

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“ESTIMACIÓN DE LA DOTACIÓN MEDIA DIARIA DE
AGUA POTABLE Y CALIBRACIÓN DE LOS COEFICIENTES
DE CAUDAL MÁXIMO DIARIO (K1) Y MÁXIMO HORARIO
(K2) PARA UN ÁREA PILOTO DENTRO DEL BARRIO LAS
PANOSAS – CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

YIMY RAUL CADENA ORTIZ

Semestre – II – 2018

TARIJA–BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**

**“ESTIMACIÓN DE LA DOTACIÓN MEDIA DIARIA DE
AGUA POTABLE Y CALIBRACIÓN DE LOS COEFICIENTES
DE CAUDAL MÁXIMO DIARIO (K1) Y MÁXIMO HORARIO
(K2) PARA UN ÁREA PILOTO DENTRO DEL BARRIO LAS
PANOSAS – CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

YIMY RAUL CADENA ORTIZ

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONÓMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

**Diciembre - 2018
TARIJA-BOLIVIA**

Dedicatoria:

A mis Padres por su sacrificio diario, por nunca dejarnos solos, por darnos siempre lo mejor que pudieron y lo que estaba a su alcance.

A mi prometida e hija por su amor incondicional, por brindarme siempre su apoyo, alentarme a cumplir mis metas y por estar a mi lado en todo momento.

Ahora que estoy alcanzando uno de mis sueños puedo asegurar que todos están muy orgullosos de esto y finalmente puedo decir

¡LO HICE!!

Agradecimientos

Quiero dar gracias de todo corazón:

A Dios, por permitirme estar con las personas que amo y guiarme a lo largo de todo este camino.

A mis padres, por darme todo su apoyo incondicional en todo este proceso de mi carrera.

A los docentes de la FCyT, por guiarme y brindarme su conocimiento y tiempo para la culminación de la carrera.

A la Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija (COSAALT Ltda.), por su gran ayuda y colaboración, principalmente a los señores: Ing. Noira Higuera Fernández y Lic. Msc. Benito Castillo Galarza por toda su predisposición y tiempo brindado para el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	5
1.4. ALCANCE.....	5
1.5. OBJETIVOS	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
1.6. LIMITANTES DEL ESTUDIO	8
1.7. HIPÓTESIS.....	9
1.8. VARIABLES	9
1.9. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.10. METODOLOGÍA	10
2. CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1. EL AGUA	12
2.1.1. Aguas aptas para el consumo humano.....	12
2.1.2. Importancia de la ingesta de agua como medio de hidratación.....	15
2.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	16
2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN.....	16
2.4. ACOMETIDAS DOMICILIARIAS	19
2.5. MEDICIÓN DE CONSUMO.....	20

2.5.1.	Macro Medición.....	21
2.5.2.	Micro Medición.....	21
2.5.2.1.	Funcionamiento del Micro – Medidor en Campo.....	22
2.5.2.2.	Tipos de Micro Medidores.....	23
2.6.	DOTACIÓN Y CONSUMO DE AGUA.....	25
2.7.	CONSUMOS DE AGUA POTABLE.....	28
2.7.1.	Tipos de Consumo.....	29
2.7.1.1.	Consumo Doméstico.....	29
2.7.1.2.	Consumo Comercial.....	29
2.7.1.3.	Uso Industrial.....	30
2.7.1.4.	Uso para fines Públicos.....	30
2.7.1.5.	Uso Institucional.....	30
2.8.	FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE AGUA.....	32
2.8.1.	Número de habitantes y tipos de comunidad.....	32
2.8.2.	Nivel socioeconómico de los habitantes.....	33
2.8.3.	Condiciones climáticas.....	33
2.8.4.	Pérdidas y desperdicios.....	33
2.8.4.1.	Agua no contabilizada.....	34
2.8.4.2.	Pérdidas de agua.....	34
2.9.	NORMAS VIGENTES.....	40
3.	CAPÍTULO III PARÁMETROS DE DISEÑO.....	42
3.1.	DOTACIÓN MEDIA DIARIA.....	42

3.2.	DOTACIÓN FUTURA DE AGUA POTABLE.....	43
3.3.	CAUDALES DE DISEÑO.....	44
3.3.1.	Caudal medio diario.....	44
3.3.2.	Caudal máximo diario.....	45
3.3.3.	Caudal máximo horario.....	45
4.	CAPÍTULO III GENERALIDADES DE LA LOCALIDAD Y ÁREA	
	PILOTO	47
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA.....	47
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD DE TARIJA.....	50
4.2.1.	Densidad Demográfica.....	51
4.2.2.	Localización.....	51
4.2.3.	Clima.....	52
4.2.4.	Población.....	53
4.2.5.	Aspectos Económicos.....	54
4.2.6.	Saneamiento Básico.....	55
4.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	55
4.3.1.	Límites del Barrio las Panosas.....	56
4.3.2.	Extensión.....	57
4.3.3.	Descripción del Área Piloto.....	57
4.4.	SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE TARIJA.....	59
4.4.1.	Antecedentes.....	59
4.4.2.	Agua Potable.....	61

4.4.2.1.	Evolución de las Conexiones y su Proyección.....	64
4.4.2.2.	Cobertura de los Servicios.....	66
4.4.3.	Sistemas de Distribución.....	67
4.4.3.1.	Sistema Central.....	68
4.4.3.2.	Sistemas Independientes.....	68
4.4.4.	Micro Medición.....	69
4.4.4.1.	Micro – Medidor LAO.....	71
4.4.5.	Grado de precisión de los Medidores.....	74
4.4.5.1.	Banco de Micro Medidores de COSAALT Ltda.....	78
4.5.	INVESTIGACIÓN DE CONSUMOS	83
4.5.1.	Medición de Consumos en Campo.....	83
4.5.2.	Encuesta de Campo.....	84
4.5.3.	Consumos diarios domésticos.....	85
4.5.3.1.	Observaciones.....	90
4.5.3.2.	Determinación de la Dotación Per cápita de uso Comercial y Público.....	90
4.5.3.3.	Comparación de Dotaciones de uso comercial con los datos brindados por el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias.....	97
4.5.4.	Medición de Consumo horario.....	98
4.5.5.	Estimación de los parámetros de estudio considerando pérdidas..	101
4.5.6.	Estimación de Pérdidas.....	102
4.5.7.	Determinación de Parámetros de Estudio sin considerar las	

Pérdidas.....	105
4.5.7.1. Determinación de la Dotación Per Cápita de uso Domestico...	105
4.5.7.1.1.Verificación.....	107
4.5.7.1.2.Observaciones.....	108
4.5.7.2. Análisis de la Dotación para dos tipos de viviendas de uso	
Doméstico (unifamiliar y multifamiliar).....	109
4.5.7.2.1.Observaciones.....	114
4.5.7.3. Cálculo del Coeficiente de Caudal máximo diario (k1).....	114
4.5.7.3.1.Observaciones.....	115
4.5.7.4. Determinación del Coeficiente de	
Caudal máximo horario(k2).....	115
4.5.7.4.1.Observaciones.....	118
4.5.8. Datos comparativos entre la Norma Boliviana y lo determinado..	118
4.5.9. Datos comparativos con otras Investigaciones.....	119
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
5.1. CONCLUSIONES.....	121
5.2. RECOMENDACIONES.....	123
ANEXOS.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de Control Mínimo.....	14
Tabla 2: Parámetros de Control Básico.....	14
Tabla 3: Parámetros de Control Complementario.....	15
Tabla 4: Consumo de Agua de uso Doméstico.....	26
Tabla 5: Dotaciones Domésticas Per cápita en zonas urbanas.....	27
Tabla 6: Consumos de Agua Potable por tipo de uso.....	27
Tabla 7: Dotación media diaria (lts/hab./día).....	42
Tabla 8: Valores del Coeficiente de Caudal máximo horario (k2).....	46
Tabla 9: Distribución de la Población por Censo y Área, según Provincia, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012.....	49
Tabla 10: Población estimada y proyectada por Departamento, según años calendario, 2000-2025.....	49
Tabla 11: Población por Censo, según Área y tipo de vivienda, Censos 1992, 2001 y 2012.....	54
Tabla 12: Informe de Gerencia Comercial Gestión 2017.....	64
Tabla 13: Estructura Tarifaria de Agua Potable (Sistema Medido) Septiembre 2018.....	65
Tabla 14: Producción Anual de Agua Potable Gestión 2016.....	65
Tabla 15: Indicadores Comerciales, Gestión 2016 (COSAALT Ltda.).....	67
Tabla 16: Descripción de Sistemas de Autoabastecimiento de Recursos Hídricos (SARH).....	69
Tabla 17: Número de Pozos regularizados por Gestión.....	69

Tabla 18: Especificaciones Técnicas del Micro Medidor “LAO”.....	73
Tabla 19: Formato de Encuesta Realizada.....	84
Tabla 20: Caudales de Consumo medio diario con datos medidos.....	86
Tabla 21: Resultados de los Caudales de Consumo.....	87
Tabla 22: Consumos diarios Considerando solo los Fines de Semana.....	89
Tabla 23: Comparación de Consumos diarios entre el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias y los valores determinados por este estudio.....	98
Tabla 24: Consumos horarios de la Zona de Estudio (lts/s).....	99
Tabla 25: Resultados de los Caudales de Consumo horarios (lts/s).....	100
Tabla 26: Pérdidas Determinadas.....	104
Tabla 27: Consumos Diarios Modificados.....	105
Tabla 28: Dotación media diaria con datos de COSAALT Ltda.....	107
Tabla 29: Comparación de datos de Dotación Tarija - Zona Central - Barrio las Panosas.....	108
Tabla 30: Consumos diarios de viviendas unifamiliares.....	110
Tabla 31: Consumos diarios de viviendas multifamiliares.....	112
Tabla 32: Resultados de Dotación para dos tipos de viviendas.....	114
Tabla 33: Consumos horarios Modificados (sin pérdidas).....	116
Tabla 34: Comparación de Resultados obtenidos y la NB 689.....	119
Tabla 35: Comparación de resultados obtenidos con otras investigaciones.....	120

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Acometida Domiciliaria fuera de la vivienda.....	19
Gráfica 2: Acometida Domiciliaria dentro de la vivienda.....	20
Gráfica 3: Características de Instalación de Medidores de Agua Potable.....	22
Gráfica 4: Micro – Medidor de Agua Potable.....	23
Gráfica 5: Clasificación de los Micro Medidores de Velocidad.....	24
Gráfica 6: Usos del Agua en el Mundo.....	31
Gráfica 7: Usos del Agua en Bolivia.....	31
Gráfica 8: Clasificación de Pérdidas de Agua Potable de uso domestico.....	35
Gráfica 9: Clasificación de Pérdidas de Agua Potable de uso Comercial.....	38
Gráfica 10: Pérdida de Agua diaria por un grifo mal cerrado o en mal estado....	40
Gráfica 11: Población, Densidad y número de Municipios a Noviembre 2012, según Provincia.....	48
Gráfica 12: Tendencia del crecimiento de la Población urbana y rural, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012.....	50
Gráfica 13: Densidad Poblacional por Censo, según Provincia, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012.....	51
Gráfica 14: Departamento de Tarija - Provincia Cercado.....	52
Gráfica 15: Densidad Poblacional de la ciudad de Tarija.....	56
Gráfica 16: Barrio las Panosas.....	57
Gráfica 17: Delimitación de la Zona de Estudio.....	59
Gráfica 18: Componentes de un Sistema de Agua Potable.....	60
Gráfica 19: Cobertura del Servicio de Agua Potable.....	61

Gráfica 20: Concesión y Fuentes de Agua de COSAALT Ltda.....	62
Gráfica 21: Esquema del Sistema de Agua potable y Alcantarillado Sanitario...	63
Gráfica 22: Gráficos Técnicos (COSAALT Ltda.).....	66
Gráfica 23: Cobertura del Servicio.....	67
Gráfica 24: Esquema de un Micro – Medidor.....	71
Gráfica 25: Imagen ilustrativa del Micro – Medidor LAO.....	73
Gráfica 26: Imagen ilustrativa del Micro - Medidor H2ole! (HOL).....	74
Gráfica 27: Equipos para la Calibración de los Micro Medidores.....	75
Gráfica 28: Curva de los Errores de un Micro - Medidor de Agua.....	77
Gráfica 29: Banco de Micro Medidores de COSAALT Ltda.....	79
Gráfica 30: Hoja de Ensayo para Micro Medidores.....	82
Gráfica 31: Esquemas de usos de Agua de Consumo del Área Piloto.....	83
Gráfica 32: Variaciones diarias de Consumo.....	87
Gráfica 33: Variaciones de Temperatura para la ciudad de Tarija para el mes de Mayo.....	88
Gráfica 34: Variaciones de Consumo diarios sólo Fines de Semana.....	89
Gráfica 36: Variaciones horarias de Consumo en la Zona de Estudio.....	100
Gráfica 37: Análisis de Pérdidas de Agua en los domicilios.....	103
Gráfica 38: Variaciones diarias de Consumo Modificadas.....	106
Gráfica 39: Variaciones diarias de consumo en viviendas unifamiliares.....	111
Gráfica 40: Variaciones diarias de Consumo de viviendas multifamiliares.....	113
Gráfica 41: Variaciones horarias de Consumo Modificadas.....	117

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación de los Medidores de la Zona de Estudio, Registro del Propietario Tarija - zona central - Área piloto.....	125
Anexo 2. Consumos Medios Mensuales (Datos Proporcionados por COSAALT Ltda.).....	134
Anexo 3. Consumos Medios Mensuales (datos proporcionados por COSAALT Ltda.), Considerando sólo Medidores Domésticos.....	150
Anexo 4. Datos de Lecturación Tarija – Zona central – Área piloto.....	157
Anexo 5. Consumos Diarios Domésticos, resultado de las lecturaciones (m³).....	181
Anexo 6. Encuesta aplicada en la Zona de Estudio.....	199
Anexo 7. Consumos Horarios realizados el día de Máximo Consumo (Consumos netamente Domésticos).....	207
Anexo 8. Determinación de la dotación per cápita de uso comercial y Público.....	219