudal alto, se procederá a realizar una calicata.
- ✓ Si fuera necesario, se realizará apuntamiento de zanja para asegurar que el proceso de reparación se realice sin riesgos al personal.
- **Reparación de Fugas en Redes**
- ✓ La implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales contempla el presupuesto para reparación de tuberías de (50mm – 90mm – 110mm – 160mm – 200mm de PVC).
- ✓ En el caso de que la fuga en redes fuera de otro material y diámetro, se notificará a la oficina de distribución y mantenimiento de la EPS, para proceder a la suspensión del servicio mientras se ejecuta su reparación, además de realizar un seguimiento para su registro como fuga reparada.
- ✓ Se deberá realizar un reporte con una descripción detallada y con registro fotográfico, para su posterior análisis.
- **Reparación de Fugas en Accesorios**
- ✓ La implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales contempla el presupuesto para reparación (abrazadera 90mm – 110mm – 160mm de PVC y Válvula Compuerta 110mm).
- ✓ En el caso de que la fuga en redes fuera de otro material y diámetro, se notificará a la oficina de distribución y mantenimiento de la EPS, para proceder a la suspensión del servicio mientras se ejecuta su reparación, además de realizar un seguimiento para su registro como fuga reparada.
- ✓ Se deberá realizar un reporte con descripción detallada y fotos, el cual será registrado en la base de datos.
- **Monitoreo de Presiones y Caudales**
- ✓ Este procedimiento contempla el registro y monitoreo de la presión y caudal antes y después de realizar la reparación, con el objetivo de verificar una reducción en el caudal de pérdida determinado al inicio por la prueba de estanqueidad.
- ✓ Esta información deberá ser registrada en la base de datos.



○ **Control de Fugas Reparadas**

- ✓ Se deberá realizar la verificación de zonas ya intervenidas y con roturas reparadas; a su vez, realizar mediciones para compararlos con los indicadores ya medidos.
- ✓ Este procedimiento se realizará en un tiempo no mayor a 60 días.

○ **Presupuesto para la implementación de la oficina de control de pérdidas**

- ✓ La EPS Ilo S.A. dentro de su estructura orgánica cuenta con la oficina de control de pérdidas; sin embargo, no se encuentra implementado, razón por la cual, se considera dicha estrategia para su implementación, cuyo presupuesto considera el personal, materiales y equipamiento.
- ✓ La estrategia de pre-localización, localización y reparación de redes de distribución es una actividad permanente; debido a ello, el presupuesto anual de implementación no considera gastos generales mucho menos utilidades.
- ✓ El presupuesto contempla la adquisición de la unidad móvil, equipos e instrumentos necesarios para la detección de fugas, costo de las actividades de localización de fugas, materiales para la reparación de redes y accesorios; y la remuneración del personal, considerando que el tiempo de ejecución del programa será de 12 meses.
- ✓ El costo del personal para la ejecución se muestra en la Tabla N° 115

Tabla N° 115. Costo por Personal Técnico

Nº	Personal	Cant.	Nº meses	Costo Unit. S/.	Costo Total S/.
01	Jefe de Unidad	1	12	5,500.00	66,000.00
02	Supervisor de campo	1	12	4,500.00	54,000.00
03	Técnico en detección de fugas	2	12	3,200.00	76,800.00
04	Chofer	1	12	2,500.00	30,000.00
TOTAL S/.					226,800.00

b) Diagramas - Tablas:

- ✓ El resumen del presupuesto de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales se muestra en la Tabla N° 116.
- ✓ El presupuesto fue elaborado utilizando el Programa S10- Costos y Presupuestos, y se encuentra en el (Anexo 4) y el análisis de precios unitarios en el (Anexo 5)



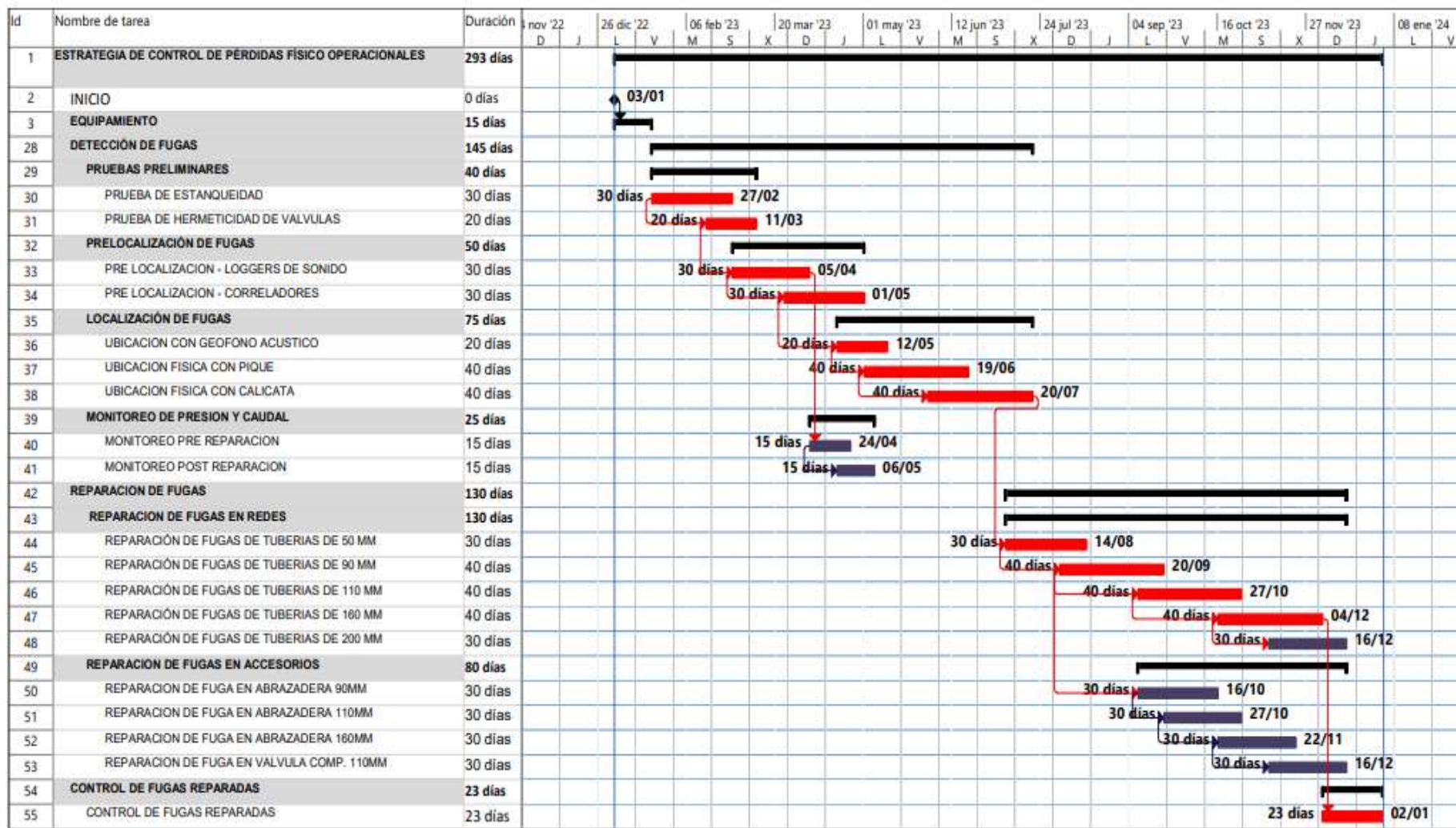
Tabla N° 116. Presupuesto - Control de Pérdidas Operacionales

Ítem	Descripción	Parcial	Total
01	Equipamiento		S/ 730,050.00
01.01	Unidad Móvil	S/.255,000.00	
01.02	Equipos de Localización de Fugas	S/.311,000.00	
01.03	Equipos Multimedia	S/.9,050.00	
01.04	Software Para Gestión	S/.25,000.00	
01.05	Póliza de Seguros	S/.130,000.00	
02	Detección De Fugas		S/ 78,835.44
02.01	Pruebas Preliminares	S/.6,976.00	
02.02	Pre localización de Fugas	S/.24,107.44	
02.03	Localización de Fugas	S/.41,179.00	
02.04	Monitoreo de Presión y Caudal	S/.6,573.00	
03	Reparación de Fugas		S/ 147,208.60
03.01	Reparación de Fugas en Redes	S/.115,800.00	
03.02	Reparación de Fugas en Accesorios	S/.31,408.60	
04	Control y Monitoreo de Fugas	S/.6,120.00	S/ 6,120.00
Costo Directo			S/ 962,214.04
Costo de Personal			S/ 226,800.00
Costo Total			S/ 1'189,014.04

✓ El cronograma de actividades por partidas se muestra en el gráfico de la Figura N° 81, el Diagrama de Gantt fue elaborado en el MS Project 2019 para un tiempo de ejecución de 12 meses.



Figura N° 81. Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales – Diagrama de Gantt





c) Análisis:

✓ El presupuesto total para la implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales asciende a S/ 1'189,014.04, el cual está programado para ser ejecutado durante 1 año, desde la adquisición y puesta en operación de la unidad móvil y los equipos de detección de fugas.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Resultado del Balance Hídrico – Metodología IWA

✓ El Agua No Facturada (ANF) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. para el año 2017 es 3'328,940 m3, representa un 49.6%.

✓ En donde un 4.2% representa el Consumo autorizado no facturado, 14.6% son pérdidas comerciales y un 30.9% son pérdidas operacionales, como se muestra en la Tabla N°117.

Tabla N° 117. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2017

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo				
Año : 2017				
Volumen de entrada al Sistema 6,712,355 m3 100%	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,662,352 m3 54.6%	Consumo Autorizado facturado 3,383,415 m3 50.4%	Consumo Facturado Medido 3,159,416 m3 47.1%	Agua Facturada 3,383,415 m3 50.4%
			Consumo facturado no medido 223,999 m3 3.3%	
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,050,003 m3 45.4%	Consumo autorizado no facturado 278,937 m3 4.2%	Consumo no facturado medido 265,860 m3 4.0%	Agua No Facturada 3,328,940 m3 49.6%
		Pérdidas Comerciales 976,767 m3 14.6%	Consumo no facturado no 13,077 m3 0.2%	
	Pérdidas Operativas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,073,236 m3 30.9%	Consumo No autorizado 378,586 m3 5.6%		
		Inexactitud en micromedición 598,181 m3 8.9%		

✓ El Agua No Facturada (ANF) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. para el año 2018 es 3'319,932 m3, representa un 48.0%.



✓ En donde un 4.1% representa el Consumo autorizado no facturado, 13.8% son pérdidas comerciales y un 30.2% son pérdidas operacionales, como se muestra en la Tabla N°118.

Tabla N° 118. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2018

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo					
Año : 2018					
Volumen de entrada al Sistema 6,912,244 m3 100%	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,874,827 m3 56.1%	Consumo Autorizado facturado 3,592,312 m3 52.0%	Consumo Facturado Medido 3,085,470 m3 44.6%	Agua Facturada 3,592,312 m3 52.0%	
			Consumo facturado no medido 506,842 m3 7.3%		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,037,417 m3 43.9%	Consumo autorizado no facturado 282,515 m3 4.1%	Pérdidas Comerciales 950,639 m3 13.8%	Consumo no facturado medido 269,438 m3 3.9%	Agua No Facturada 3,319,932 m3 48.0%
				Consumo no facturado no 13,077 m3 0.2%	
		Pérdidas Operativas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,086,778 m3 30.2%		Consumo No autorizado 352,458 m3 5.1%	
		Inexactitud en micromedición 598,181 m3 8.7%			

✓ El Agua No Facturada (ANF) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. para el año 2019 es 3'133,769 m3, representa un 46.6%.

✓ En donde un 4.2% representa el Consumo autorizado no facturado, 13.7% son pérdidas comerciales y un 28.7% son pérdidas operacionales, como se muestra en la Tabla N°119.

Tabla N° 119. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2019

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo					
Año : 2019					
Volumen de entrada al Sistema 6,722,393 m3 100%	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 3,867,977 m3 57.5%	Consumo Autorizado facturado 3,588,624 m3 53.4%	Consumo Facturado Medido 2,985,314 m3 44.4%	Agua Facturada 3,588,624 m3 53.4%	
			Consumo facturado no medido 603,310 m3 9.0%		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 2,854,416 m3 42.5%	Consumo autorizado no facturado 279,353 m3 4.2%	Pérdidas Comerciales 922,802 m3 13.7%	Consumo no facturado medido 266,276 m3 4.0%	Agua No Facturada 3,133,769 m3 46.6%
				Consumo no facturado no 13,077 m3 0.2%	
		Pérdidas Operativas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 1,931,614 m3 28.7%		Consumo No autorizado 324,621 m3 4.8%	
		Inexactitud en micromedición 598,181 m3 8.9%			



- ✓ El Agua No Facturada (ANF) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. para el año 2020 es 3'133,769 m³, representa un 49.7%.
- ✓ En donde un 3.3% representa el Consumo autorizado no facturado, 9.4% son pérdidas comerciales y un 37.0% son pérdidas operacionales, como se muestra en la Tabla N°120.

Tabla N° 120. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2020

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo					
Año : 2020					
Volumen de entrada al Sistema 7,705,563 m ³ 100%	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 4,128,342 m ³ 53.6%	Consumo Autorizado facturado 3,875,689 m ³ 50.3%	Consumo Facturado Medido 2,854,104 m ³ 37.0%	Agua Facturada 3,875,689 m ³ 50.3%	
			Consumo facturado no medido 1,021,585 m ³ 13.3%		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 3,577,221 m ³ 46.4%	Consumo autorizado no facturado 252,653 m ³ 3.3%	Pérdidas Comerciales 723,546 m ³ 9.4%	Consumo no facturado medido 239,576 m ³ 3.1%	Agua No Facturada 3,829,874 m ³ 49.7%
				Consumo no facturado no 13,077 m ³ 0.2%	
		Pérdidas Operativas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 2,853,675 m ³ 37.0%	Consumo No autorizado 125,365 m ³ 1.6%	Inexactitud en micromedición 598,181 m ³ 7.8%	

- ✓ El Agua No Facturada (ANF) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A. para el año 2021 es 3'147,358 m³, representa un 42.2%.
- ✓ En donde un 3.8% representa el Consumo autorizado no facturado, 12.2% son pérdidas comerciales y un 26.2% son pérdidas operacionales, como se muestra en la Tabla N°121.

Tabla N° 121. Resultado Balance Hídrico – Ilo -2021

Balance Hídrico - Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Ilo					
Año : 2021					
Volumen de entrada al Sistema 7,458,418 m ³ 100%	Consumo Autorizado (Total de agua comercializada) 4,596,594 m ³ 61.6%	Consumo Autorizado 4,311,060 m ³ 57.8%	Consumo Facturado Medido 3,625,020 m ³ 48.6%	Agua Facturada 4,311,060 m ³ 57.8%	
			Consumo facturado no medido 686,040 m ³ 9.2%		
	Pérdida de agua (Agua no comercializada) 2,861,824 m ³ 38.4%	autorizado no facturado 285,534 m ³ 3.8%	Pérdidas Comerciales 908,370 m ³ 12.2%	Consumo no facturado medido 272,457 m ³ 3.7%	Agua No Facturada 3,147,358 m ³ 42.2%
				Consumo no facturado no 13,077 m ³ 0.2%	
		Pérdidas Operativas (Perdidas en redes de distribución y abrazaderas) 1,953,454 m ³ 26.2%	Consumo No autorizado 310,189 m ³ 4.2%	Inexactitud en micromedición 598,181 m ³ 8.0%	

✓ El resumen de los componentes del ANF, desgregado por año se muestra en la Tabla N° 122.

Tabla N° 122. Resumen – Componentes ANF – Metodología IWA

Balance Hídrico - Metodología IWA										
Componente - IWA	2017		2018		2019		2020		2021	
	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%	Vol (m3)	%
Consumo Autorizado facturado	3,383,415	50.4%	3,592,312	52.0%	3,588,624	53.4%	3,875,689	50.3%	4,311,060	57.8%
Consumo autorizado no facturado	278,937	4.2%	282,515	4.1%	279,353	4.2%	252,653	3.3%	285,534	3.8%
Pérdidas Comerciales	976,767	14.6%	950,639	13.8%	922,802	13.7%	723,546	9.4%	908,370	12.2%
Pérdidas Físicas	2,073,236	30.9%	2,086,778	30.2%	1,931,614	28.7%	2,853,675	37.0%	1,953,454	26.2%
Total	6,712,355	100.0%	6,912,244	100.0%	6,722,393	100.0%	7,705,563	100.0%	7,458,418	100.0%
Total Facturado	3,383,415	50.4%	3,592,312	52.0%	3,588,624	53.4%	3,875,689	50.3%	4,311,060	57.8%
Total ANF	3,328,940	49.6%	3,319,932	48.0%	3,133,769	46.6%	3,829,874	49.7%	3,147,358	42.2%

✓ La distribución del Balance Hídrico para el año 2021 se muestra en el gráfico de la Figura N°82. Se puede observar que el consumo autorizado facturado representa el 57.80%, el consumo autorizado no facturado representa el 3.83%, las pérdidas comerciales representan el 12.18% y las pérdidas operacionales representan el 26.19% del volumen total de producción abastecido a la ciudad de Ilo (7'458,418 m3)

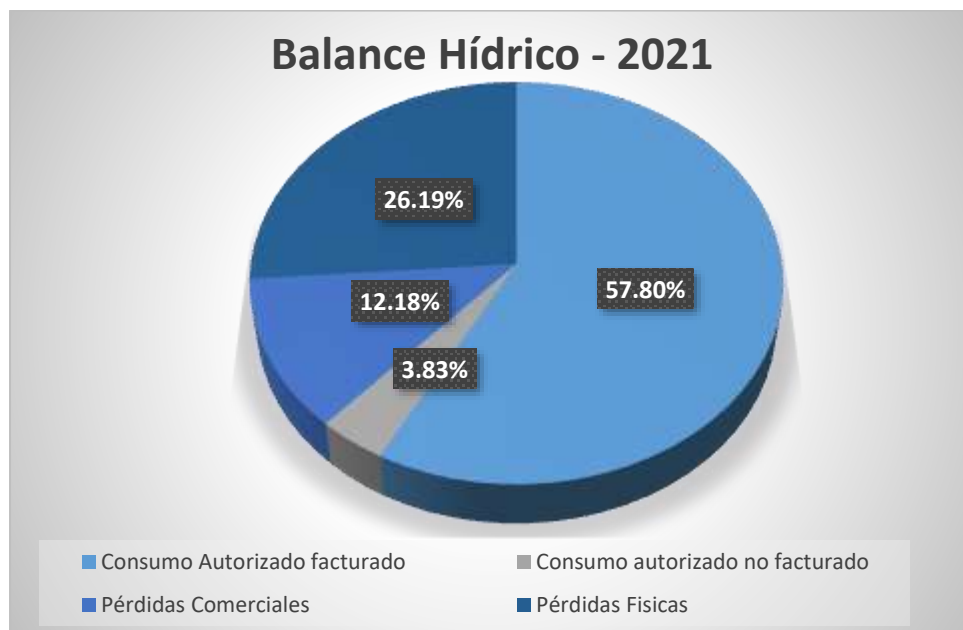


Figura N° 82. Distribución del Balance Hídrico – EPS Ilo - 2021

Fuente: Elaboración Propia

✓ Como se puede observar en el gráfico de la Figura N° 83, el volumen de agua facturada representa un 57.8% y el volumen de agua no facturada representa un 42.2% del volumen producido total para el año 2021.

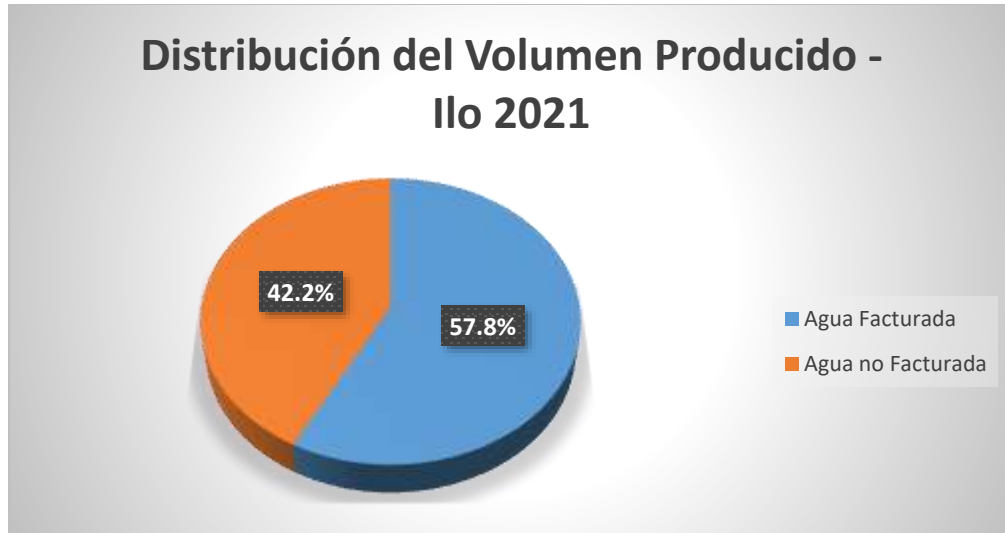


Figura N° 83. Distribución de Agua Facturada y Agua no Facturada – EPS Ilo
Fuente: Elaboración Propia

✓ En el gráfico de la Figura N° 84, se observa la distribución del ANF en los 03 componentes que propone la Metodología del Balance Hídrico – IWA para el año 2021.

✓ El consumo autorizado no facturado representa el 8.38%, las pérdidas comerciales representan el 29.34% y las pérdidas operacionales representan el 62.28% del total de agua no facturada (ANF)

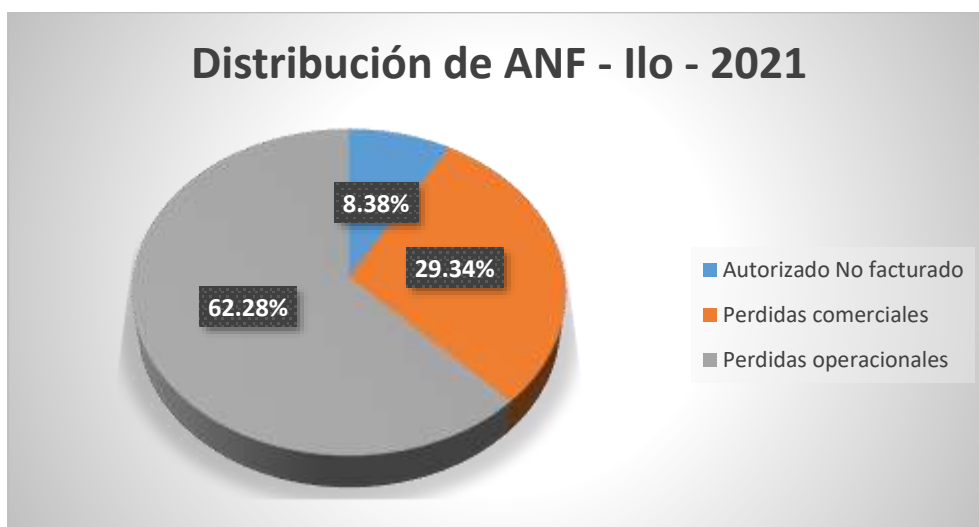


Figura N° 84. Distribución de los Componentes de Agua no Facturada – EPS Ilo
Fuente: Elaboración Propia



✓ En el gráfico de la Figura N°85 se muestra la variación que tuvo el Agua no Facturada (ANF) durante los últimos 05 años en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.

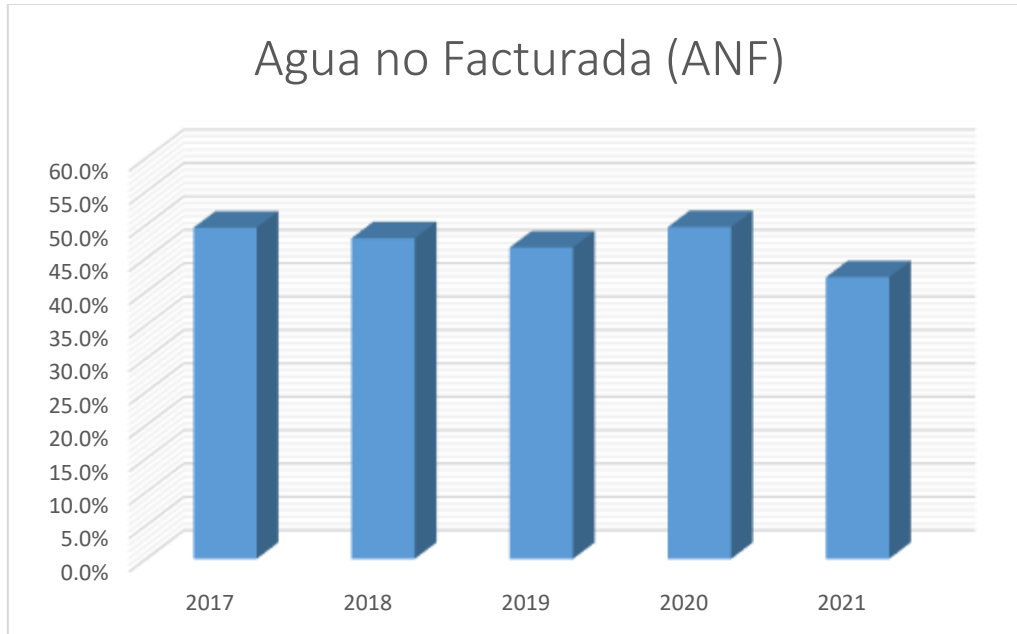


Figura N° 85. Variación del Agua no Facturada – EPS Ilo
Fuente: Elaboración Propia

4.2. Resultado de Volumen Pérdidas Operacionales – Prueba de Caudal Mínimo Nocturno.

✓ La Prueba del Caudal Mínimo Nocturno fue realizada con la finalidad de comprobar el Volumen de Pérdidas Operacionales determinado mediante la metodología del Balance Hídrico (IWA) para el año 2021. Dicha prueba fue realizada en 02 sub zonas de presión (2B-3) y (6F-1) consideradas como muestra representativa de los 02 Sistemas que abastecen a la EPS Ilo S.A. (Sistema Cata Catas y Sistema Pampa Inalámbrica). Los resultados de la prueba se muestran en la Tabla N° 123.

Tabla N° 123. Resultados – Prueba Caudal Mínimo Nocturno

Pérdidas Operacionales - Caudal Mínimo Nocturno	
Sistema	Volumen (m3/año)
Cata Catas (m3)	1,182,816.39
Pampa Inalámbrica (m3)	616,021.44



Volumen total (m3)	1,798,837.83
---------------------------	---------------------

✓ Al realizar la comparación del Volumen de Pérdidas Operacionales determinados por el Balance Hídrico – IWA y con la Prueba del Caudal Mínimo Nocturno, se observa un error del 7.9% entre ambos valores, como muestra la Tabla N° 124. Asimismo, el error en base a su incidencia en el Balance Hídrico es del 2.1%, como se muestra en la Tabla N° 125.

Tabla N° 124. Resultados - Comparación Pérdidas Operacionales

Comparación - Volumen Pérdidas Operacionales		
Metodología	Vol. Pérdidas Operacionales	Error
Balance Hídrico - IWA	1,953,453.92	7.9%
Caudal Mínimo Nocturno	1,798,837.83	
% incidencia	92.1%	

Tabla N° 125. Incidencia en el Balance Hídrico

Comparación - Volumen Pérdidas Operacionales – Balance Hídrico			
Metodología	Vol. Pérdidas Operacionales	% Balance Hídrico	Error
Balance Hídrico - IWA	1,953,453.92	26.2%	2.1%
Caudal Mínimo Nocturno	1,798,837.83	24.1%	

4.3. Resultados – Dotación de la EPS Ilo. S.A. para el año 2021.

✓ Del cálculo, se obtiene que la dotación asignada en promedio a cada habitante que cuenta con el servicio de agua potable, es de 161.70 l/hab/día para el año 2021., siendo inferior en 58.3 l/hab/día al recomendado en la Norma OS.100.

✓ Sin embargo, se debe tomar en cuenta que, la norma recomienda esa dotación para diseño, y el Sistema de Distribución de la EPS Ilo, S.A. cuenta con una antigüedad de 15 años, en donde el crecimiento poblacional toma una relevancia importante, lo que explica una dotación menor a la considerada para diseño, como se muestra en la Tabla N° 126

Tabla N° 126. Resultados – Dotación – Ilo - 2021

Dotación - Ilo - 2021		
Comparación	l/hab/día	Diferencia (l/hab/día)
Dotación - Sistema Distribución Ilo S.A.	161.70	58.30
Dotación - Norma OS.100	220.00	



4.4. Resultados – Modelo Matemático para Gestión de Pérdidas Comerciales

- ✓ El modelo matemático fue realizado a través de una regresión lineal múltiple, en donde se estableció una función para explicar la variación del Agua No Facturada, mediante el aumento o reducción del volumen producido y la micromedición.
- ✓ La regresión lineal múltiple busca determinar los coeficientes “K1” (coeficiente de Volumen Producido) y “K2” (coeficiente de micromedición ajustado) para ser aplicada en la formula, mostrada a continuación:

$$ANF \% = \frac{(K1 * \text{Volumen Producido}) - (K2 * \text{Nivel de Microm Ajustado})}{\text{Volumen Producido}}$$

En donde:

$$K1 = 0.698482319$$

$$K2 = 179273.1458$$

$$ANF \% = \frac{(0.698 * \text{Vol. Producido}) - (179273.146 * \text{Nivel de Microm Ajustado})}{\text{Volumen Producido}}$$

- ✓ Utilizando dicha fórmula, se calcula el ANF para cada mes, sus datos son comparados con el ANF Real, con el objetivo de conocer el error del modelo,
- ✓ Los resultados se muestran en Tabla N°127, en donde el error promedio es de 16,054 (m3) que representa un 2.7%.

Tabla N° 127. Porcentaje de error – Modelo Matemático

Año	Error (m3)	Error (%)
2017	21,868	3.9
2018	15,240	2.5
2019	10,572	1.9
2020	11,177	1.7
2021	21,412	3.4
Promedio	16,054 m3	2.7 %



✓ El cuadro de doble entrada (Tabla N° 114), permite calcular el volumen de ANF actual mensual o anual, conociendo el volumen de producción y la micromedición ajustada. Es necesario considerar que existe un porcentaje de error de +/- 2.7%

✓ Por ejemplo, en diciembre del año 2021 (ANF Mensual):

Volumen Producido : 672,927.88 m³

Nivel de Microm. Ajustado : 94.9 %

ANF Real : 43.6 %

Según el cuadro de doble entrada, el ANF es de 44.5 %, comparado con el ANF Real de 43.6%, la estimación posee un error del 0.91%

✓ Para el año 2021 (ANF Anual)

Vol. Producido Promedio : 620,534.83 m³

Microm. Ajust. Promedio : 85.9 %

ANF Real : 42.2 %

Según el cuadro de doble entrada, el ANF es de 45.0 %, comparado con el ANF Real de 42.2%, la estimación posee un error del 2.8%

✓ Asimismo, el cuadro permite realizar estimaciones de reducción de Agua no Facturada (ANF), al reducir el volumen de producción o al aumentar el nivel de micromedición ajustado. Debido a que es muy complicado bajar los niveles de producción, dado que esta medida conlleva afectar otros indicadores, como continuidad o calidad de servicio, la mejor forma de gestionar las pérdidas comerciales será aumentando los niveles de micromedición ajustada.

✓ Realizando una estimación para el año 2022:

Vol. Producido Promedio : 600,000 m³

Microm. Ajust. Promedio : 100 %

Según el cuadro de doble entrada, el porcentaje de ANF podría reducirse a un 40.6% con un nivel de micromedición ajustado del 98%

4.5. Resultados- Proyección de incremento a futuro del Agua no Facturada (ANF)

✓ Del cálculo realizado, se obtiene un incremento del Agua no Facturada (ANF), del 50.5% para el año 2022, del 51.9% para el año 2023 y de un 53.3% para el año 2024, como se muestra en la Tabla N° 128



Tabla N° 128. Proyección ANF (2022-2024)

Proyección para los años (2022 - 2024)			
Año	Vol. Anual Produccion (m3)	Nivel de Micromedicion Ajustado (%)	Porcentaje de ANF (%)
2022	7,637,420	82.0%	50.5%
2023	7,820,718	78.0%	51.9%
2024	8,008,415	74.0%	53.3%

✓ Según el modelo matemático, en el caso de que la EPS Ilo S.A., no implemente acciones correctivas para la gestión del Agua no Facturada, este tendrá un incremento importante de un 45% para el año 2021 a un 53.3% para el año 2024.

✓ La Figura N°86, muestra la variación de los niveles de Agua no Facturada en los últimos 05 años (2017-2021) y el incremento estimado para los próximos 03 años (2022-2024)

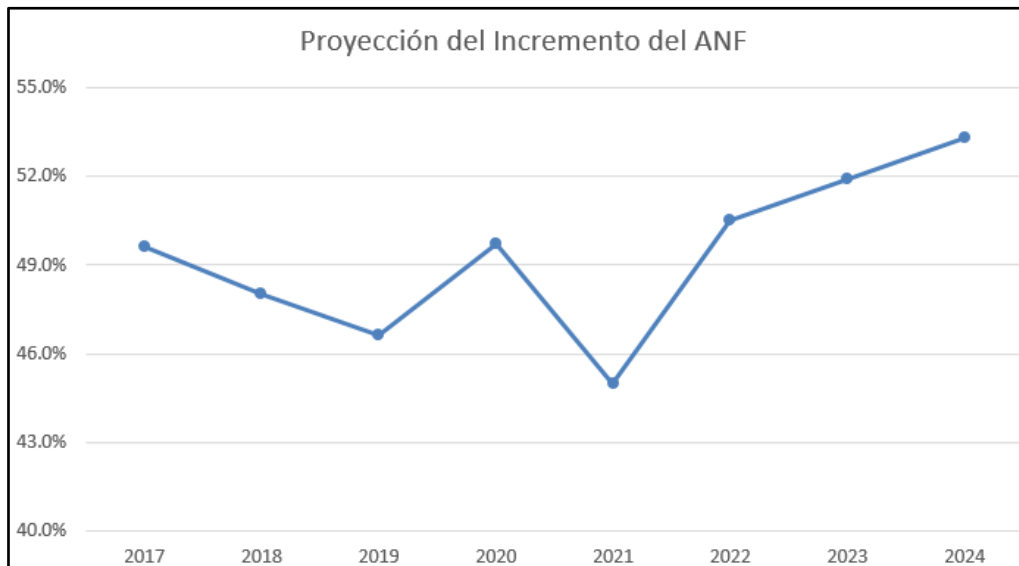


Figura N° 86. Proyección Incremento del ANF
Fuente: Elaboración Propia

4.6. Resultados – Estrategia de Control de Pérdidas Físicas Operacionales



- ✓ La estrategia propone reducir las pérdidas operacionales, considerando dos criterios. El primer criterio utiliza el indicador de Pérdidas Físicas Anuales Inevitables (PFAI) propuesto por el IWA, que explica que las pérdidas operacionales siempre estarán presentes en un sistema de abastecimiento, incluso si se tiene una gestión excelente.
- ✓ El volumen de Pérdidas Físicas Anuales Inevitables PFAI calculado para el Sistema de Abastecimiento de la ciudad de Ilo es de **293,150.81 (m3/año)**.
- ✓ El segundo criterio considera, que las pérdidas operacionales se pueden reducir, mas no eliminar, debido a que durante el tiempo de operación, existen muchos factores que generan roturas en la red, entre los que destacan, antigüedad de redes, mayor demanda de consumo y ciertos parámetros hidráulicos.
- ✓ Por ello, la estrategia no propone eliminar las pérdidas operacionales, sino reducirlas a niveles tolerables y mantener un bajo porcentaje durante el tiempo.
- ✓ El presupuesto para la implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales es de S/ **1'189,014.04**, donde S/ **962,214.04**, es el costo directo y S/ **226,800.00**, es el costo por remuneración del personal técnico, como se muestra en la Tabla N°129.
- ✓ El plazo de implementación considerado, será de 12 meses; sin embargo, se propone que para lograr la sostenibilidad de la actividad de control de pérdidas operacionales, el plazo sea ampliado, sustentado bajo el segundo criterio, de mantener un porcentaje bajo de pérdidas operacionales perdurable en el tiempo.

Tabla N° 129. Resumen Presupuesto - Control de Pérdidas Operacionales

Ítem	Descripción	Total
1	Equipamiento	S/ 730,050.00
2	Detección De Fugas	S/ 78,835.44
3	Reparación de Fugas	S/ 147,208.60
4	Control y Monitoreo de Fugas	S/ 6,120.00
Costo Directo		S/ 962,214.04
Costo de Personal		S/ 226,800.00
Costo Total		S/ 1'189,014.04

- ✓ Considerando que el volumen de pérdidas operacionales fluctúa entre un 26.2% (determinado por el Balance Hídrico – IWA) y 24.1% (determinado mediante la prueba del caudal mínimo nocturno), generando un error de +/- 2.1% y el volumen de Pérdidas Físicas Anuales Inevitable (PFAI) es de 293,150.81 (m3/año), que representa un 3.9% en el Balance Hídrico. La estrategia busca reducir las pérdidas operacionales a un 8.1%.



Capítulo V: Discusión

5.1. Contraste de resultados referentes al marco teórico

¿Qué criterios se tomaron en cuenta para elaborar el Balance Hídrico mediante la metodología IWA, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.?

Para la correcta elaboración del Balance Hídrico, es fundamental contar con información referente al sistema, parámetros hidráulicos e indicadores de gestión, a cargo de la Gerencia de Operaciones y de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A., por lo que es necesario conocer con cuanta información confiable se cuenta.

La información faltante es generada mediante la recolección de datos y la ejecución de pruebas en campo, las cuales deben tener el sustento técnico necesario para ser consideradas dentro del Balance Hídrico.

Finalmente, es importante contar con medios de verificación y comprobación de resultados, para calcular el porcentaje de error.

¿Cuáles son los principales componentes que forman parte del Agua no Facturada (ANF), según el Balance Hídrico?

El Agua no Factura (ANF) del Balance Hídrico está conformado por 03 componentes, descritos a continuación:

- Consumo Autorizado no Facturado
 - Consumo no facturado medido
 - Consumo no facturado no medido
- Pérdidas Comerciales
 - Consumo no autorizado
 - Inexactitud en la micromedición
- Pérdidas Operacionales
 - Pérdidas en redes de distribución.
 - Pérdidas en abrazadera.



Cabe destacar, que el Consumo Autorizado no Facturado, no es un componente de ANF, el cual es utilizado a demanda, no es gestionable para reducción.

Sin embargo, las Pérdidas Operacionales y las Pérdidas Comerciales, son gestionables para reducción.

¿Qué criterios se tomaron en cuenta para realizar el Modelamiento Matemático para gestionar pérdidas comerciales, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.?

El modelo matemático fue realizado mediante una regresión lineal múltiple, elaborada en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), tomando como datos, información generada y procesada por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial de la EPS Ilo S.A. de los últimos 05 años, con la finalidad de tener una mayor precisión al determinar los coeficientes (K1-K2).

Es fundamental realizar ciertas verificaciones (técnico y estadístico) para que el modelo matemático sea confiable, y de utilidad para ser aplicado en la gestión de pérdidas comerciales.

¿Qué criterios se tomaron en cuenta para realizar la Estrategia de Control de Pérdidas para gestionar las pérdidas operacionales, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.?

Considerando que existen varias alternativas para gestionar las pérdidas operacionales como (el control de presiones, la simulación del sistema bajo diferentes parámetros hidráulicos o la renovación de tramos de tubería con alta recurrencia de reparaciones por rotura).

Se decidió elaborar la estrategia que consiste en la pre-localización, localización, reparación y monitoreo de fugas operacionales, debido a que el presupuesto para su implementación no es muy alto frente a las ventajas que brinda; entre las que destacan, crear una base de datos actualizada del mantenimiento y control de fugas en la red; y conformar un equipo especializado en control de pérdidas operacionales, el cual no se encuentra implementado en la EPS Ilo S.A. en la actualidad.

5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

¿El porcentaje de Agua no Facturada (ANF) determinado mediante el Balance Hídrico – IWA, se aproxima al porcentaje de ANF, reportado como indicador mensual/anual por la EPS Ilo S.A. a SUNASS?



Al realizar la comparación entre el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) determinada mediante el Balance Hídrico IWA y el porcentaje de (ANF) reportado por la EPS Ilo S.A. a SUNASS, se obtuvo un error promedio (últimos 05 años) de 0.63%

Para el año 2021 el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) determinada mediante el Balance Hídrico IWA es de 42.2% y el porcentaje de (ANF) reportado por la EPS Ilo S.A. a SUNASS es de 40.85%, obteniendo un error de 1.35%

¿Qué componente del Agua no Facturada (ANF) representa el mayor porcentaje de pérdidas, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la EPS Ilo S.A.?

Al realizar el análisis de los resultados, se observa que el componente que presenta un mayor porcentaje de Agua no Facturada (ANF), es el componente operacional, con un promedio de 30.6% en los últimos 05 años.

Para el año 2021, el componente operacional presenta un porcentaje de (ANF) de 26.2% frente a 12.2% de (ANF) comercial.

¿El porcentaje de Agua no Facturada (ANF) operacional determinado mediante el Balance Hídrico - IWA, se aproxima al porcentaje de ANF operacional determinado mediante la Prueba del Caudal Mínimo Nocturno?

Al realizar la comparación entre el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) operacional determinada mediante la metodología del Balance Hídrico IWA y el porcentaje de (ANF) operacional determinado mediante la Prueba del Caudal Mínimo Nocturno, se obtuvo un error de 7.9%

Asimismo, al realizar la comparación entre ambos valores de (ANF) operacional, en base a su incidencia en el Balance Hídrico, se obtuvo un error de 2.1%

5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis

¿Los resultados del Agua no Facturada determinados mediante el Balance Hídrico – IWA, se aproximan al valor planteado en la Hipótesis General de la presente investigación?

La Hipótesis General plantea que el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) determinada mediante la metodología IWA en el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS Ilo S.A., para el año 2021 será de 45%.

El ANF determinado es de 42.2%, lo cual representa una aproximación muy cercana con el nivel de ANF propuesto en la Hipótesis General.



¿Los resultados del Agua no Facturada (componentes operacional y comercial) determinados mediante el Balance Hídrico – IWA, se aproximan a los valores planteados en la Sub Hipótesis N° 1 y N° 2 de la presente investigación?

La Sub Hipótesis N°1 plantea que el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) en el componente operacional será de 25%. Mientras que la Sub Hipótesis N°2 plantea que el porcentaje de Agua no Facturada (ANF) en el componente comercial será de 20%

El ANF operacional determinado por el Balance Hídrico, para el año 2021 es de 26.2%, lo cual representa una aproximación muy cercana con el nivel de ANF propuesto en la Sub Hipótesis N°1.

El ANF comercial determinado por el Balance Hídrico, para el año 2021 es de 12.2%, lo cual no representa un nivel de aproximación con el porcentaje de ANF propuesto en la Sub Hipótesis N°2.

¿Cuál es la relevancia de gestionar el Agua no Facturada (ANF) comercial, mediante el modelamiento matemático?

A pesar de que el modelo matemático representa una herramienta útil para la gestión de pérdidas comerciales; en la práctica, no presenta gran relevancia en la reducción del Agua no Facturada (ANF), debido a varios factores, entre los que destacan:

- Para diciembre del 2021, el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de la EPS Ilo S.A. cuenta con 29,945 usuarios, de los cuales 28,610 cuentan con medidor, lo cual representa un 95.5% de conexiones con medidor. Asimismo, de los 27,928 usuarios con conexiones facturadas, 27,536 fueron facturados mediante la lectura de medidores, lo que representa un 98.6% de nivel de micromedición. Del mismo modo, de los 28,610 usuarios que cuentan con medidor, 27,536 fueron facturados mediante la lectura de medidores, lo que representa un 96.2% de Eficiencia en la micromedición. Considerando que el producto del nivel de micromedición y la eficiencia en la micromedición, da como resultado el Nivel de Micromedición Ajustado (94.9%). Estos valores de micromedición son muy altos (ceranos al 100%), lo cual, no permite reducir el porcentaje de (ANF) de forma sustancial. Sin embargo, los valores calculados en la tabla de doble entrada, cuyas variables son el “volumen producido” y el “nivel de micromedición ajustado”, nos permite inferir el comportamiento del ANF a medida que varíen las referidas variables.



- Al realizar el análisis de usuarios según la antigüedad de sus micro-medidores, utilizando el padrón de usuarios proporcionada por la Oficina de Catastro Comercial de la Gerencia Comercial de la EPS Ilo, se observó que el 81% del total de medidores activos tienen una antigüedad menor a 03 años, lo cual evidencia, no solo que se cuenta con un alto porcentaje de usuarios con medidores, sino que estos se encuentran en buen estado, porque se encuentran en el periodo de su vida útil, considerando la antigüedad de los mismos.
- Debido a ello, el modelo matemático pierde relevancia para la reducción del componente comercial, pero tiene importancia para inferir el comportamiento del ANF en función de la variación de las variables volumen producido y nivel de micro medición ajustado, dado que el aumento de la micro-medición no afectará en forma sustancial el 12.2% de ANF comercial, que se busca reducir.

¿Cuál es la relevancia de gestionar el Agua no Facturada (ANF) operacional, mediante la implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales?

La implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales toma mayor relevancia, debido a que su objetivo es reducir el componente operacional de ANF (26.2%) a un 8% mediante la pre localización, localización, reparación y monitoreo de fugas en la red de distribución; así como mantener un porcentaje bajo de ANF para los próximos años.

5.4. Aporte de la investigación

¿Es viable realizar el Balance Hídrico mediante la metodología IWA para determinar los componentes de Agua no Facturada (ANF), en comparación con otros métodos de determinación de ANF?

Es viable, debido a que la determinación del Balance Hídrico mediante la metodología IWA, al ser un método ágil y versátil, se realiza en un periodo de tiempo corto, representa una inversión económica baja por parte de la EPS Ilo S.A. y un porcentaje de error bajo, según la confiabilidad de la información utilizada; en comparación con otros métodos de determinación de los componentes del Agua no Facturada (ANF), los cuales demandan tiempos prolongados y costos onerosos de evaluación.

Asimismo, brinda la ventaja de llevar el monitoreo de la información generada por las oficinas que conforman la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial.



¿Es viable realizar el modelamiento matemático para gestionar el componente comercial de Agua no Facturada (ANF)?

Es viable, principalmente porque su elaboración no representa ninguna inversión económica para la EPS Ilo S.A., dado que la información utilizada es procesada al 100% mediante una hoja de cálculo, utilizando información que genera la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial. Sin embargo, para el presente trabajo de investigación, no tendrá mayor relevancia, debido a los factores antes descritos.

¿Es viable implementar la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales para gestionar el componente operacional de Agua no Facturada (ANF)?

A pesar de que la implementación de la Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales conlleva una inversión mayor; se considera viable, debido a que representa una inversión menor en comparación a proyectos de inversión destinados a la renovación de redes antiguas o con alto nivel de roturas. Asimismo, brinda varias ventajas, como la implementación del departamento de control de pérdidas operacionales; además de contar con equipamiento de última generación para la gestión (pre localización, localización, reparación y monitoreo) de las pérdidas operacionales, con la finalidad de que los resultados obtenidos luego de la intervención del ANF operacional, sean sostenibles en el tiempo.

¿Se podría aplicar esta metodología en otras Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, con altos niveles de Agua no Facturada (ANF)?

El estudio demuestra que esta metodología se puede aplicar en otras Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS); siempre y cuando, se cuente con acceso a la información operacional y comercial, y que dicha información sea confiable y se cuente con los mecanismos de verificación de los resultados obtenidos, como lo utilizado en la presente investigación, al verificar los resultados utilizando la metodología del caudal mínimo nocturno.

En base al análisis de los resultados obtenidos para los diferentes parámetros del Agua no Facturada (ANF) entre los años 2017 – 2021. ¿Cuál es la tendencia del Agua no Facturada a futuro si la EPS Ilo S.A. no implementa acciones correctivas para su reducción?

De acuerdo al análisis realizado, aplicando el cuadro de doble entrada propuesto por el modelo matemático, se realizó la proyección del incremento a futuro del Agua no Facturada para los años (2022, 2023 y 2024), simulando un escenario en el que la EPS Ilo S.A. no implemente acciones correctivas para su reducción. Para ello, se consideró el incremento promedio anual



en los niveles de producción de agua potable de los últimos 05 años (2017-2021) y una disminución del 4% anual en los niveles de micro-medición ajustado.

Del análisis realizado, se obtuvo un incremento del Agua no Facturada (ANF), del 50.5% para el año 2022, del 51.9% para el año 2023 y de un 53.3% para el año 2024.

Demostrando una tendencia incremental ascendente en los niveles de Agua no Facturada, en el caso de que la EPS Ilo S.A., no implemente acciones correctivas para su gestión, obteniendo un aumento de 45% para el año 2021 a un 53.3% para el año 2024.

Glosario

- **Agua Facturada:** Volumen de agua potable (m³), que genera ingresos económicos a la EPS por concepto de la medición del consumo del usuario.
- **ANF:** Agua no Facturada. Es el volumen de agua potable (m³), que no genera ingresos a la EPS, es la diferencia entre el volumen producido y el volumen facturado.
- **Balance Hídrico:** Evaluación realizada con el objetivo de determinar el Agua no Facturada disgregada entre sus principales componentes.
- **Coefficiente de Correlación de Pearson (R):** Coeficiente que permite analizar la relación que existe entre dos variables evaluadas dentro de una regresión lineal, y mide el grado de asociación lineal entre dichas variables. El coeficiente R puede variar de -1 a 1, acercándose a 0 cuando la correlación es muy débil y acercándose a 1 o -1 cuando la correlación es muy fuerte. El mismo coeficiente confirma la dirección y tendencia de la relación con un signo negativo (-) si la relación es negativa y con signo (+), si la relación es positiva. Al ser elevado al cuadrado, se obtiene el Coeficiente de Determinación.
- **Coefficiente de determinación (R²):** Coeficiente que indica qué tanto de la información (que se usó en el cálculo de regresión) está siendo incluida en el modelo matemático. El coeficiente R² varía de “0” a “1”, cuando se aproxima a “1” significa que la mayoría de la información se incluyó en el modelo y que el modelo es certero y representativo; cuando R² se acerca a 0 significa que muy poca información se incluyó en el modelo y que dicho modelo no estaría representando la verdadera relación entre las dos variables.
- **Clandestinaje:** Pérdidas de agua potable, por concepto de consumos no autorizados por la EPS.



- **Eficiencia en la Micro medición:** Porcentaje de conexiones domiciliarias que cuentan con micro medidor y que fueron lecturadas, dentro del sistema de distribución de agua potable.
- **EPS:** Empresa Prestadora de Servicios
- **Facturación:** Es la acción referida a todos los actos relacionados con el registro y cobro de una factura, derivado de la venta de un bien o la prestación de algún servicio.
- **Fuga:** Pérdida de agua potable, presente en los sistemas de abastecimiento.
- **Hidrante:** Dispositivo hidráulico, conectado a la red de distribución de agua potable, con el objetivo de suministrar agua en caso de incendios.
- **Hermeticidad de válvulas:** Verificación del funcionamiento y operatividad de las válvulas presentes en un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.
- **IWA:** International Water Association - Asociación Internacional del Agua
- **Macro-medición:** Proceso de medición de altos niveles de caudales, con el objetivo de conocer el volumen de agua de ingreso al sistema, zona de presión, reservorio o Planta de Tratamiento.
- **Micro-medición:** Proceso de medición de caudales menores, con el objetivo de conocer el volumen de agua consumido por los usuarios.
- **Nivel de Micro medición:** Porcentaje de conexiones domiciliarias que cuentan con micro medidor, dentro del sistema de distribución de agua potable.
- **Nivel de Micro medición Ajustado:** Producto del nivel de micro medición y la eficiencia en la micro medición.
- **Pérdidas Comerciales:** Pérdidas de agua potable que son entregadas al usuario, pero no se mide o registra con exactitud.
- **Pérdidas Operacionales:** Pérdidas de agua potable que no son entregadas al usuario, y se pierden en la red de distribución de agua potable.
- **PFAI:** Pérdidas Físicas Anuales Inevitables
- **Prueba de Caudal Mínimo Nocturno:** Prueba realizada en horas de la noche, con el objetivo de determinar el caudal y volumen de pérdidas operacionales, bajo condiciones de consumo mínimo y presión máxima en la red de distribución evaluada.
- **PTAP:** Planta de Tratamiento de Agua Potable.
- **Purgas en redes:** Procedimiento que tiene como objetivo evitar la sedimentación de partículas en las redes de distribución, asegurando la calidad de agua en el sistema en los parámetros de turbidez y presencia de cloro residual.
- **RNE:** Reglamento Nacional de Edificaciones.



- **Regresión Lineal:** es una técnica de modelado estadístico que se emplea para describir la relación entre una variable dependiente (Y) en función de una o varias variables independientes (X). Puede ayudar a comprender y predecir el comportamiento de sistemas complejos o a analizar datos experimentales, estadísticos y financieros.
- **Regresión Lineal Multivariable:** Modelo que utiliza una variable dependiente (Y) y más de una variable independiente (X_1, X_2, X_i)
- **Regresión Lineal Simple:** Modelo que utiliza una variable dependiente (Y) y una variable independiente (X_1)
- **Reservorio:** Infraestructura destinada al almacenamiento y suministro de agua potable.
- **Sobre-Registro:** Medidor que registra un volumen de agua potable mayor al que volumen real.
- **Sub-Registro:** Medidor que registra un volumen de agua potable menor al que volumen real.
- **SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- **Valores Atípicos:** Son los valores determinados mediante la regresión lineal, que no mantienen la condición de homogeneidad en los gráficos de residuales.
- **Valores Observados:** Son los valores generados a partir de las variables utilizadas en la regresión lineal, estos valores son considerados reales ya que no son generados a partir del modelo matemático.
- **Valores Predichos:** Son los valores determinados mediante el modelo matemático, a través de la regresión lineal.
- **Valores Residuales:** Es la diferencia entre los valores reales y los valores predichos, el gráfico de residuales permite identificar valores atípicos y explicar su comportamiento.
- **Variables dependientes:** son aquellas variables utilizadas en la regresión lineal cuyos valores están en función de otra variable o variables.
- **Variables independientes:** son aquellas variables utilizadas en la regresión lineal cuyos valores no varían en función de otras variables.
- **Volumen Contra Incendios:** Volumen de agua utilizado para atender posibles incendios, dentro de la zona de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable
- **Volumen de Producción:** Volumen de agua captada y tratada en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), el cual será ingresada en el sistema de abastecimiento de agua potable.



Conclusiones

Conclusión N° 01

La Hipótesis General indica que: “El porcentaje de agua no facturada (ANF) determinada mediante la metodología de la IWA en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A, para el año 2021 es superior al 40%”; por ello, la Hipótesis General queda demostrada, debido a que, mediante el Balance Hídrico – IWA se determinó un porcentaje de Agua no Facturada de 42.2 %, para el año 2021, superando al valor planteado en la Hipótesis General, en 2.2%.

Conclusión N° 02

La Sub Hipótesis N°01 indica que: “El porcentaje de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 25% para el año 2021”; por ello, la Sub Hipótesis N°01 queda demostrada, debido a que, mediante el Balance Hídrico – IWA se determinó un porcentaje de pérdidas operacionales de 26.2 %, para el año 2021, superando al valor planteado en la Sub Hipótesis N°01, en 1.2%.

Conclusión N° 03

La Sub Hipótesis N°02 indica que: “El porcentaje de pérdidas de comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 15% para el año 2021”; por ello, la Sub Hipótesis N°02 no se logró demostrar, debido a que, mediante el Balance Hídrico – IWA se determinó un porcentaje de pérdidas comerciales de 12.2 %, para el año 2021, obteniendo un valor inferior en 2.8% con respecto al porcentaje planteado en la Sub Hipótesis N°02.

Conclusión N° 04

La Sub Hipótesis N°03 indica que: “Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales, será la que tenga mayor relevancia para reducir el ANF”; por tanto, la Sub Hipótesis N°03 queda demostrada, debido a que, el objetivo de implementar la estrategia de control de pérdidas operacionales, consiste en reducir el porcentaje de ANF operacional de un 26.2% a un 8%, reduciendo un total de 18.2%.



Conclusión N° 05

La Sub Hipótesis N°04 indica que: “Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación del modelo matemático de Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales, será la que tenga mayor relevancia para reducir el ANF”; por tanto, la Sub Hipótesis N°04 no queda demostrada, debido a que, la EPS Ilo S.A. presenta un nivel de micromedición ajustado de 94.9%, el cual al ser muy cercano al 100%, no genera una reducción del ANF relevante.

Considerando un volumen de producción de 600,000 m³ y un nivel de micro-medición del 100%, el ANF se reduciría tan solo un 2.2%.

Conclusión N° 06

En conclusión, el componente que representa el mayor porcentaje de Agua no Facturada (ANF), es el componente operacional con un 26.2%, en comparación al componente comercial, con un 12.2%. Asimismo, el componente de ANF que requiere gestión e intervención prioritaria es el componente operacional.

Conclusión N° 07

La presente investigación demostró que es técnica y económicamente viable utilizar la metodología del Balance Hídrico – IWA, como alternativa de otros métodos de determinación de Agua no Facturada (ANF) los cuales demandan tiempos prolongados y costos onerosos de evaluación.



Recomendaciones

Recomendación N° 01

Se recomienda implementar la estrategia de control de pérdidas operacionales de forma prioritaria, para la reducción del Agua no Facturada (ANF) operacional; debido a que es el componente de pérdida más representativo.

Recomendación N° 02

Se recomienda, implementar planes alternativos para la reducción de pérdidas operacionales, como el control de presiones y la ejecución de proyectos de inversión para renovación de redes de distribución, priorizando los tramos de redes más antiguos.

Recomendación N° 03

Se recomienda, la implementación de un Laboratorio de medidores, con la finalidad de realizar un control más minucioso de la inexactitud en la micro-medición, dado que, en dos o tres años, los medidores con una antigüedad de 03 años, que actualmente representan el 81%, habrán cumplido su vida útil generando pérdidas por sub-registro.

Recomendación N° 04

Se recomienda, mejorar la eficiencia en la micromedición, a través de la capacitación del personal encargado de realizar las lecturas de micro-medidores; asimismo, realizar rotaciones del personal en diferentes rutas de lectura de micro-medidores y mejorar la supervisión de dicho personal.

Recomendación N° 05

Se recomienda, realizar trabajos de mantenimiento y calibración a los macro-medidores y manómetros ubicados en las cámaras de monitoreo y verificar que se encuentren operativos, con la finalidad de llevar un mejor control y monitoreo del volumen de agua que ingresa a las zonas y sub zonas de presión del ámbito de influencia de la red de distribución de agua potable de la EPS Ilo S.A.

Recomendación N° 06



Se recomienda, actualizar los planos de catastro técnico y comercial de la red de distribución de la EPS Ilo S.A. con la finalidad de agilizar los trabajos de sectorización y programación de actividades destinadas al control y reducción de pérdidas. Es fundamental verificar que los planos de catastro se encuentren actualizados, antes de realizar dichos trabajos.

Recomendación N° 07

Se recomienda, realizar la determinación del Agua no Facturada mediante el Balance Hídrico – IWA, anualmente, para realizar el seguimiento de aumento o reducción de los componentes del ANF.



Referencias.

- Acosta, R. (2019). Exposición del Modelo Matemático (Regresión Lineal Multivariable) aplicado en la ciudad de Huaral para la determinación del Agua No Facturada – OTASS. Lima, Perú.
- Agüero, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales – Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Madrid, España.
- Caporali, S. A. (1989). Control de pérdidas y uso eficiente del agua. Cali, Colombia.
- Cavalcanti, C. A. (1996). Medición de agua: política y práctica. Brasil: COMUNIGRAF.
- Cooperación Técnica Alemana – GIZ – PROAGUA (2009). Determinación y reducción del agua no facturada en sector piloto – Huaraz. Huaraz, Perú.
- Cooperación Técnica Alemana – GIZ – PROAGUA II (2015). Módulo 05 de la serie de gestión comercial de las EPS. Perú.
- Empresa Concesionaria De Servicios Sanitarios S.A. (2014). Agua no facturada en sistemas de agua potable. Chile: ECONSSA Chile S.A.
- Fragoso, L. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. México.
- Franco, K.S. (2019). Calculo del nivel económico de fugas en redes de distribución de agua y análisis de sensibilidad a corto plazo. Ecuador.
- Garmendia, M. Z. (2020). Aplicaciones de estadística básica en Microsoft Excel y R. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Gerardo, T. L. (2012). La sectorización en la optimización hidráulica de redes de distribución de agua potable. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Kennedy, A. P. (2012). Manual de aforos. México: Instituto mexicano de Tecnología del agua.
- Piqueras, V. (2015). Calidad físico-química del agua en los manantiales de los términos municipales de Benafer. España.
- Rivero, D. S. (2008). Metodología de la Investigación. Argentina, buenos Aires: Shalom.
- Rodríguez, P. (2001). Abastecimiento de Agua. México



- Sampieri, H. R. (2006). Metodología de la investigación (Quinta Ed.). México: Mcgraw-Hill.

Referencias de internet.

- Agua No Facturada (ANF), recuperado el 2021 de:
https://www.econssachile.cl/pdf/v.html?file=docs/estudios/ANF_web.pdf#magazineMode=true
- Control de agua no facturada y uso eficiente de agua. Recuperado el 2021 de:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/06430/06430.pdf>
- Determinación y reducción de Agua No Facturada en sector Piloto – Huaraz. Recuperado el 2021 de:
http://www.proagua.org.pe/pmri/po/PlanPilotoANF_ET.pdf
- Estadística – Regresión Lineal – Excel – SPSS. Recuperado 2021 de:
<https://www.estadistica.net/PAU2/regresion.pdf>
- La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. Recuperado el 2021 de:
<https://1library.co/document/zxvd5w4y-sectorizacion-redes-agua-potable-mejorar-eficiencia-hidraulica.html>
- Perdidas físicas determinación de fugas no visibles. Recuperado el 2021 de:
http://www.proagua.org.pe/pmri/capa/PitometContPerd_VL.pdf
- Rebollo, L. (2017). Movimiento del agua en el suelo. Recuperado el 2021 de:
https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-67044/TAB42351/T4-Movimiento%20del%20agua%20en%20el%20subsuelo.pdf
- SUNASS, (2018). Gestión de Pérdidas de Agua en Prestadores de Servicio de Saneamiento. Recuperado el 2021 de:
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ICTA/ITGA18/Gesti%C3%B3n%20de%20P%C3%A9rdidas%20de%20Agua%20en%20Prestadores%20de%20Servicio%20de%20Saneamiento%20SUNASS.pdf>
- Valor de ajuste del índice de fugas de agua. Recuperado 2021 de:
<https://www.redalyc.org/journal/496/49660955039/html/>





Anexos

Anexo 1. Formulario de control operacional diario de PTAP II - Pampa Inalámbrica

EPS ILO INSTITUTO PROFESIONAL DE SERVICIOS DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE PAMPA INALAMBRICA

HMO: 11-01-22 HMO: 11-01-22

FECHA:	TURNO:		PRODUCCIÓN (M3)	MEDIDOR PARSHALL	ALTURA RESERVOIRIO	DOSEP N°:		N° CL: 2240	FILTROS										BOMBAS				ESTACION DE BOMBEO				ADUCCION				
	HORA:	TURNO:				VCR	VCS		TOTAL	SOL	POL	MODULO A					MODULO B					DELICION	CLORO	IMPULSION MODULO A		IMPULSION MODULO A		Lectura final	Lectura final	Lectura final	Lectura final
												CONSUMO MODULO	P1	P2	P3	P4	P5	F1	F2	F3	F4			F5	CONTRIA	CONTRIA	CONTRIA				
08:00																															
09:00	14	184	263	747	616	53	0.18	73	220	240																					
10:00	137	288	425	614	38	0.17	80	235	235																						
11:00	137	288	425	614	38	0.17	80	225	230																						
12:00	137	288	425	614	38	0.17	80	200	205																						
13:00	137	288	425	614	38	0.17	80	190	195																						
14:00	137	288	423	614	38	0.17	80	180	185																						
15:00	149	187	371	617	51	0.13	52	180	180																						
16:00	187	187	371	617	51	0.13	52	170	175																						
17:00	187	187	371	617	51	0.13	52	165	160																						
18:00	184	187	396	613	61	0.18	54	160	155																						
19:00	187	212	396	617	51	0.14	57	145	140																						
20:00	187	212	396	617	51	0.14	57	135	130																						

Total volumen captado: 4843 m³ Total volumen tratado: 2844.2 m³ Total caudal: 0.24, 0.21, 0.16, 0.08, 0.07, 0.21, 0.13, 0.16, 0.12

Observaciones: CUCO 4 a 40.292 J. en modulos

OCCURENCIAS:


- 08:00 inicio de turno continuo
- 09:55 Ingreso cesar cruz y Daniel para realizar trabajos en la Camarota de decantado M2A
- 13:00 Ingreso los Sres encargados de reparar diapas con puertos del M2B
- 16:00 cambio a Comb a R2
- 17:00 cambio a Comb a R2

STOCK DE INSUMOS

- CLORURO FERRICO
- SULFATO FERRICO 16 cilindros
- HTH 38 kilos
- CLORO
- POL. CATIONICO 22 cilindros
- POL. ANIONICO 24 kilos
- PASTILLAS DPD 48 sobres
- PASTILLAS FI 24 sobres
- CLORO 37 kilos
- PTA 40 kilos



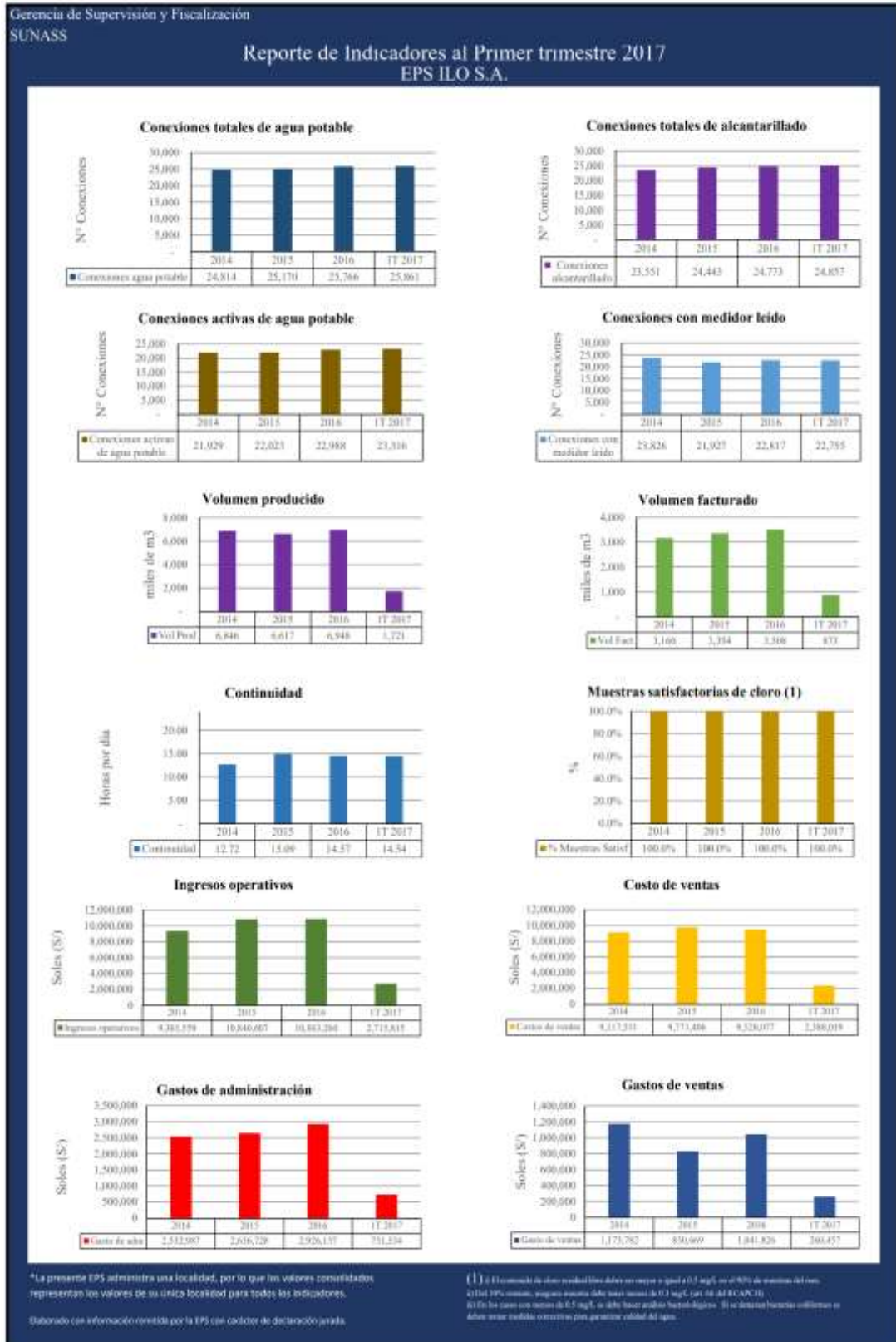
Anexo 2. Certificado de lavado y desinfección de Reservorios

 EPS ILO <small>EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO LO SOCIEDAD ANÓNIMA - EPS S.A.S.A.</small>	INSTRUCTIVO OPERATIVO	RPE 03.05 GO
	CERTIFICADO DE DESINFECCIÓN DE RESERVORIOS	
	Emisor: Control de Calidad y Gestión Ambiental	Fecha Emisión: 28/01/21
	Revisión: Gerencia Operaciones	Versión N°: 03 Fecha: 28/01/21
EPS ILO S.A. CERTIFICADO DE DESINFECCIÓN N° 01 DEL RESERVORIO		
LOCALIDAD	:	ILO
SECTOR	:	"F"
N°	:	02
FECHA	:	22/01/2021
HORA	:	08:30 am A 12:30 pm
IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DESINFECTADA: Reservorio 2 (800 m3)		
Se certifica que la Unidad antes mencionada ha sido desinfectada en la fecha indicada, bajo la SUPERVISIÓN DE LA OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL, de acuerdo a los procedimientos establecidos sobre Limpieza y Desinfección de Redes y Reservorios		
La desinfección se realiza por:		
<input type="checkbox"/> Cumplimiento del programa Anual de Limpieza y desinfección de Reservorios Con fecha prevista Para: 22/01/2021		
<input type="checkbox"/> Medidas Preventivas		
<input type="checkbox"/> Atención a la "Notificación de medida correctiva" N° _____		
_____ Encargado Control de Calidad y Gestión Ambiental		_____ Gerencia Operaciones
REVISADO	APROBADO	Página 1 de 8



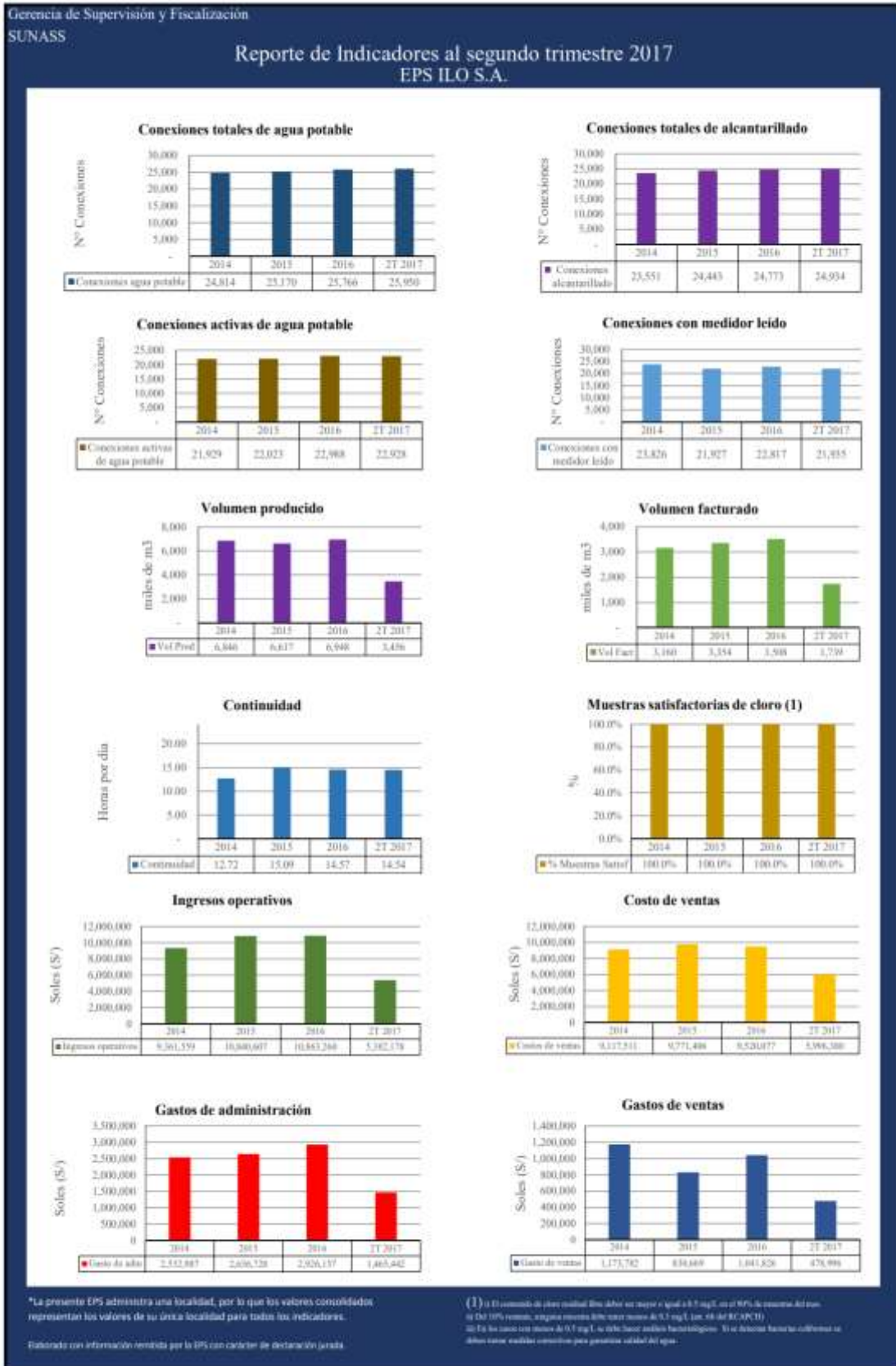
Anexo 3. Reporte de los indicadores de gestión de la EPS. Ilo. S.A.

Indicadores de Gestión - 2017-I Trimestre



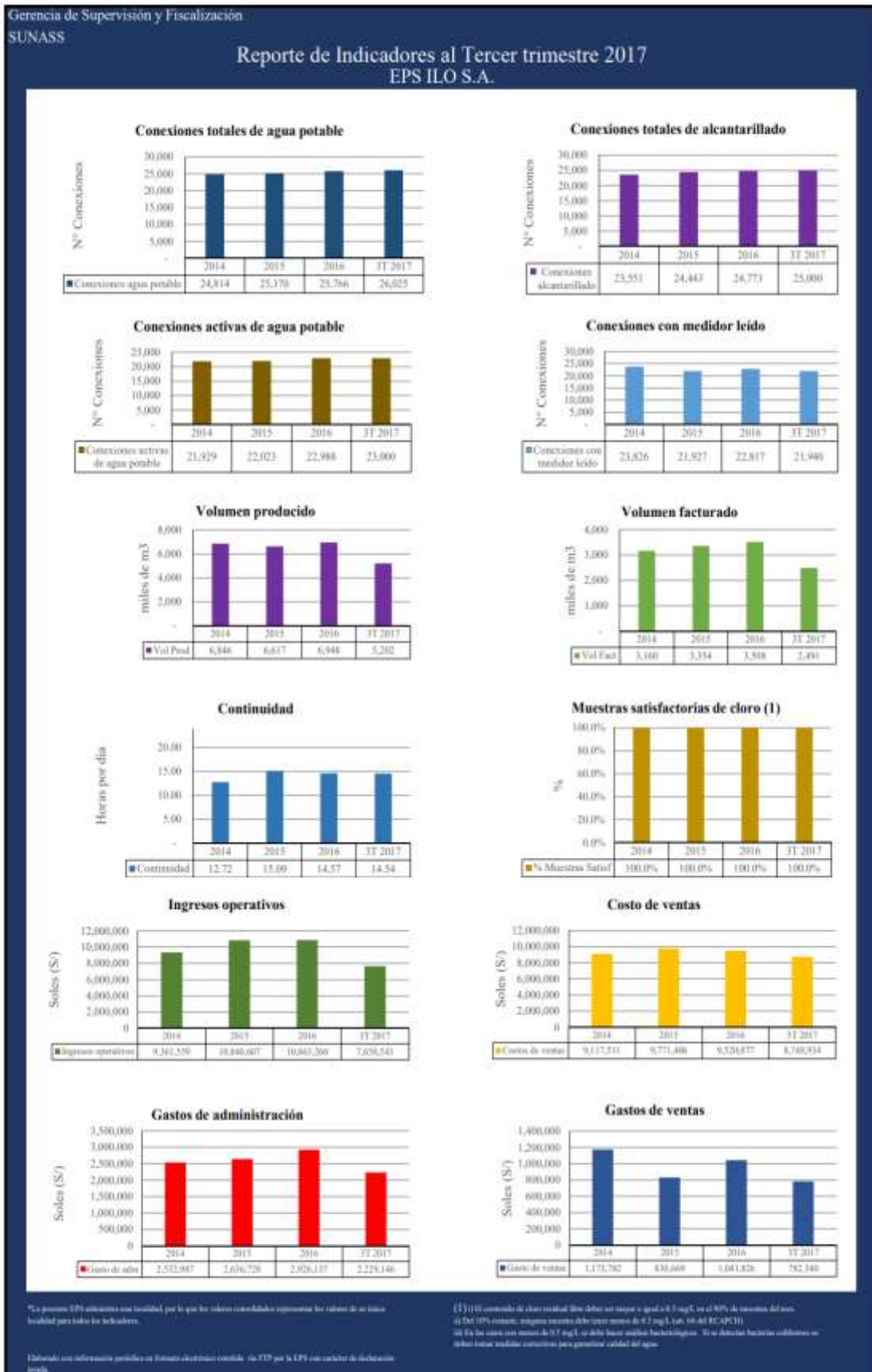


Indicadores de Gestión - 2017-II Trimestre



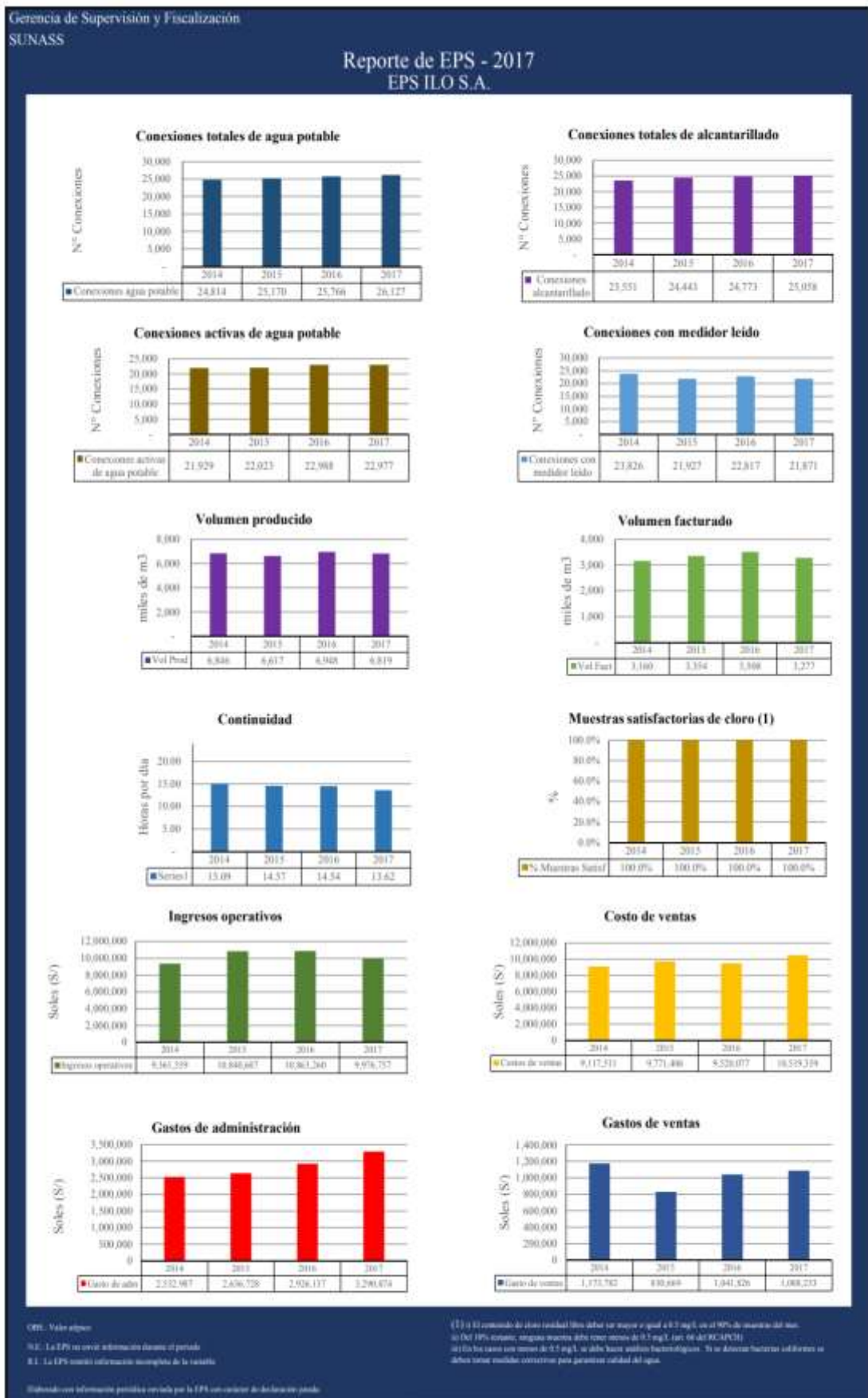


Indicadores de Gestión - 2017-III Trimestre



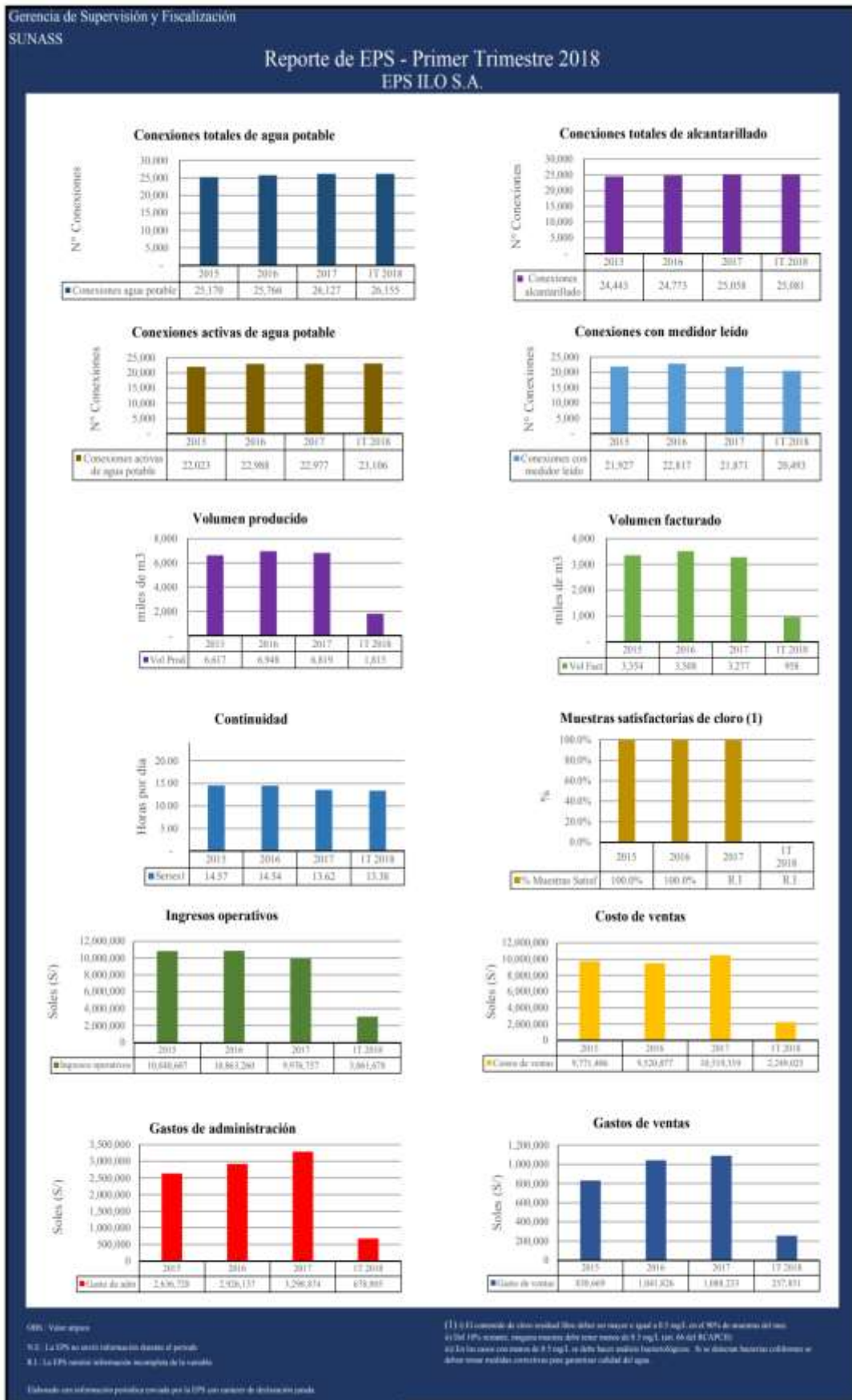


Indicadores de Gestión - 2017-IV Trimestre



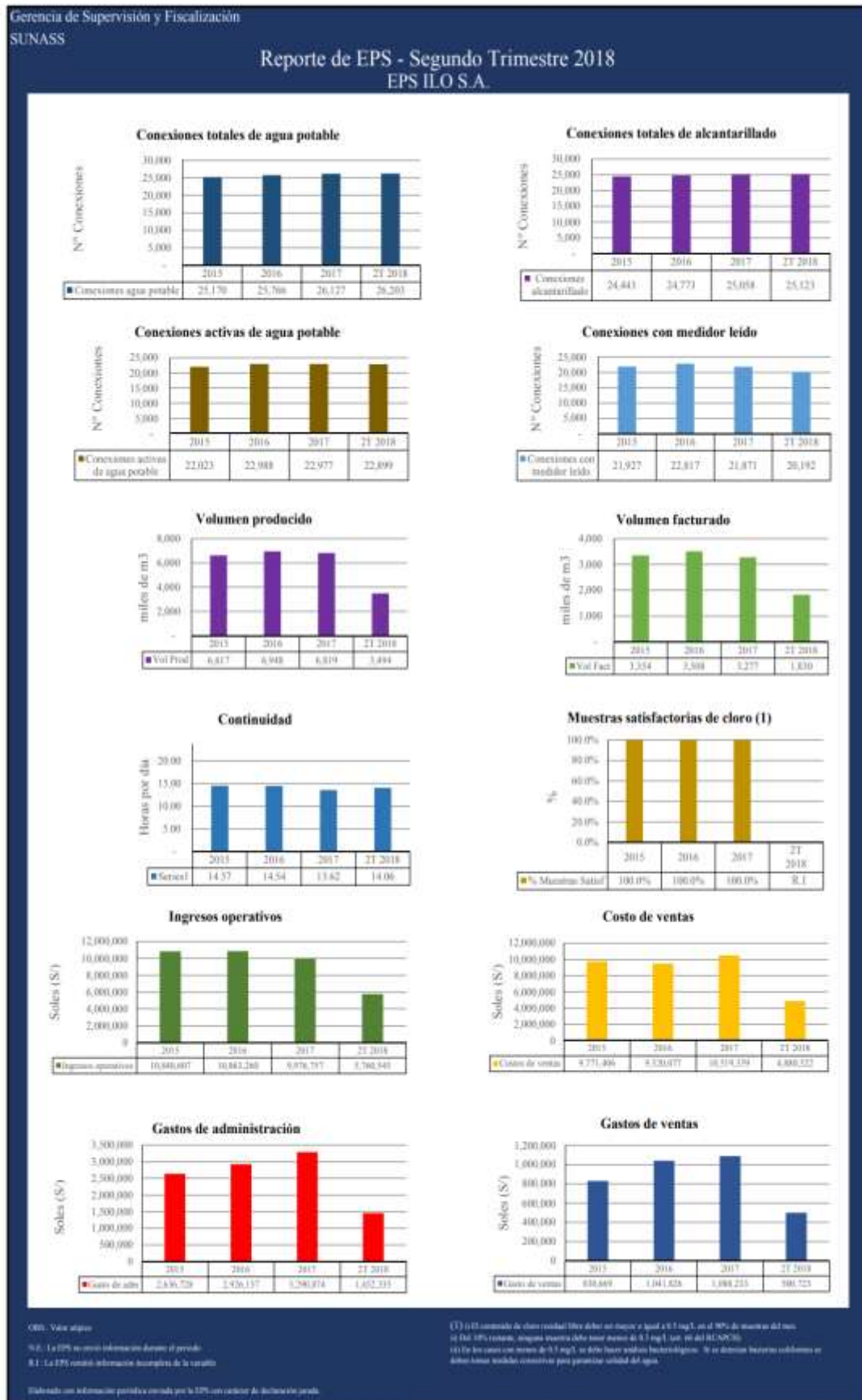


Indicadores de Gestión - 2018-I Trimestre



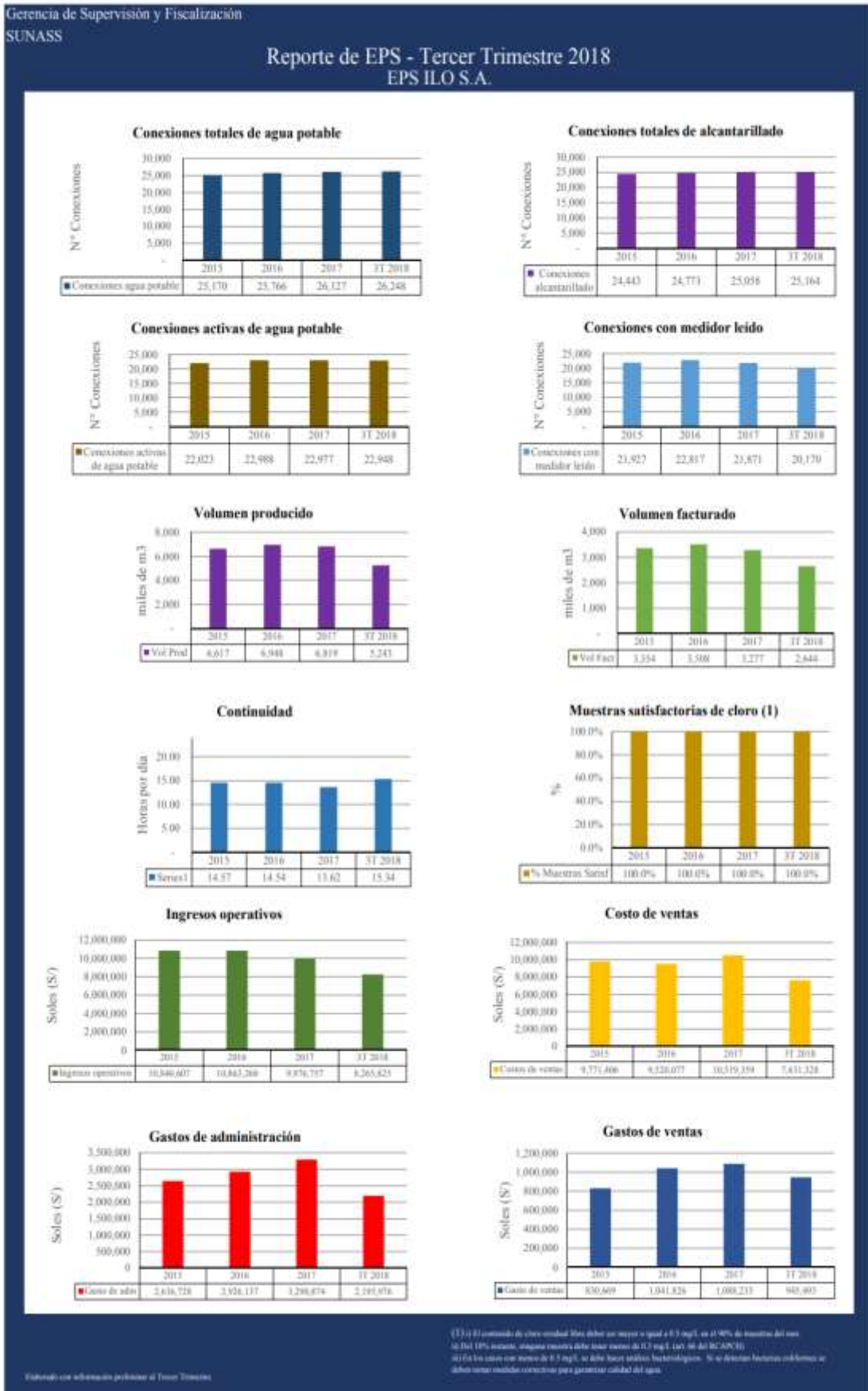


Indicadores de Gestión - 2018-II Trimestre



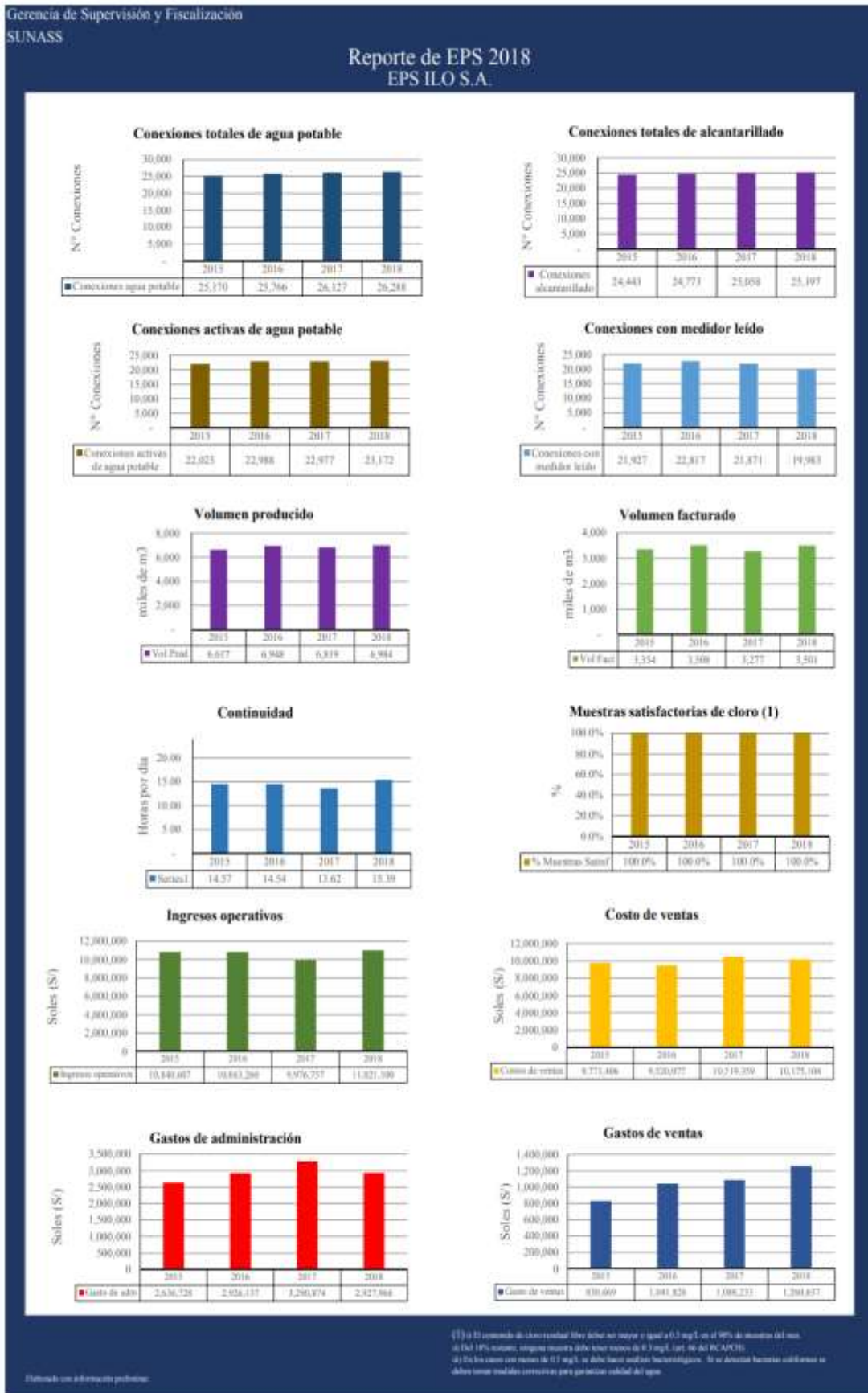


Indicadores de Gestión - 2018-III Trimestre



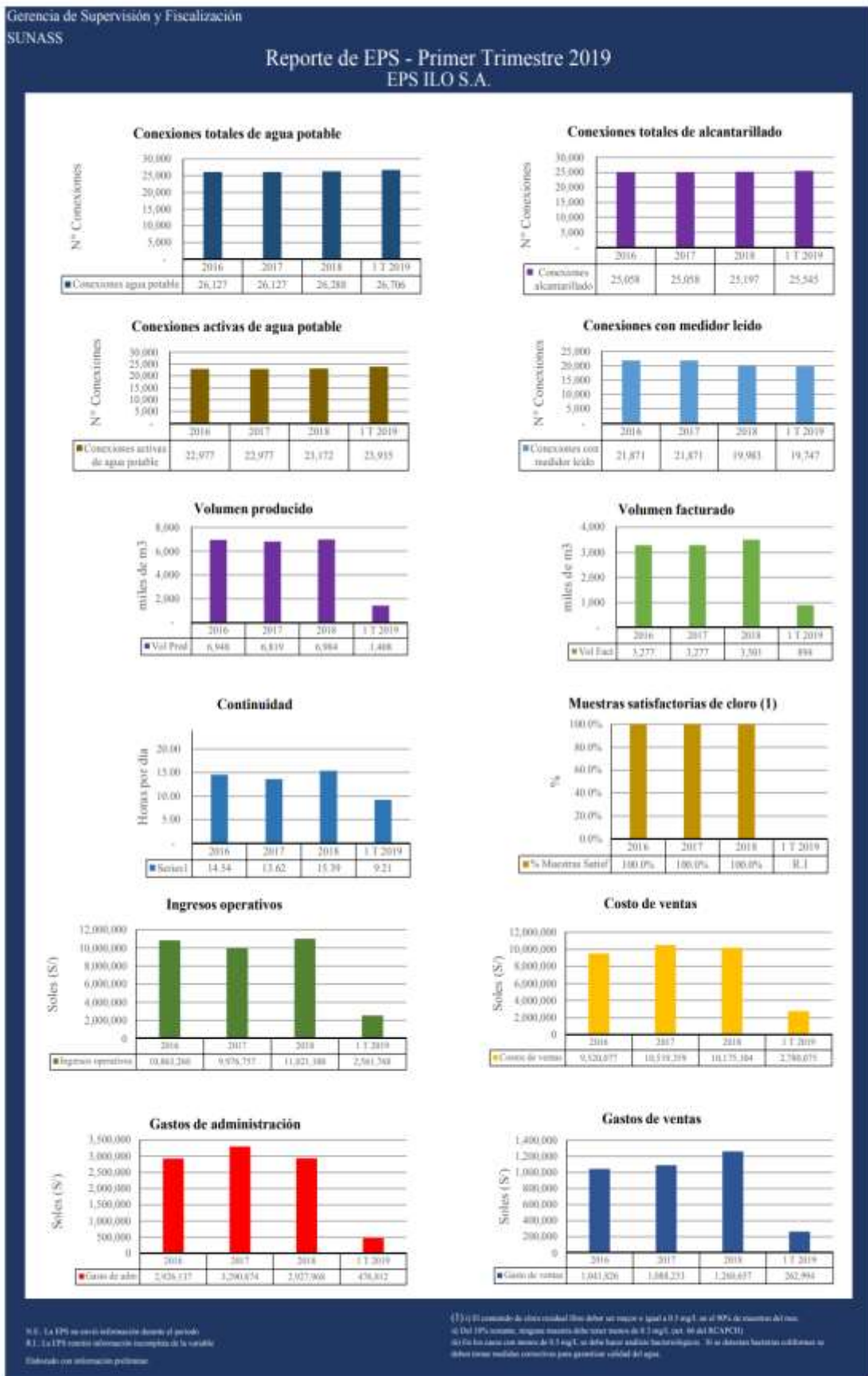


Indicadores de Gestión - 2018-IV Trimestre



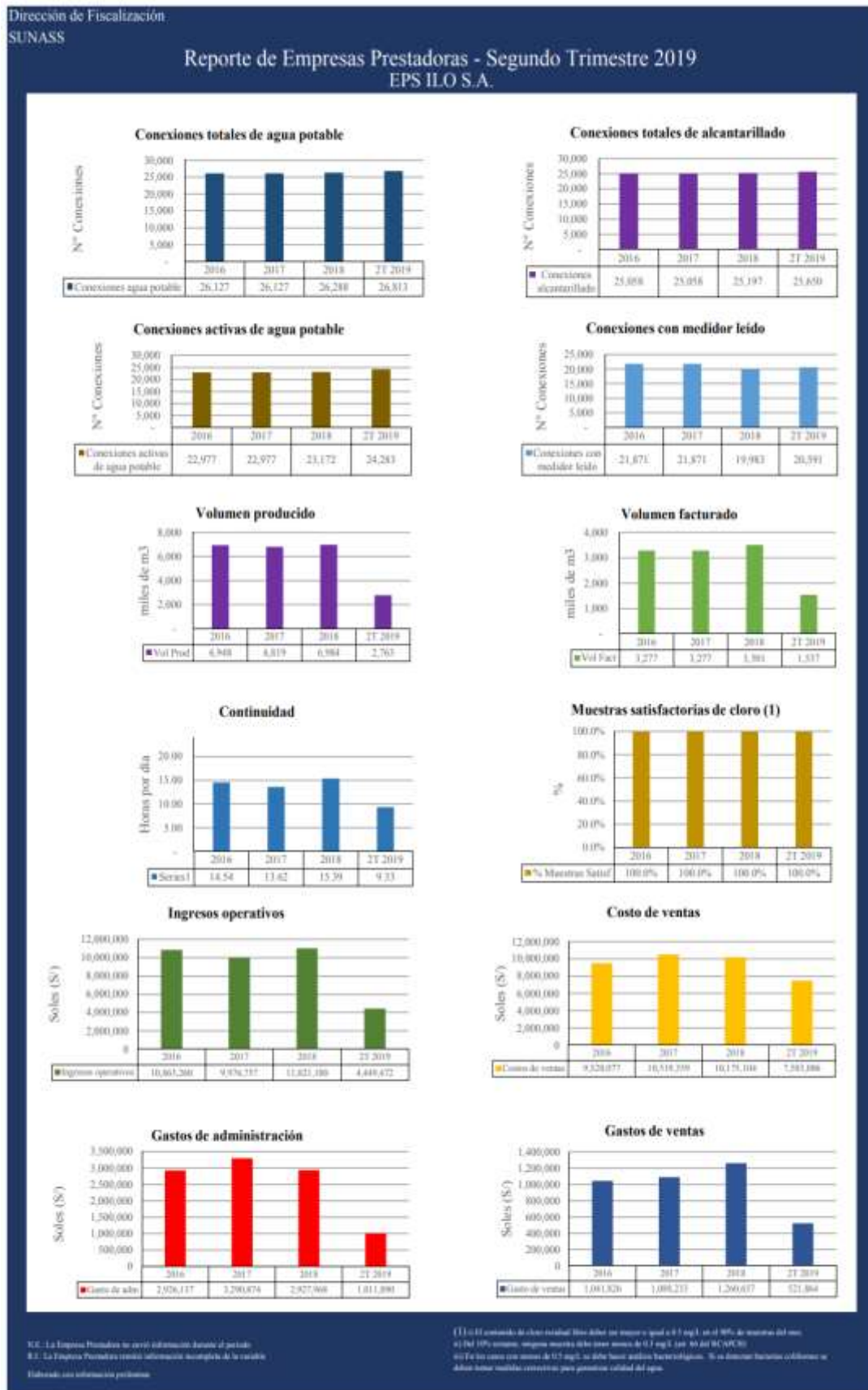


Indicadores de Gestión - 2019-I Trimestre



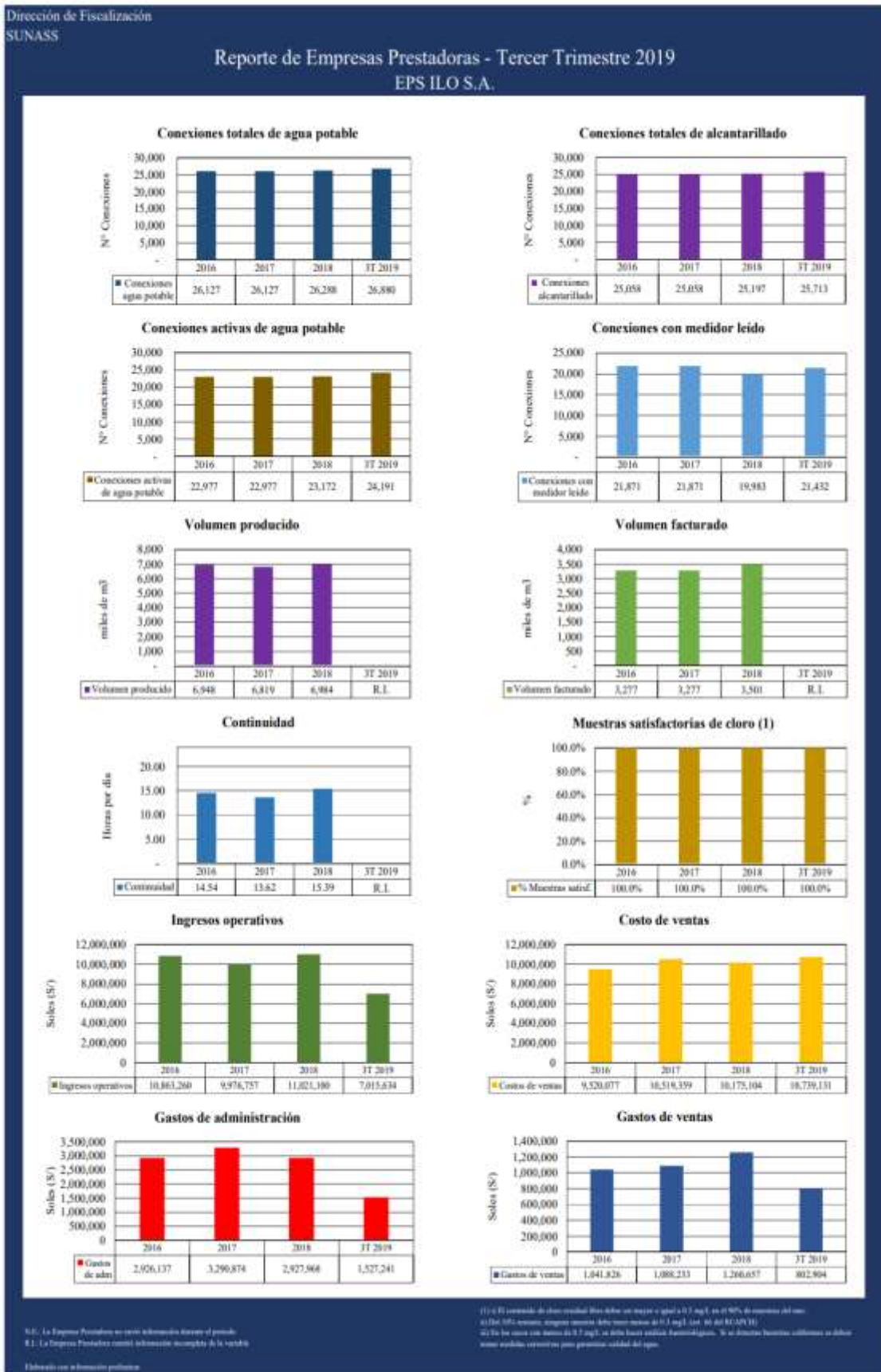


Indicadores de Gestión - 2019-II Trimestre





Indicadores de Gestión - 2019-III Trimestre





Indicadores de Gestión - 2019-IV Trimestre

Sunass El regulador del agua potable DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL IV TRIMESTRE 2019, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 24.403

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR IV TRIM 2019	Δ III TRIM 2019 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	hrs/día	12,79	24,13	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	23,28	1,73	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	129,09	-12,29	
		TARIFA MEDIA	S/ m ³	2,64	-0,89	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	79,57	-0,21	
		AGUA NO FACTURADA	%	47,67	3,15	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	53,10	-5,40	

Indicadores de Gestión - 2020-I Trimestre

Sunass El regulador del agua potable DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL I TRIMESTRE 2020, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 24.972

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR I TRIM 2020	Δ IV TRIM 2019 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	hrs/día	13,71	7,22	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	23,62	1,47	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	73,31	-0,43	
		TARIFA MEDIA	S/ m ³	2,61	-1,23	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	81,08	1,90	
		AGUA NO FACTURADA	%	42,93	-9,94	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	55,03	3,62	



Indicadores de Gestión - 2020-II Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulatorio del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL II TRIMESTRE 2020, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 25,597

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR II TRIM 2020	Δ I TRIM 2020 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/mil	17.40	26.91	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	23.54	-0.35	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	76.04	3.73	
		TARIFA MEDIA	S/m ³	2.52	-3.43	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	79.35	-2.14	
		AGUA NO FACTURADA	%	50.36	17.30	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	52.50	-4.59	

Indicadores de Gestión - 2020-III Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulatorio del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL III TRIMESTRE 2020, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 28,069

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR III TRIM 2020	Δ II TRIM 2020 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/mil	19.29	1.89	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	23.40	-0.14	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	79.38	3.34	
		TARIFA MEDIA	S/m ³	2.54	0.02	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	79.61	0.26	
		AGUA NO FACTURADA	%	52.63	2.47	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	56.80	4.30	



Indicadores de Gestión - 2020-IV Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulador del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL IV TRIMESTRE 2020, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 25,979

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR IV TRIM 2020	Δ III TRIM 2020 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/día	19.35	0.06	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	23.82	0.43	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	84.67	5.29	
		TARIFA MEDIA	S/ /m ³	2.56	0.02	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	67.18	-12.43	
		AGUA NO FACTURADA	%	48.56	-4.27	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	58.46	1.65	

Indicadores de Gestión - 2021-I Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulador del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL I TRIMESTRE 2021, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 26,277

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR I TRIM 2021	IV TRIM 2020 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/día	13.18	-6.18	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	26.97	3.15	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	71.11	-13.55	
		TARIFA MEDIA	S/ /m ³	2.83	0.27	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	84.57	17.39	
		AGUA NO FACTURADA	%	39.98	-8.58	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	69.44	10.98	



Indicadores de Gestión - 2021-II Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulador del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL II TRIMESTRE 2021, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 26,144

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR II TRIM 2021	Δ I TRIM 2021 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/mi	15.51	2.34	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	27.39	0.42	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	69.96	-1.15	
		TARIFA MEDIA	S/ m ³	2.87	0.04	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	85.28	0.71	
		AGUA NO FACTURADA	%	40.74	0.77	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	69.27	-0.17	

Indicadores de Gestión - 2021-III Trimestre

Sunass DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN
El regulador del agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL III TRIMESTRE 2021, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 26,377

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR III TRIM 2021	Δ II TRIM 2021 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/mi	16.90	1.38	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	27.54	0.15	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	72.07	2.10	
		TARIFA MEDIA	S/ m ³	2.79	-0.06	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	87.41	2.13	
		AGUA NO FACTURADA	%	40.37	-0.37	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	75.10	5.83	



Indicadores de Gestión - 2021-IV Trimestre

DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN

Sunass
El regulatorio de agua potable

BENCHMARKING EXPRESS
(INFORMACIÓN AL IV TRIMESTRE 2021, A NIVEL DE EMPRESA PRESTADORA MEDIANA)

EMPRESA PRESTADORA: EPS ILO S.A.
N° DE CONEXIONES ADM: 26,377

TIPO DE INDICADOR	ÁREA DE DESEMPEÑO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR IV TRIM 2021	Δ III TRIM 2021 (%)	TENDENCIA*
CALIDAD	AGUA POTABLE	CONTINUIDAD	h/mi	16.82	-0.07	
	AGUA POTABLE	PRESIÓN	mca	27.51	-0.03	
SOSTENIBILIDAD	FINANCIERA	RELACIÓN DE TRABAJO	%	84.67	12.60	
		TARIFA MEDIA	S/ m ³	2.74	-0.04	
	AMBIENTAL	MICROMEDICIÓN	%	87.41	0.00	
		AGUA NO FACTURADA	%	41.00	0.63	
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	%	95.99	20.89	



Anexo 4. Presupuesto de Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales

Presupuesto

Presupuesto: 0301001 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES
 Subpresupuesto: 001 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES
 Cliente: E.P.S. ILO S.A.
 Lugar: MOQUEGUA - ILO - ILO
 Costo al: 28/12/2021

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$I.	Parcial \$I.
01	EQUIPAMIENTO				730,859.00
01.01	UNIDAD MOVIL				255,000.00
01.01.01	UNIDAD VEHICULAR	und	1.00	255,000.00	255,000.00
01.02	EQUIPOS DE LOCALIZACION DE FUGAS				311,808.00
01.02.01	LOCALIZADOR DE TUBERIAS NO METALICAS	und	1.00	20,000.00	20,000.00
01.02.02	LOCALIZADOR DE TUBERIAS METALICAS	und	1.00	30,000.00	30,000.00
01.02.03	DETECTOR DE METALES	und	1.00	5,600.00	5,600.00
01.02.04	LEVANTA TAPAS MAGNETICO	und	1.00	5,000.00	5,000.00
01.02.05	MEDIDOR DE CAUDAL ULTRASONICO	und	1.00	45,000.00	45,000.00
01.02.06	MEDIDOR DE CAUDAL INDUCCION MAGNETICA	und	1.00	25,000.00	25,000.00
01.02.07	GEOFONO CON MICROFONOS PARA TODO TIPO DE SUPERFICIES	und	2.00	32,000.00	64,000.00
01.02.08	LOGGERS DE SONIDO	pgt	1.00	4,000.00	4,000.00
01.02.09	CORRELADOR DIGITAL	und	2.00	36,000.00	72,000.00
01.02.10	REGISTRADORES DE PRESION	und	1.00	6,000.00	6,000.00
01.02.11	HERRAMIENTAS BASICAS	pgt	1.00	9,400.00	9,400.00
01.02.12	CAMARAS DE INSPECCION DE TUBERIAS	und	1.00	25,000.00	25,000.00
01.03	EQUIPOS MULTIMEDIA				9,658.00
01.03.01	EQUIPO DE COMPUTO	und	1.00	7,500.00	7,500.00
01.03.02	CAMARA FILMADORA	und	1.00	1,200.00	1,200.00
01.03.03	IMPRESORA MULTIFUNCIONAL	und	1.00	350.00	350.00
01.04	SOFTWARE PARA GESTION Y PROCESAMIENTO DE DATOS				25,000.00
01.04.01	SOFTWARE DE PROCESAMIENTO DE DATOS	und	1.00	25,000.00	25,000.00
01.05	POLIZA DE SEGUROS				130,000.00
01.05.01	POLIZA DE SEGUROS PARA VEHICULO	und	1.00	80,000.00	80,000.00
01.05.02	POLIZA DE SEGUROS PARA EQUIPOS	und	1.00	50,000.00	50,000.00
02	DETECCION DE FUGAS				78,825.44
02.01	PRUEBAS PRELIMINARES				6,976.00
02.01.01	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	und	400.00	15.52	6,208.00
02.01.02	PRUEBA DE HERMETICIDAD DE VALVULAS	und	120.00	6.40	768.00
02.02	PRELOCALIZACION DE FUGAS				24,187.44
02.02.01	PRE LOCALIZACION - LOGGERS DE SONIDO	m	1,116.00	15.74	17,565.84
02.02.02	PRE LOCALIZACION - CORRELADORES	m	340.00	19.24	6,541.60
02.03	LOCALIZACION DE FUGAS				41,179.00
02.03.01	UBICACION CON GEOFONO ACUSTICO	m	1,020.00	18.36	18,717.00
02.03.02	UBICACION FISICA CON PIQUE	und	600.00	13.77	8,262.00
02.03.03	UBICACION FISICA CON CALICATA	und	400.00	35.50	14,200.00
02.04	MONITOREO DE PRESION Y CAUDAL				6,573.00
02.04.01	MONITOREO PRE REPARACION	und	350.00	9.39	3,286.50
02.04.02	MONITOREO POST REPARACION	und	350.00	9.39	3,286.50
03	REPARACION DE FUGAS				147,288.60
03.01	REPARACION DE FUGAS EN REDES				115,600.00
03.01.01	REPARACION DE FUGAS DE TUBERIAS DE 90 MM	m	200.00	54.40	10,880.00
03.01.02	REPARACION DE FUGAS DE TUBERIAS DE 90 MM	m	300.00	80.00	24,000.00
03.01.03	REPARACION DE FUGAS DE TUBERIAS DE 110 MM	m	300.00	132.24	39,672.00
03.01.04	REPARACION DE FUGAS DE TUBERIAS DE 160 MM	m	100.00	170.74	17,074.00
03.01.05	REPARACION DE FUGAS DE TUBERIAS DE 200 MM	m	100.00	241.74	24,174.00
03.02	REPARACION DE FUGAS EN ACCESORIOS				31,488.60
03.02.01	REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 80MM	m	50.00	162.49	8,124.50
03.02.02	REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 110MM	m	50.00	176.49	8,824.50
03.02.03	REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 160MM	m	20.00	186.49	3,729.80
03.02.04	REPARACION DE FUGA EN VALVULA COMP. 110MM	und	20.00	536.49	10,729.80



Presupuesto

Presupuesto 0301001 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES
Subpresupuesto 901 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES
Cliente E.P.S. ILO S.A. Costo al 28/12/2021
Lugar MOQUEGUA - ILO - ILO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
04	CONTROL Y MONITOREO DE FUGAS DE REPARACION				6,120.00
04.01	CONTROL DE FUGAS REPARADAS	und	500.00	12.24	6,120.00
	Costo Directo				962,214.84

	SUB TOTAL				962,214.84
	COSTO DEL PERSONAL				226,800.00

	TOTAL				1,189,014.84
	SON : UN MILLON CIENTO OCHENTINUEVE MIL CATORCE Y 94/100 NUEVOS SOLES				



Anexo 5. Análisis de Precios Unitarios

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES					Fecha presupuesto	28/12/2021
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES						
Partida	01.01.01	UNIDAD VEHICULAR						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			255,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010034	VEHICULO WOSWAGEN VW CRAFTER 35 4X4	und		1.0000	230,000.00	230,000.00		
						230,000.00		
	Subpartidas							
010801010105	INSTALACION DE EQUIPOS EN UNIDAD MOVIL	ser		1.0000	25,000.00	25,000.00		
						25,000.00		
Partida	01.02.01	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			20,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010006	COMBIPHOM G5 RADIO	und		1.0000	20,000.00	20,000.00		
						20,000.00		
Partida	01.02.02	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS METÁLICAS						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			30,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010007	ULTRAPROBE SET UT 9000	und		1.0000	30,000.00	30,000.00		
						30,000.00		
Partida	01.02.03	DETECTOR DE METALES						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			5,600.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010008	FERROTEC FT 10	und		1.0000	5,600.00	5,600.00		
						5,600.00		
Partida	01.02.04	LEVANTA TAPAS MAGNÉTICO						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			5,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010009	SUGARLIFT VERNA 2000	und		2.0000	2,500.00	5,000.00		
						5,000.00		
Partida	01.02.05	MEDIDOR DE CAUDAL ULTRASONICO						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			45,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Equipos							
0304010014	SEFLOW 400 A PARA DIÁMETROS NOMINALES DE 40 - 1.100 MM	und		1.0000	45,000.00	45,000.00		
						45,000.00		



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES			Fecha presupuesto	28/12/2021	
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES					
Partida	01.02.06	MEDIDOR DE CAUDAL INDUCCION MAGNETICA					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : und	25,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010015	CAUDALIMETRO MAGNETICO PORTÁTIL UDM 300	und		1.0000	25,000.00	25,000.00	
						25,000.00	
Partida	01.02.07	GEÓFONO CON MICRÓFONOS PARA TODO TIPO DE SUPERFICIES					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : und	32,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010012	AQUAPHON A200	und		1.0000	32,000.00	32,000.00	
						32,000.00	
Partida	01.02.08	LOGGERS DE SONIDO					
Rendimiento	pqt/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : pqt	4,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010011	SEPEM 150	und		50.0000	80.00	4,000.00	
						4,000.00	
Partida	01.02.09	CORRELADOR DIGITAL					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : und	36,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010013	SECORR C 200	und		1.0000	36,000.00	36,000.00	
						36,000.00	
Partida	01.02.10	REGISTRADORES DE PRESIÓN					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : und	6,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010016	XILOG+ - REGISTRADOR DE PRESION	und		20.0000	300.00	6,000.00	
						6,000.00	
Partida	01.02.11	HERRAMIENTAS BÁSICAS					
Rendimiento	pqt/DIA	MO.	EQ.		Costo unitario directo por : pqt	9,400.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010010	TOPÓMETRO PCE-MW 1	und		1.0000	400.00	400.00	
0304010019	ROTCOMARTILLO DEMOLEDOR PROFESIONAL BOSH 30KG GSH	und		1.0000	9,000.00	9,000.00	
	27					9,400.00	



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES		Fecha presupuesto	28/12/2021		
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES					
Partida	01.02.12	CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE TUBERÍAS					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			25,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010017	CAMARA DE INSPECCIÓN PARA DN 40 - 400 MM - PCE-VE 400N	und		1.0000	15,000.00	15,000.00	
0304010018	CAMARA DE INSPECCIÓN PARA DN DE 15 - 100 MM - PCE-VE 100N	und		1.0000	10,000.00	10,000.00	
						25,000.00	
Partida	01.03.01	EQUIPO DE COMPUTO					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			7,500.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010022	LENOVO I7-AIO (27", INTEL)	und		1.0000	4,000.00	4,000.00	
0304010023	LAPTOP HP ENVY 13-BA1012LA 13.3" INTEL® CORE™ I7	und		1.0000	3,500.00	3,500.00	
						7,500.00	
Partida	01.03.02	CAMARA FILMADORA					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			1,200.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010021	CÁMARA CANON EOS REBEL T7, 24.1 MP, FULL HD	und		1.0000	1,200.00	1,200.00	
						1,200.00	
Partida	01.03.03	IMPRESORA MULTIFUNCIONAL					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			350.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010020	IMPRESORA MULTIFUNCIÓN HP COLOR LASERJET PRO M479FDW	und		1.0000	350.00	350.00	
						350.00	
Partida	01.04.01	SOFTWARE DE PROSAMIENTO DE DATOS					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			25,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010033	LICENCIA - LOWION GEO CONNECT	und		1.0000	25,000.00	25,000.00	
						25,000.00	
Partida	01.05.01	POLIZA DE SEGUROS PARA VEHICULO					
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : und			80,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
0304010036	SEGURO VEHICULAR ANUAL - WOSWAGEN VW CRAFTER 35 4X4	und		1.0000	80,000.00	80,000.00	
						80,000.00	



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES						
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES						Fecha presupuesto 28/12/2021
Partida	01.05.02	POLIZA DE SEGUROS PARA EQUIPOS						
Rendimiento	und/DIA	MO.	EQ.			Costo unitario directo por : und		50,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Equipos							
0304010037	SEGURO ANUAL PARA EQUIPOS DE DETECCION DE FUGAS	und		1.0000	50,000.00	50,000.00		50,000.00
Partida	02.01.01	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD						
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.0000	EQ. 2.0000			Costo unitario directo por : und		15.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	0.1250	0.5000	12.75	6.38		
0101010005	PEON	hh	0.0750	0.3000	11.46	3.44		9.82
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	9.82	0.10		
0304010002	CAUDALIMETRO DIGITAL	hm	0.0500	0.2000	18.00	3.60		
0304010024	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS	hm	0.0500	0.2000	10.00	2.00		5.70
Partida	02.01.02	PRUEBA DE HERMETICIDAD DE VALVULAS						
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000			Costo unitario directo por : und		6.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	0.1875	0.1875	12.75	2.39		
0101010005	PEON	hh	0.1250	0.1250	11.46	1.43		3.82
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	3.82	0.08		
0304010001	GEOFONO ACUSTICO	hm	0.1250	0.1250	20.00	2.50		2.58
Partida	02.02.01	PRE LOCALIZACION - LOGGERS DE SONIDO						
Rendimiento	m/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000			Costo unitario directo por : m		15.74
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	0.0375	0.3000	12.75	3.83		
0101010005	PEON	hh	0.0250	0.2000	11.46	2.29		6.12
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	6.12	0.12		
0304010025	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS METÁLICAS	hm	0.0250	0.2000	10.00	2.00		
0304010028	LOGGERS DE SONIDO	hm	0.0625	0.5000	15.00	7.50		9.62



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES			Fecha presupuesto	28/12/2021
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES				
Partida	02.02.02	PRE LOCALIZACION - CORRELADORES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : m		19.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.1125	0.3000	12.75	3.83
0101010005	PEON	hh	0.0750	0.2000	11.46	2.29
6.12						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	6.12	0.12
0304010004	CORRELADOR DIGITAL	hm	0.1500	0.4000	20.00	8.00
0304010024	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS	hm	0.1875	0.5000	10.00	5.00
13.12						
Partida	02.03.01	UBICACION CON GEOFONO ACUSTICO				
Rendimiento	m/DIA	MO. 5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : m		18.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.3125	0.5000	12.75	6.38
0101010005	PEON	hh	0.3125	0.5000	11.46	5.73
12.11						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	12.11	0.24
0304010001	GEOFONO ACUSTICO	hm	0.1250	0.2000	20.00	4.00
0304010024	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS	hm	0.1250	0.2000	10.00	2.00
6.24						
Partida	02.03.02	UBICACION FISICA CON PIQUE				
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : und		13.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	0.5000	1.0000	11.46	11.46
11.46						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	11.46	0.11
0304010024	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS	hm	0.0500	0.1000	10.00	1.00
0304010026	DETECTOR DE METALES	hm	0.0500	0.1000	12.00	1.20
2.31						
Partida	02.03.03	UBICACION FISICA CON CALICATA				
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		35.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.1250	0.5000	12.75	6.38
0101010005	PEON	hh	0.5000	2.0000	11.46	22.92
29.30						
Equipos						
0304010024	LOCALIZADOR DE TUBERÍAS NO METÁLICAS	hm	0.0250	0.1000	10.00	1.00
0304010026	DETECTOR DE METALES	hm	0.0250	0.1000	12.00	1.20
0304010031	ROTOMARTILLO NEUMATICO	hm	0.1250	0.5000	8.00	4.00
6.20						



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES		Fecha presupuesto	28/12/2021		
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES					
Partida	02.04.01	MONITOREO PRE REPARACION					
Rendimiento	und/DIA	MO. 5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : und			9.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	0.3125	0.5000	11.46	5.73	5.73
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	5.73	0.06	0.06
0304010002	CAUDALIMETRO DIGITAL	hm	0.0625	0.1000	18.00	1.80	1.80
0304010005	REGISTRADOR DE PRESION	hm	0.0625	0.1000	10.00	1.00	1.00
0304010027	LEVANTA TAPAS MAGNÉTICO	hm	0.0625	0.1000	8.00	0.80	0.80
							3.66
Partida	02.04.02	MONITOREO POST REPARACION					
Rendimiento	und/DIA	MO. 5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : und			9.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	0.3125	0.5000	11.46	5.73	5.73
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	5.73	0.06	0.06
0304010002	CAUDALIMETRO DIGITAL	hm	0.0625	0.1000	18.00	1.80	1.80
0304010005	REGISTRADOR DE PRESION	hm	0.0625	0.1000	10.00	1.00	1.00
0304010027	LEVANTA TAPAS MAGNÉTICO	hm	0.0625	0.1000	8.00	0.80	0.80
							3.66
Partida	03.01.01	REPARACIÓN DE FUGAS DE TUBERIAS DE 50 MM					
Rendimiento	m/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m			54.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	0.1250	0.2500	12.75	3.19	3.19
0101010005	PEON	hh	0.6250	1.2500	11.46	14.33	14.33
							17.52
Materiales							
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.0400	35.00	1.40	1.40
0205010022	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 50 MM C-10 S/P	m		1.0000	10.00	10.00	10.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		0.1000	75.00	7.50	7.50
0205010028	UNION DE REPARACION SAP 50MM	und		1.0000	12.00	12.00	12.00
							30.90
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	17.52	0.35	0.35
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1875	0.3750	15.00	5.63	5.63
							5.98



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES			Fecha presupuesto	28/12/2021
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES				
Partida	03.01.02	REPARACIÓN DE FUGAS DE TUBERÍAS DE 90 MM				
Rendimiento	m/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m		80.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.2500	0.5000	12.75	6.38
0101010005	PEON	hh	0.5000	1.0000	11.46	11.46
						17.84
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.0800	35.00	2.80
0205010023	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 90 MM C-10 S/P	m		1.0000	22.00	22.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		0.1000	75.00	7.50
0205010029	UNION DE REPARACION SAP 90MM	und		1.0000	25.00	25.00
						57.30
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	17.84	0.36
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1500	0.3000	15.00	4.50
						4.86
Partida	03.01.03	REPARACIÓN DE FUGAS DE TUBERÍAS DE 110 MM				
Rendimiento	m/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m		132.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	1.0000	12.75	12.75
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	11.46	22.92
						35.67
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.1000	35.00	3.50
0205010024	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 110 MM C-10 S/P	m		1.0000	30.00	30.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		0.3000	75.00	22.50
0205010030	UNION DE REPARACION SAP 110MM	und		1.0000	35.00	35.00
						91.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1500	0.3000	15.00	4.50
						5.57
Partida	03.01.04	REPARACIÓN DE FUGAS DE TUBERÍAS DE 160 MM				
Rendimiento	m/DIA	MO. 3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : m		170.74
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.3750	1.0000	12.75	12.75
0101010005	PEON	hh	0.7500	2.0000	11.46	22.92
						35.67
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.2000	35.00	7.00
0205010025	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 160 MM C-10 S/P	m		1.0000	40.00	40.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		0.5000	75.00	37.50
0205010031	UNION DE REPARACION SAP 160MM	und		1.0000	45.00	45.00
						129.50
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1125	0.3000	15.00	4.50
						5.57



Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES
Subpresupuesto 001 ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES Fecha presupuesto 28/12/2021
Partida 03.01.05 REPARACIÓN DE FUGAS DE TUBERIAS DE 200 MM

Rendimiento m/DIA MO. 2.0000 EQ. 2.0000 Costo unitario directo por : m 241.74

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.2500	1.0000	12.75	12.75
0101010005	PEON	hh	0.5000	2.0000	11.46	22.92
						35.67
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.3000	35.00	10.50
0205010026	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 200 MM C-10 S/P	m		1.0000	55.00	55.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		1.0000	75.00	75.00
0205010032	UNION DE REPARACION SAP 200MM	und		1.0000	60.00	60.00
						200.50
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.0750	0.3000	15.00	4.50
						5.57

Partida 03.02.01 REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 90MM

Rendimiento m/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : m 162.49

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.3750	1.0000	12.75	12.75
0101010005	PEON	hh	0.7500	2.0000	11.46	22.92
						35.67
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.1500	35.00	5.25
0205010023	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 90 MM C-10 S/P	m		0.5000	22.00	11.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		1.0000	75.00	75.00
0205010033	TEE PVC C-10 UF PIAGUA DN 90MM C-10	m		1.0000	30.00	30.00
						121.25
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1125	0.3000	15.00	4.50
						5.57

Partida 03.02.02 REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 110MM

Rendimiento m/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : m 176.49

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.3750	1.0000	12.75	12.75
0101010005	PEON	hh	0.7500	2.0000	11.46	22.92
						35.67
Materiales						
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.1500	35.00	5.25
0205010024	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 110 MM C-10 S/P	m		0.5000	30.00	15.00
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		1.0000	75.00	75.00
0205010034	TEE PVC C-10 UF PIAGUA DN 110MM C-10	m		1.0000	40.00	40.00
						135.25
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.1125	0.3000	15.00	4.50
						5.57



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES						
Subpresupuesto	001	ESTRATEGIA DE CONTROL DE PÉRDIDAS FÍSICO OPERACIONALES						Fecha presupuesto 28/12/2021
Partida	03.02.03	REPARACION DE FUGA EN ABRAZADERA 160MM						
Rendimiento	m/DIA	MO. 2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : m				186.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL	hh	0.2500	1.0000	12.75	12.75		
0101010005	PEON	hh	0.5000	2.0000	11.46	22.92		
35.67								
Materiales								
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.1500	35.00	5.25		
0205010025	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 160 MM C-10 SIP	m		0.5000	40.00	20.00		
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		1.0000	75.00	75.00		
0205010035	TEE PVC C-10 UF PIAGUA DN 160MM C-10	m		1.0000	45.00	45.00		
145.25								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07		
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.0750	0.3000	15.00	4.50		
5.57								
Partida	03.02.04	REPARACION DE FUGA EN VALVULA COMP. 110MM						
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und				536.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL	hh	0.2500	1.0000	12.75	12.75		
0101010005	PEON	hh	0.5000	2.0000	11.46	22.92		
35.67								
Materiales								
0201020018	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	gal		0.1500	35.00	5.25		
0205010024	TUBERIA PVC-U PIAGUA DN 110 MM C-10 SIP	m		1.0000	30.00	30.00		
0205010027	CEMENTO DISOLVENTE PARA PVC	gal		1.0000	75.00	75.00		
0205010030	UNION DE REPARACION SAP 110MM	und		1.0000	35.00	35.00		
0209030003	VALVULA COMPUERTA 110 MM DE HIERRO DUCTIL	und		1.0000	350.00	350.00		
495.25								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.67	1.07		
0304010032	CAMARA DE INSPECCION	hm	0.0750	0.3000	15.00	4.50		
5.57								
Partida	04.01	CONTROL DE FUGAS REPARADAS						
Rendimiento	und/DIA	MO. 5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : und				12.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010005	PEON	hh	0.3125	0.5000	11.46	5.73		
5.73								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	5.73	0.11		
0304010002	CAUDALIMETRO DIGITAL	hm	0.1250	0.2000	18.00	3.60		
0304010005	REGISTRADOR DE PRESION	hm	0.1250	0.2000	10.00	2.00		
0304010027	LEVANTA TAPAS MAGNÉTICO	hm	0.0625	0.1000	8.00	0.80		
6.51								



Anexo 6. Panel Fotográfico

✓ Visita y verificación de datos en PTAP I – Cata Catas y PTAP II Pampa Inalámbrica.





Macro-medidor PTAP I – Cata Catas



Medidor Tipo Parshall PTAP II – Pampa Inalámbrica



The image shows a rolled-up document titled "PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE PAMPA INALÁMBRICA" (Water Treatment Plant of Pampa Inalámbrica). The form is a detailed operational control sheet with multiple columns and rows for recording data. It includes the logo of EPS ILO and various technical specifications. At the bottom, there are two handwritten signatures: "E. KSPINDER" and "E. GUTIERREZ".

Formulario de control operacional diario de PTAP II - Pampa Inalámbrica

✓ Visita y verificación de datos en Reservorios



Reservorios (R-1) – Reservoirio (R-2)



Reservorios (R-3) – Reservorio (R-5)



Reservorio (R-6) – Reservorio Metálico



Reservorios (R-7) – Reservoirio (R-8)



Reservorios (R-9)



✓ Recolección de datos en campo, Método de la Escuadra para determinar el caudal de purga de hidrantes.







✓ Cierre de conexiones domiciliarias, Prueba Caudal Mínimo Nocturno.





✓ Recolección de datos Caudal Mínimo Nocturno Sub Zona 2B-3 – Urb. San Pedro.



Sub Zona (2B-3) – Urb. San Pedro – Hora: 11:50 p.m.



Sub Zona (2B-3) – Urb. San Pedro – Hora: 2:00 a.m.



Sub Zona (2B-3) – Urb. San Pedro – Hora: 5:00 a.m.



✓ Recolección de datos Caudal Mínimo Nocturno Sub Zona - 6F-1 – Urb. Las Glorietas y Villa Municipal.



Sub Zona (6F-1) – Urb. Las Glorietas y Villa Municipal – Hora: 11:50 p.m.



Sub Zona (6F-1) – Urb. Las Glorietas y Villa Municipal – Hora: 3:00 a.m.



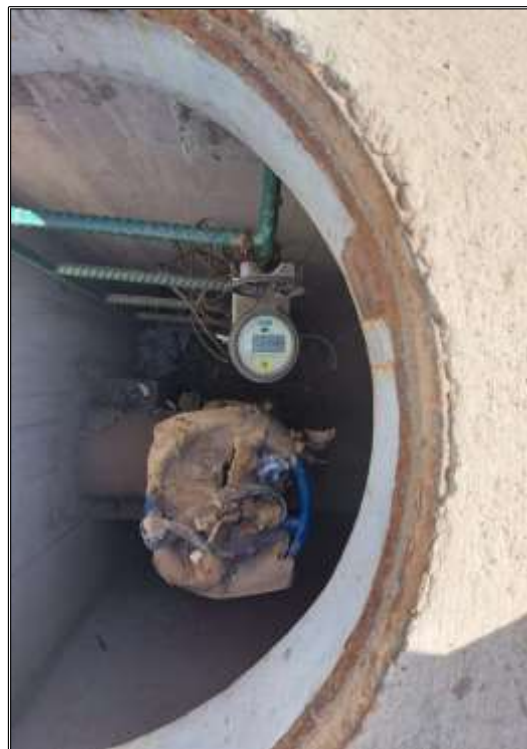
Sub Zona (6F-1) – Urb. Las Glorietas y Villa Municipal – Hora: 5:00 a.m.

✓ Recolección de datos Caudal Mínimo Nocturno, medición de presiones en cámaras de monitoreo.





✓ Instalación de Data Loggers en Cámaras de Monitoreo





Anexo 7. Planos



Sub Zona (2B-3) – Urb. San Pedro



Sub Zona (6F-1) – Urb. Las Glorietas y Villa Municipal



Anexo 8. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	EQUIPOS/INSTRUMENTOS
<p>Problema General</p> <p>1.- ¿Cuál es el porcentaje de Agua No Facturada (ANF) determinado mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>1.- ¿Cuál es el porcentaje de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021?</p> <p>2.- ¿Cuál es el porcentaje de pérdidas comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021?</p> <p>3.- ¿Cuál es la relevancia al gestionar el Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021?</p> <p>4.- ¿Cuál es la relevancia al gestionar el Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación del modelo matemático utilizando el método de Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar y gestionar el porcentaje de Agua No Facturada (ANF) mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>1.- Determinar el porcentaje de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021.</p> <p>2.- Determinar el porcentaje de pérdidas comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021.</p> <p>3.- Gestionar la reducción del Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021.</p> <p>4.- Gestionar la reducción del Agua No Facturada (ANF) mediante la implementación del modelo matemático a través de la Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la E.P.S. Ilo S.A., para el año 2021.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El porcentaje de agua no facturada (ANF) determinada mediante la metodología de la IWA (International Water Association) en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 40% para el año 2021.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>1.- El porcentaje de pérdidas operacionales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 25% para el año 2021.</p> <p>2.- El porcentaje de pérdidas comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A., es superior al 15% para el año 2021.</p> <p>3.- Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación de una estrategia de control de pérdidas operacionales, será la medida de gestión que tenga mayor relevancia para reducir el ANF.</p> <p>4.- Con respecto al Agua No Facturada (ANF), gestionar las pérdidas mediante la implementación del modelo matemático a través de la Regresión Lineal Multivariable para el control de pérdidas comerciales, será la medida de gestión que tenga mayor relevancia para reducir el ANF.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>(X1)</p> <p>Volumen de Producción de Agua Potable</p> <p>Variables Dependientes</p> <p>(Y1)</p> <p>Pérdidas Operacionales</p> <p>(Y2)</p> <p>Pérdidas Comerciales</p> <p>(Y3)</p> <p>Estrategia de Control de Pérdidas Operacionales</p> <p>(Y4)</p> <p>Modelo Matemático de Regresión Lineal Multivariable para Control de Pérdidas Comerciales</p>	<p>m3 %</p> <p>m3 %</p> <p>m3 %</p> <p>m3 %</p> <p>m3 %</p>	<p>EQUIPOS:</p> <p>Caudalímetro Portátil Ultrasonico Macro-medidores</p> <p>Caudalímetro por ultrasonidos SebaKMT UDM 300, Geófono Acústico y Data Logger Fichas de toma de datos Hoja de Cálculo Excel</p> <p>Base de Datos Comercial de la EPS Ilo S.A. Hoja de Cálculo Excel</p> <p>Correlador digital para detección de fugas en redes, Geófono Acústico para detección de fugas puntuales y Data Loggers, S10/MS-Project</p> <p>Base de Datos Comercial de la EPS Hoja de Cálculo - Excel</p>